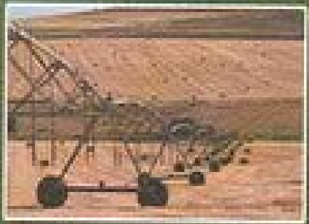
انتخاب
روش‌های آبیاری
در کشاورزی

گروه کار سیستم های آبیاری در مزرعه
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران



شماره انتشار: ۸۵
۱۳۸۴

انتخاب روش‌های آبیاری در کشاورزی

تألیف: A. J. CLEMMENS, C. M. BURT

مترجمین:

عبدالمجید لیاقت　　آرش ذامیادی

بازخوانی و ویرایش:

ناصر ولی‌زاده

بسم الله الرحمن الرحيم

انتخاب روش‌های آبیاری در کشاورزی/ [کمیته آبیاری مزارع انستیتوی منابع آب و محیط زیست ایالات
متحده]؛ سی. ام. برت ... [و دیگران]؛ [برای] گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه، کمیته ملی آبیاری و
زهکشی ایران؛ عبدالمجید لیاقت، آرش ذامیادی. ــ تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳.
ح، [۱۶۹] ص.: مصور، جدول، نمودار. ــ (کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران؛ شماره انتشار ۸۵)
۱۲۰۰۰ ریال: ISBN 964-6668-52-6

فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
عنوان اصلی: Selection of irrigation methods for agriculture.
کتابنامه: ص. [۱۶۵] – ۱۶۷.
۱. آبیاری. الف. برت، چارلز، ۱۹۴۳– م. Burt, Charles M. ب. لیاقت، عبدالمجید، مترجم. ج. ذامیادی،
آرش، ۱۳۵۹– ، مترجم. د. انستیتوی منابع آب و محیط زیست ایالات متحده. کمیته ملی آبیاری مزارع
Environmental and Water Resources Institute (U.S.)
on - Farm Irrigation Committee
۶ الف/S۶۱۳ ۶۳۱/۵۸۷
۱۳۸۳
کتابخانه ملی ایران ۲۰۰۶۵–۸۳م

نام کتاب: انتخاب روش‌های آبیاری در کشاورزی
مترجمین: عبدالمجید لیاقت، آرش ذامیادی
ویراستار: ناصر ولی‌زاده
ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
چاپ اول: ۱۳۸۴
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
شابک: ۶ - ۵۲ - ۶۶۶۸ - ۹۶۴
نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۲۴،
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.

فهرست مندرجات کتاب

عنوان صفحه

فصل اول ۱
مقدمه ۱
شاخص‌ها و واژه‌های بازده، یکنواختی و برنامه‌ریزی ۱
بازده آبیاری (IE): ۲
مصرف منطقی آبیاری(IS) ۳
بازده کاربرد (AE) ۳
یکنواختی توزیع، چارک پایین (DU_{lq}) ۴
بازده کاربرد پتانسیل، چارک پایین (PAE_{lq}) ۵
کمبود رطوبت خاک (SMD) ۶
کمبود مجاز رطوبت (MAD) ۶
ارزیابی کارآیی ۶
واژه‌های رایج در برنامه توزیع آب ۷

فصل دوم ۹
مراحل انتخاب روش آبیاری ۹
شناسایی اهداف توسعه ۱۰
شرایط محلی ۱۲
بررسی‌های ساختاری ۱۳
شرایط فیزیکی ۱۷
ملاحظات اقتصادی ۲۵
انتخاب اولیه سیستم ۲۷
طراحی مقدماتی و ارزیابی اقتصادی ۲۸
انتخاب نهایی ۳۳

عنوان صفحه

فصل سوم ۳۵

آبیاری سطحی ۳۵

تعریف ۳۵

انواع روش‌های آبیاری سطحی ۳۷

آبیاری کرتی ۳۷

آبیاری نواری ۴۴

غرقابی دائم (کرت برنج) ۵۰

ماندابی (پر و خالی کردن آب) ۵۳

آبیاری شیاری ۵۴

آبیاری نشتی‌های کوچک ۶۸

نهرهای تراز (سیلابی وحشی) ۶۹

قابلیت‌ها و محدودیت‌ها ۷۰

محصولات ۷۱

خاک‌ها ۷۱

توپوگرافی ۷۲

منبع تأمین آب ۷۲

شوری/ کیفیت آب ۷۲

آب و هوا ۷۳

بازده ۷۴

برنامه‌ریزی آبیاری ۷۶

ملاحظات ساختاری ۷۶

کارگر ۷۶

دسترسی به خدمات ۷۷

عنوان صفحه

عوامل اقتصادی ۷۷
هزینه‌های سرمایه‌ای ۷۷
هزینه انرژی ۸۰
هزینه کارگر ۸۱
هزینه اجرا و نگهداری ۸۲

فصل چهارم ۸۵
آبیاری موضعی/ قطره‌ای ۸۵
توضیحات ۸۵
انواع روش‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای ۹۰
آبیاری قطره‌ای باغ/تاکستان (روی زمین) ۹۱
آبیاری قطره‌ای باغ/تاکستان (زیرزمینی) ۹۳
میکرو آبفشان و میکرو آبپاش در باغات/ تاکستان‌ها ۹۵
آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی (روی زمین) ۹۸
آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی (زیرزمینی) ۱۰۰
قابلیت‌ها و محدودیت‌ها ۱۰۳
محصولات ۱۰۷
خاک‌ها ۱۰۸
توپوگرافی ۱۰۸
منبع تأمین آب ۱۰۸
شوری/ کیفیت آب ۱۰۹
آب و هوا ۱۰۹
بازده آبیاری ۱۱۰
برنامه‌ریزی آبیاری ۱۱۰

عنوان صفحه

محدودیت‌های ساختاری ۱۱۱
کارگر ۱۱۱
دسترسی به خدمات ۱۱۲
عوامل اقتصادی ۱۱۳
کلیات ۱۱۳
هزینه‌های سرمایه‌ای ۱۱۳
هزینه‌های انرژی ۱۱۵
هزینه‌های کارگری ۱۱۵
هزینه‌های مدیریتی ۱۱۶
هزینه‌های اجرا و نگهداری ۱۱۶

فصل پنجم ۱۱۷
آبیاری بارانی ۱۱۷
توضیحات ۱۱۷
آبپاش‌های چرخان ۱۱۷
آبفشان‌های کم فشار ۱۲۰
آبپاش‌های زیردرختی ۱۲۲
لوله سوراخدار ۱۲۲
انواع سیستم‌های بارانی ۱۲۳
سیستم قابل حمل دستی/ سیستم بال قابل حمل ۱۲۳
بال آبیاری با بکسل انتهایی ۱۲۵
سیستم چرخان جانبی/ یا آبفشان چرخدار ۱۲۷
سیستم لوله فرعی با حرکت جانبی ۱۲۹
دستگاه بارانی قرقره‌ای و بوم چرخان ۱۳۰

عنوان صفحه

سیستم دوار مرکزی ۱۳۲
سیستم‌های بارانی خطی ۱۳۵
سیستم‌های بارانی ثابت ۱۳۸
سیستم‌های آبیاری بارانی زیر درختی باغات ۱۴۰
سیستم‌های آبیاری بارانی روی درختی باغات ۱۴۳
قابلیت‌ها و محدودیت‌ها ۱۴۳
محصولات ۱۴۴
خاک‌ها ۱۴۵
توپوگرافی ۱۴۶
منبع آب ۱۴۶
شوری/ کیفیت آب ۱۴۷
آب و هوا ۱۴۷
بازده سیستم ۱۴۸
برنامه‌ریزی آبیاری ۱۵۰
ملاحظات ساختاری ۱۵۱
کارگر ۱۵۱
دسترسی به خدمات ۱۵۱
عوامل اقتصادی ۱۵۲
هزینه‌های سرمایه‌ای ۱۵۲
هزینه انرژی ۱۵۲
هزینه کارگر ۱۵۴
هزینه مدیریت ۱۵۴
هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری ۱۵۵
هزینه‌های زراعی ویژه ۱۵۶

عنوان صفحه

فصل ششم

آبیاری زیرزمینی – مدیریت سفره آب ۱۵۷
توضیحات ۱۵۷
قابلیت‌ها و محدودیت‌ها ۱۵۷
محصولات زراعی ۱۵۷
خاک‌ها ۱۵۸
توپوگرافی ۱۵۸
تأمین آب سیستم ۱۵۹
شوری / کیفیت آب ۱۵۹
آب و هوا ۱۵۹
بازده آبیاری ۱۶۰
ملاحظات ساختاری ۱۶۰
کارگر ۱۶۰
مهارت‌های مدیریت ۱۶۰
دسترسی به خدمات ۱۶۱
عوامل اقتصادی ۱۶۱
هزینه سرمایه‌ای ۱۶۱
هزینه انرژی ۱۶۲
هزینه کارگر ۱۶۲
هزینه مدیریت ۱۶۲
هزینه بهره‌برداری و نگهداری ۱۶۲

منابع ۱۶۵

اختصارات ۱۶۹

پیشگفتار

در این کتاب ضمن بررسی اجمالی اصول و قواعد روش‌های گوناگون آبیاری زراعی، زیر مجموعه‌های هر یک از این روش‌های اصلی (آبیاری سطحی، آبیاری موضعی/ قطره‌ای، آبیاری بارانی و آبیاری زیرزمینی) نیز تشریح شده‌اند. این توضیحات به گونه‌ای ارائه شده است که هم برای کارشناسان با تجربه آبیاری و هم برای دست‌اندرکاران جوان این فن قابل استفاده باشد. هدف اصلی این کتاب، معرفی و آموزش روش‌های گوناگون آبیاری و زیر مجموعه‌های آنها نیست؛ بلکه هدف، تشریح قابلیت‌ها و محدودیت‌های روش‌های گوناگون و بررسی عوامل حقوقی و اقتصادی دخیل در اجرای هر یک از این روش‌هاست. در حقیقت، در این کتاب سعی شده تا خواننده با عوامل مؤثر در انتخاب مناسب سیستم آبیاری در شرایط مختلف آشنا شده و بتواند روش‌های گوناگون آبیاری را با توجه به شرایط محل اجرای طرح، به درستی با یکدیگر مقایسه و سیستم بهینه را انتخاب نماید. انتخاب عوامل مناسب برای مقایسه روش‌های گوناگون آبیاری، بسیار مهمتر از مقایسه آنهاست؛ چراکه انتخاب عوامل نادرست امکان مقایسه درست را از بین برده و بر انتخاب مناسب طراح تأثیر منفی خواهد گذاشت. خواننده کتاب در پایان به این نتیجه خواهد رسید که نمی‌توان هیچ روشی را به عنوان «بهترین» روش آبیاری در سطح دنیا معرفی نمود چرا که انتخاب بهترین روش یا مناسب‌ترین روش به نوع گیاه زراعی، آب و هوا، عوامل اقتصادی، کیفیت آب، خدمات نگهداری، دسترسی به منابع انرژی، دانش کشاورزان و عوامل متعدد دیگر بستگی دارد؛ که دامنه اثرات این عوامل در مناطق گوناگون، بسیار متفاوت است. با این اوصاف و با توجه به شرایط متفاوت سرزمین‌های مختلف، همواره مکانیزه‌ترین و جدیدترین روش، بهترین روش نیست. حتی در امر نوسازی شیوه‌های قدیمی و مکانیزاسیون عملیات آبیاری و زراعی باید به این تفاوت‌ها توجه کرد و صرفاً با توجه به نتایج درخشان این طرح‌ها در سایر نقاط جهان چشم بسته تصمیم‌گیری ننمود.

به منظور آشنایی هر چه بیشتر متخصصان فارسی زبان آبیاری با معادل فارسی اصطلاحات فنی علوم آبیاری، در ترجمه اصطلاحات تخصصی این کتاب سعی شده

است تا از واژگان فارسی، مورد تأیید کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، به جای معادل انگلیسی آنها استفاده شود.

در پایان، مترجمین این کتاب ضمن قدردانی از زحمات آقای مهندس ناصر ولی‌زاده که در ویرایش فنی و بازخوانی این مجموعه ما را یاری داده‌اند و سرکار خانم زهره آقابیک که مسئولیت تنظیم و ویرایش متن این کتاب را عهده‌دار بوده‌اند، از کلیه دست‌اندرکاران صنعت آب، اساتید و متخصصین آبیاری و تمامی خوانندگان فهیم خود، استدعا دارند تا آنان را از دریای بی‌کران انتقادات، پیشنهادات و نظرات گرانقدر خویش بهره‌مند سازند.

سیداسدالله اسدالهی
دبیرکل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فصل اول

مقدمه

در بیشتر موارد انتخاب روش آبیاری (چه برای زمین بایر و چه برای زمین دایر در یک برنامه نوسازی) بدون آگاهی کافی از توانایی انواع روش‌ها و سیستم‌های موجود انجام می‌گیرد، و در نتیجه، به انتخاب یک روش بهینه ختم نمی‌شود. هدف این کتاب راهنما، ارائه روشی برای انتخاب سیستم آبیاری و آشناسازی کاربران با توانایی‌ها و محدودیت‌های رایج‌ترین شیوه‌های آبیاری است.

روش انتخاب سیستم آبیاری مباحث گسترده‌ای شامل (۱) عوامل ساختاری، (۲) عوامل فیزیکی و (۳) عوامل اقتصادی را در بر می‌گیرد. بررسی هر یک از روش‌های آبیاری به گونه‌ای تنظیم شده است که توانایی‌ها و محدودیت‌های آن روش را در ارتباط با این عوامل بیان کند. روش‌های آبیاری به ۴ دسته اصلی طبقه‌بندی شده‌اند: (۱) سطحی، (۲) موضعی/ قطره‌ای، (۳) بارانی، و (۴) آبیاری زیرزمینی.

برخی اصطلاحات فنی و تعاریف پایه برای فهم و ارزیابی سیستم‌های آبیاری لازم است. واژه‌هایی نظیر بازده، یکنواختی و برنامه‌ریزی در تمام روش‌های آبیاری مشترک بوده و در اینجا ارائه می‌شوند.

شاخص‌ها و واژه‌های بازده، یکنواختی و برنامه‌ریزی

به منظور مقایسهٔ درست انواع سیستم‌ها با یکدیگر، باید از یک مجموعه شاخص‌ها و واژه‌های اجرایی برای تمامی روش‌های آبیاری استفاده نمود. در طول سال‌ها، شاخص‌های اجرایی متفاوتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برخی از این شاخص‌ها مانند ضریب یکنواختی کریستین سن برای آبپاش‌ها کاربردهای بسیار ویژه‌ای دارند. به هر حال، برای مقایسه بین انواع روش‌های آبیاری و کاربرد آنها، استفاده از اصطلاحات فنی واحد، ضروری است. این کتاب از تعاریفی که در گزارش کمیته کار

آبیاری در مزرعه توسط جامعه مهندسان آمریکا، تحت عنوان «اقدامات اجرایی آبیاری: بازدهی و یکنواختی» (Burt et al., 1997)، ذکر شده استفاده می‌کند.

بازده آبیاری (IE):[1]

$$IE=\frac{\text{حجم مفید آب آبیاری مصرف شده}}{\text{تغییرات ذخیره آب آبیاری− حجم آب آبیاری داده شده}}\times ۱۰۰ \qquad (۱-۱)$$

این واژه علاوه بر تبخیر و تعرق محصول زراعی (ET_C)، شامل فرآیندهایی مانند آبشویی، کنترل آب و هوا و تبخیر و تعرق (ET) از گیاهان غیر زراعی که برای گیاه زراعی مفید هستند (بادشکن‌ها یا پوشش‌های گیاهی برای کنترل فرسایش) نیز می‌شود.

برای تعیین بازده آبیاری، محدوده و فاصله زمانی آبیاری باید تعریف شوند. حجم آب مورد استفاده برابر است با حجم آب آبیاری که در یک فاصله زمانی معین (مانند یک دوره آبیاری، یک فصل آبیاری، یک سال و غیره) وارد یک محدوده تعریف شده (مانند کرت، مزرعه، بخش یا حوضه رودخانه) می‌شود. استفاده از آب شامل کاربرد آب درون زمین می‌شود. اگر در پایان دوره، مقدار آب آبیاری نگهداشته شده در منطقه، مساوی مقدار اولیه آن باشد، تغییرات ذخیره برابر صفر خواهد بود. از آنجا که عمق آب برابر است با کل حجم آب آبیاری تقسیم بر مساحت زمین محصور شده IE ممکن است به جای حجم با عمق بیان شود.

IE تنها در ارزیابی عملکرد یک سیستم آبیاری برای شرایط زمین معین در دوره‌های زمانی مشخص قابل استفاده است.

---

[1] 1- Irrigation efficiency

مصرف منطقی آبیاری(IS) [1]

$$IS=\frac{\text{حجم آب آبیاری که به شکلی مفید یا منطقی مصرف شده باشد}}{\text{تغییرات ذخیره آب آبیاری- حجم آب آبیاری استفاده شده}}\times ۱۰۰٪ \qquad (۱-۲)$$

واژه مصرف منطقی برای مواردی بکار برده می‌شود که جامعه از طرح سود برد؛ مانند مواقعی که حفاظت از حیوانات وحشی سواحل لازم باشد، یا مواردی که هدر رفت آب در سیستم آبیاری از نظر اقتصادی و فنی اجتناب‌ناپذیر باشد. محاسبه IS از محاسبه IE دشوارتر است؛ اما برای ارزیابی کل آب مصرفی در یک سیستم آبیاری ضروری است. در بیشتر ارزیابی‌ها برای توجیه موارد موجود در «مصرف منطقی» از اصول سیاسی، اقتصادی و علمی استفاده می‌شود.

بازده کاربرد (AE)[2]

$$AE=\frac{\text{متوسط عمق آب آبیاری که برای تأمین هدفی مشخص بکاربرده می‌شود}}{\text{متوسط عمق آب آبیاری بکاربرده شده}}\times ۱۰۰٪ \qquad (۱-۳)$$

هدف «مشخص» ممکن است کمبود رطوبت خاک (SMD)، نیاز آبشویی یا عمق آبیاری معین، باشد.

از آنجا که AE در برابر تقاضای خاص، بدون توجه به ارزیابی کاربرد مفید آن، تعیین می‌شود، در محاسبات اولیه کاربرد دارد. در عین حال، تقاضای مشخص احتیاجی به تعیین دوره زمانی خاصی ندارد. در این رابطه، تقاضا در منطقه مورد مطالعه یکنواخت فرض می‌شود. از آنجا که AE یکنواختی کاربرد را مدنظر قرار نمی‌دهد، کارآیی آن به عنوان ابزار مدیریت آبیاری، از ابزار ارزیابی برای مقایسه روش‌های آبیاری بیشتر است. لازم به ذکر است که از AE تنها برای آبیاری یک

1- Irrigation sagacity

2- Application efficiency

قطعه زمین استفاده می‌شود، در حالی که از IE و IS می‌توان برای آبیاری یک قطعه زمین، مزرعه، بخش و یا یک حوضه، استفاده نمود. از AE همچنین می‌توان برای یک نوبت آبیاری استفاده نمود، در حالی که IE و IS برای فواصل زمانی مختلف بکاربرده می‌شوند.

یکنواختی توزیع، چارک پایین (DU_{lq})[1]

$$DU_{lq}=\frac{D_{lq}}{D_{avg}}=\frac{\text{متوسط عمق چارک پایین}}{\text{میانگین آب داده شده به خاک}}\times ۱۰۰\% \qquad (۴\text{-}۱)$$

یکنواختی توزیع پارامتری است برای اندازه‌گیری یکنواختی توزیع آب آبیاری در مزرعه. تجربه استفاده از ۲۵ درصد سطح زمینی که حداقل آب را دریافت کرده (چارک پایین) به عنوان استاندارد مرجع، مورد پذیرش عمومی قرار گرفته است (برت و همکاران، ۱۹۷۷). یکنواختی بیان شده بوسیله DU_{lq} (و تمامی مواردی که در چارک پایین جای می‌گیرند) به این معنی است که حدود $\frac{۱}{۸}$ سطح زمین مقداری کمتر از اندازه صورت کسر(میانگین عمق چارک پایین) آب دریافت می‌کند. دامنهٔ این «کم آبیاری» از صفر در نقطه $\frac{۱}{۸}$ تا کمترین عمق بکار برده شده در دورترین نقطه، تغییر می‌کند. از یکنواختی توزیع چارک پایین می‌توان در تمامی روش‌های آبیاری استفاده کرد.

بیان یکنواختی به صورت آماری، از سابقه تاریخی طولانی برخوردار است. ضریب یکنواختی کریستیانسن[2] (UC) از نخستین شیوه‌های ارائه شده بوده که از آن به شکل گسترده‌ای در آبیاری بارانی استفاده شده است. این ضریب برای داده‌های با توزیع نرمال برابر با $DU_{low\ half}$ بوده و برای مقایسه روش‌های آبیاری با یکدیگر توصیه نمی‌شود. ضریب تغییرات (CV) نمونه دیگری از بیان آماری یکنواختی

---

[1] 1- Distribution uniformity, low quarter

[2] 2- Christiansen uniformity coeficient

کاربرد آب می‌باشد که به تعداد بسیار زیادی نمونه‌گیری احتیاج دارد و مشخصاً در آبیاری موضعی/قطره‌ای برای تشریح یکی از اجزاء کوچک یکنواختی توزیع (ساخت قطره‌چکان‌های مختلف) بکار برده شده است.

$$CV = \frac{\text{انحراف معیار عمق‌های تجمعی آب}}{\text{متوسط عمق آب}} \qquad (۱-۵)$$

مشاهده شده است (هارت، ۱۹۶۱؛ هارت و رینولدز، ۱۹۶۵) که برای داده‌های توزیع نرمال، CV با DU_{lq} توسط رابطه زیر بهم مربوط می‌شوند:

$$DU_{lq} = 1 - 1.27\ CV \qquad (۱-۶)$$

بازده کاربرد پتانسیل، چارک پایین (PAE_{lq})[1]

$$PAE_{lq} = \frac{\text{عمق آب آبیاری بکاربرده شده در چارک پایین } d_{lq}}{\text{عمق آب آبیاری بکاربرده شده چنانکه } d_{lq} \text{ برابر نیاز باشد}} \times ۱۰۰\% \qquad (۱-۷)$$

در محاسبه PAE_{lq}، برای تعریف بیشترین بازده کاربرد ممکن در سیستمی با مدیریت صد درصد مناسب، فرضیه بازده کاربرد با یکنواختی توزیع، ترکیب می‌شود. PAE_{lq} بر این فرضیه استوار شده که عملیات را می‌توان در زمانی متوقف نمود که هدف مورد نظر دقیقاً تا حد متوسط کمترین مقادیر (lq) در توزیع نفوذ آب آبیاری تأمین شده باشد. البته انجام چنین مقایسه‌ای برای چند روش آبیاری سطحی، در خاک‌هایی با SMD پایین و سرعت نفوذ زیاد، دشوار است. AE_{lq} بیشتر برای روش‌های آبیاری تحت فشار که عمق آب نفوذ یافته به آسانی قابل کنترل است مفید می‌باشد.

---

[1] Potential application efficiency, low quarter

بازده کاربرد چارک پایین (AE_{lq}) را می‌توان با استفاده از معادله ۱-۳ و کاربرد d_{lq} و یا استفاده از نیاز واقعی آب به جای عمق مورد نظر (هر کدام که کوچکتر باشد) محاسبه نمود. این کار اندازه‌گیری اثرات ترکیبی طراحی و مدیریت را بر کارآیی سیستم ممکن می‌سازد.

کمبود رطوبت خاک (SMD)[۱]

SMD برابر است با اختلاف عمق واقعی آب ذخیره شده در منطقه ریشه گیاه در هر زمان و عمق آب ذخیره شده در همان محدوده ریشه در ظرفیت زراعی.

کمبود مجاز رطوبت (MAD)[۲]

MAD کمبود مطلوب رطوبت خاک در زمان آبیاری است (مریام، ۱۹۶۶). این مقدار توسط مدیریت آبیاری انتخاب می‌شود و به تنش مجاز بهینه رطوبتی برای سیستم گیاه- خاک- آب- هوا ارتباط دارد. با توجه به تبعات تنش آبی، این ضریب نخست به عنوان درصد مجاز مدیریت برای کمبود رطوبت خاک در منطقه ریشه تعریف شد و سپس به عنوان کمبود رطوبت برای خاکی مشخص و برای منطقه ریشه، جایگزین گردید و در حقیقت مقدار رطوبتی است که در هنگام طراحی سیستم بکار برده می‌شود.

ارزیابی کارآیی[۳]

برای ارزیابی بازده و یکنواختی روش‌های آبیاری، چند روش صحرایی ابداع شده است. آزمایش اولیه توسط مریام و کلر (۱۹۷۸) انجام گرفت. کلمانس و ددریک (۱۹۸۱) تکنیک‌هایی را برای محاسبه DU در حوزه‌ها ارائه کردند. انجمن مهندسین کشاورزی امریکا (ASAE- ۱۹۹۰)، گرچه هنوز به استانداردی برای ارزیابی DU کلی مزرعه دست نیافته، ولی دستورالعمل‌های مهندسی لازم را برای ارزیابی

---

[1] Soil moisture deficit

[2] Management allowed deficit

[3] Performance evaluation

یکنواختی در فاروها، آبیاری بارانی سنتر پیوت و لینیر و سیستم‌های آبیاری موضعی تهیه کرده است، از سال ۱۹۸۴، دوره‌های آموزشی چندی در رابطه با چگونگی ارزیابی یکنواختی توزیع برای متخصصان (برت و همکاران، ۱۹۹۵) در مرکز آموزش و تحقیقات آبیاری (ITRC) در سن لوییس اُبیسپو در کالیفرنیا تشکیل شده که با آموزش محاسبات رایانه‌ای و شیوه‌های ارزیابی بازده برای روش‌های مختلف آبیاری همراه بوده است.

واژه‌های رایج در برنامه توزیع آب

داشتن مبانی مشترک برای بررسی برنامه‌های توزیع آب آبیاری در پروژه‌ها و حوزه‌های آبیاری حائز اهمیت است. برنامه‌های توزیع آب در انتخاب روش‌های آبیاری بسیار مؤثرند. این برنامه‌ها به سه دسته برنامه‌های مبتنی بر «تقاضا»[1]، «تنظیم شده»[2] و «با دور ثابت»[3] طبقه‌بندی می‌شوند (کمیته آبیاری در مزرعه، ۱۹۷۸). گرچه در بررسی زیر هزینه‌ها از نظر مصرف‌کننده آب در مزرعه و تأمین‌کننده آب متمایز شده است، اما باید گفته شود که امروزه توجه جهانی به سوی تشکیل اتحادیه‌های آب‌بران معطوف گردیده است. به این ترتیب، اتحادیه و واحدهای مصرف‌کننده آب به مزرعه به یک واحد اقتصادی مشترک، تبدیل می‌شوند چرا که از سویی کشاورزان باید هزینه‌های سیستم توزیع آب اتحادیه را پرداخت کرده و از سوی دیگر از سود آن نیز بهره‌مند شوند.

برنامه‌های مبتنی بر «تقاضا» نسبت به تواتر، مقدار و مدت آبیاری انعطاف‌پذیر بوده و توسط آب‌بر کنترل شده و به سیستم ارتباطی نیاز ندارند. هنگامی که حداکثر آب به میزانی محدود شود که شرایط بهره‌برداری را چندان مختل نکند، می‌توان آنرا یک برنامه «تقاضای تنظیم شده»[4] دانست.

---

[1] Demand

[2] Arranged

[3] Rotation

[4] Limited rate demand

برنامه‌های «تنظیمی» به نوعی سیستم ارتباطی بین آب‌بر و تأمین‌کننده آب برای تنظیم تناوب، مقدار و مدت آبیاری احتیاج دارند. این شرایط، نسبت به برنامه‌های «مبتنی بر تقاضا» می‌تواند موجب محدودیت بیشتر عملیات بهره‌برداری در مزرعه شود، اما هزینه‌های بهره‌برداری یا سرمایه‌گذاری کمتری برای بهره‌بردار در پی خواهد داشت. در مزارعی که آب آنها با برنامه‌های محدود تناوبی یا تنظیمی تأمین می‌شود، وجود مخازن یا استخرهای ذخیره آب سودمند است. برنامه «تنظیمی با میزان محدود» برنامه‌ای کاملاً عملی در مورد تحویل آب بشمار می‌رود.

برنامه‌های «با دور ثابت» کاملاً از قبل تعیین شده هستند و از شرایط تحویل انعطاف‌ناپذیری برخوردارند. آب به مقداری کاملاً مشخص طی دوره‌های زمانی ثابت توزیع می‌شود. برنامه‌های «آبیاری با دور ثابت» مانعی در راه رسیدن به بهترین شیوه کشاورزی و اجرای آبیاری بشمار می‌روند، اما غالباً کمترین مخارج را برای تأمین‌کننده آب در پی دارند. برای مزارعی که آب آنها با دور ثابت تأمین می‌شود، داشتن مخازن و استخرهای درون مزرعه سودمند و غالباً اقتصادی است.

از واژه‌های گوناگون دیگری نیز برای بیان برنامه‌های مختلف آبیاری استفاده شده است. این کار معمولاً سلیقه‌ای بوده و بخشی از یک سیستم طبقه‌بندی نیست. کمیته آبیاری در مزرعه (ASCE –۱۹۹۷) بررسی‌هایی بر روی این برنامه‌ها انجام داده است.

فصل دوم

مراحل انتخاب روش آبیاری

انتخاب صحیح روش آبیاری که به بهترین نحو ممکن اهداف توسعه آبیاری کشاورزی را تأمین کند، مهمترین گام در مرحله طراحی مقدماتی است. یک سیستم ممکن است به خودی خود به خوبی طراحی شده باشد ولی در مقایسه با روش آبیاری دیگری که اهداف توسعه را به نحوی بهتر تأمین کند، نامناسب باشد.

در حالی که آگاهی از ویژگی‌های انواع روش‌های آبیاری جهت انتخاب روش آبیاری به منظور تهیه طرحی مناسب ضروری است، اما کافی نیست. گام ضروری دیگر، انتخاب بهترین روش آبیاری و هماهنگی سیستم آبیاری با شرایط ویژه زمین می‌باشد.

به منظور تکمیل این کار، که در انتخاب روش و فرآیند طراحی ضرورت دارد، روشی کارآمد برای انتخاب مناسب‌ترین روش(های) آبیاری به منظور تأمین اهداف توسعه، ارائه می‌شود. این روش کار شامل پنج مرحله ضروری زیر است:

۱- شناسایی اهداف توسعه.

۲- شناسائی شرایط محلی (فیزیکی و ساختاری).

۳- غربال اولیه برای انتخاب مطمئن‌ترین مجموعه از روش‌های آبیاری مناسب.

۴- ارائه طرح مقدماتی و محاسبات اقتصادی سیستم‌های از پیش انتخاب شده.

۵- مقایسه نتایج حاصل از مرحله چهار برای هر یک از سیستم‌ها با توجه به اهداف تعریف شده در مرحله یک به منظور انتخاب نهایی.

روش انتخاب باید تمام شیوه‌های آبیاری ممکن را دست کم در مرحله غربال اولیه شامل شود. بسیار اتفاق می‌افتد که انتخابی صحیح و یا حتی بهترین انتخاب، بوسیله طرّاح و یا بهره‌بردار از ابتدا کنار گذاشته شده باشد.

شناسایی اهداف توسعه

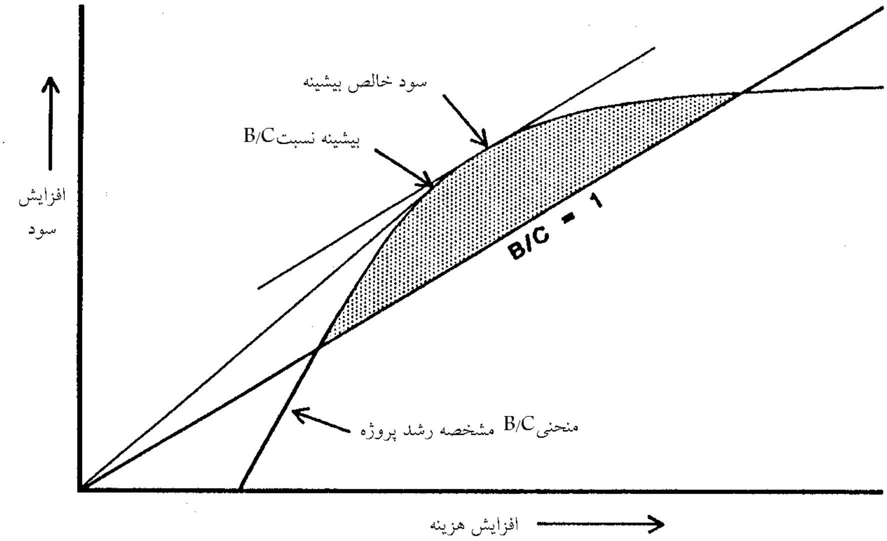
در نخستین نگاه، ممکن است چنین به نظر برسد که هدف آشکار تمامی طرح‌های توسعه آبیاری، بازدهی اقتصادی یا کسب بیشترین درآمد باشد. شک نیست که در بیشتر پروژه‌های توسعه آبیاری، کشاورزان به دنبال کسب سود اقتصادی بیشتری هستند، اما باید سایر اهداف اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مورد توجه قرار گیرند.

از دیدگاه بازدهی اقتصادی، پروژه ممکن است بر بیشترین بازده سرمایه‌گذاری (نسبت بیشترین سود به هزینه، B/C) یا بیشترین سود خالص (B-C) متمرکز شود. با مشاهده شکل ۲-۱ به خوبی می‌توان تفاوت این دو دیدگاه را مشاهده کرد. دامنه‌ای از گزینه‌های توسعه را می‌توان به صورت پیوسته در میان گزینه‌های گوناگون به صورتی که در شکل ۲-۱ (منحنی پیوسته B/C) بوسیله یک منحنی نمایش داده شده، بیان کرد.[1] (آنچه ارائه شده یک شکل بسیار ساده است، در حالی که گزینه‌ها به شکل نمادین بیشتر از آنچه بیانگر یک خط باشند، نمایشگر یک فضا هستند، اما این شکل برای نشان دادن مطلب مناسب می‌باشد). نقطه‌ای که در آن خط مستقیم رسم شده از مبداء بر منحنی مماس می‌شود، به عنوان بیشترین برگشت سرمایه‌گذاری تعریف می‌شود. بیشترین سود خالص (B-C) در نقطه‌ای رخ می‌دهد که خط موازی با خط B/C = 1 بر منحنی مماس شود. منحنی معمولاً دوبار خط B/C= 1 را قطع می‌کند. سطحی که بوسیله این دو خط محدود می‌شود، فضای توسعه اقتصادی بوده که در شکل به رنگ تیره نشان داده شده است. هر گزینه توسعه‌ای که در این فضا قرار گیرد، سودی بیشتر از هزینه‌ها در بر خواهد داشت. بازدهی اقتصادی ممکن است تحت تأثیر اهداف اجتماعی یا زیست محیطی که از اهمیت بیشتری نسبت به اهداف اقتصادی برخوردار باشند، قرار گرفته و برای طراح چاره‌ای جز انتخاب یک سیستم با سود اقتصادی کمتر از مقدار بیشینه، وجود نداشته باشد. در تعریف اهداف یک پروژه، باید مرز محدودیت‌ها برای انجام مقایسه درست سیستم‌ها مشخص شوند.

---

[1] ۱- بر روی منحنی B/C به ازای هر واحد افزایش هزینه، درآمد به مقداری افزایش می‌یابد تا به جائی برسد که دیگر با افزایش هزینه، هیچگونه افزایش درآمدی حاصل نمی‌شود (قسمت افقی منحنی). خطی که از مرکز مختصات به منحنی مذکور مماس شود، بیشترین مقدار B/C را نشان می‌دهد [م].

سایر اهداف اقتصادی نیز ممکن است در نظر گرفته شوند. این اهداف، بر سود اقتصادی پروژه اثر گذاشته و نقش مهمی را در نحوه انتخاب ایفا می‌کنند. برای مثال اگر بودجه اختصاص یافته محدود باشد، لازم است که هزینه اولیه تا حد ممکن کاهش یابد، هر چند که از نظر اقتصادی افزایش هزینه‌های اولیه به منظور کاهش هزینه‌های عملیات اجرایی در دراز مدت به صرفه‌تر باشد.



شکل ۲-۱. منحنی پوش نسبت سود به هزینه برای تحلیل اقتصادی پروژه‌های توسعه

اهداف اجتماعی شامل مواردی هستند که توسعه پروژه بر برخی از بخش‌های اجتماع اثر می‌گذارد. تأمین کار برای افراد بیکار، تأمین مواد غذایی محلی برای محدود کردن واردات یا استفاده از امکانات محلی را می‌توان به عنوان نمونه‌هائی آشکار از این اثرات نام برد.

اهداف زیست محیطی معمولاً به اثرات آبیاری بر محیط زیست مربوط می‌شوند. مسائل کیفیت آب ممکن است موجب شود تا وضع محدودیت‌هایی برای جریان‌های سطحی یا نفوذ عمقی سیستم‌ها ضروری باشد. همچنین ممکن است تمایلاتی برای

ایجاد پناهگاه حیات وحش در ارتباط با کشاورزی فاریاب وجود داشته باشد. در صورت مشخص بودن هدف‌های خاص زیست محیطی باید هر رابطه زیست محیطی ممکن و اثرگذار بر طراحی سیستم، مورد توجه قرار گیرد.

هدف‌های اجتماعی و زیست محیطی را نیز می‌توان با ارزش‌گذاری اقتصادی و یا با مقدار یارانه‌های دولتی ارزیابی کرد. در چنین شرایطی، اهداف اجتماعی و زیست محیطی به بررسی جداگانه نیاز ندارند. به هر حال، اگر این اهداف به صورت اقتصادی تعریف نشوند، دانستن سطح مجاز تأثیر آنها بر هدف اقتصادی به عنوان بخشی از بیان کلی هدف پروژه ضروری است.

شرایط محلی

انتخاب آگاهانه روش آبیاری شدیداً به درک شرایط محل اجرای عملیات بستگی دارد. اطلاع از شرایط فیزیکی محل نیز برای فرآیند طراحی ضروری است. در فرآیند انتخاب، اثر متفاوت عوامل بر انواع سیستم‌های آبیاری از اهمیت برخوردار است، همانگونه که به مقادیر تفاوت مطلق میان شرایط محل و فرضیات طراحی برای هر شیوه آبیاری خاص، باید اهمیت داده شود. برای مثال می‌توان به انواع خاک‌ها، شیب‌ها، ترازها و تأسیسات زیربنایی موجود اشاره کرد.[1]

در انتخاب روش، اهمیت شرایط ساختاری و اقتصادی با اهمیت شرایط فیزیکی محل برابری می‌کند. درک نادرست یا بررسی ناکافی در مورد هر یک از این شرایط، می‌تواند به شکست سیستمی که از نظر فیزیکی به خوبی طراحی شده است، بینجامد.

از آنجا که طراح، بطور معمول، با بسیاری از این موارد در محل اجرای طرح‌های خود آشنا می‌شود، لازم است تا اینگونه اطلاعات تنها یک بار جمع‌آوری شوند. به هر حال، هنگام کار در مناطقی که شناخت کافی در مورد آنها وجود ندارد، لازم است که هر مورد، به صورت جداگانه، پیش از انتخاب نهایی سیستم و انجام طراحی مورد بررسی واقع شود.

---

[1] به عبارت دیگر، به عنوان نمونه، نه تنها باید ویژگی‌های خاک یا شیب، در روش‌های مختلف آبیاری، اختلاف چندانی با فرضیات و مبانی طراحی نداشته باشد، بلکه باید به اثر هر یک از آنها به روش‌های مختلف آبیاری نیز توجه شود [م].

بررسی‌های ساختاری[1]

در انتخاب سیستم آبیاری، ملاحظات ساختاری، شامل مسائلی است که ارتباط مردم و سیستم را نشان می‌دهد. این بررسی‌ها معمولاً در فرآیند انتخاب به ندرت مورد توجه قرار می‌گیرند زیرا که کمّی کردن آنها دشوار است. به هر حال، از آنجا که امکان برتری آنها بر بررسی‌های اقتصادی و حتی فیزیکی وجود دارد، آنها را باید در نخستین مرحله فرآیند انتخاب مورد بررسی قرار داد.

مسائل سیاسی و حقوقی از اهمیت ویژه‌ای در انتخاب سیستم آبیاری برخوردار هستند. این مسائل شامل مواردی چون آئین نامه‌های مربوط به کاربری اراضی، حقابه‌ها، تخلیه آلوده‌کننده‌ها و روناب‌ها، مالیات‌ها، یارانه‌ها و انگیزه‌های مالی دولت‌ها و اخذ پروانه‌های لازم برای ساخت و ساز می‌گردد. پیش از آغاز فرآیند انتخاب، تمامی دست‌اندرکاران باید از انگیزه‌ها و محدودیت‌های سیاسی و حقوقی کاملاً آگاه باشند.

از آنجا که برخی از روش‌های آبیاری به وسایل با درجه پیچیدگی متوسط تا پیشرفته احتیاج دارند، وجود امکانات لازم برای نگهداری سیستم بسیار حائز اهمیت است. توانایی انجام تعمیرات توسط کشاورز و خدمات موجود برای انجام تعمیرات و نگهداری سیستم نیز باید مد نظر قرار گیرند.

میزان مشارکت و همکاری‌های محلی نیز باید مورد توجه واقع شود. این مورد شامل امکان مشارکت در امکانات توزیع آب، توافق بهره‌برداران در برنامه توزیع آب، همکاری در تأمین نیروی کارگری و دست‌یابی به توافق در برنامه‌های کنترل جریان‌های سطحی یا جریانات برگشتی آب می‌شود.

هزینه کارگری معمولاً به عنوان یک مسئله اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد، اما هنگامی که دسترسی به کارگر و قابلیت اتکا به کیفیت کار او مطرح می‌شود، امری ساختاری نیز خواهد بود. در مواردی که کارگر کافی یا مطمئن در دسترس نباشد، روش‌هائی که موجب کاهش نیروی کارگری مورد نیاز شوند، مورد توجه قرار خواهند گرفت، هر چند اصول دقیق اقتصادی، تراکم بیشتر کارگری را توصیه نمایند. درک ویژگی‌های نیروی کارگری در شرایط کنونی و آینده بسیار حائز اهمیت است.

---

[1] Institutional

این موضوع نه تنها به دسترسی و اطمینان از وجود نیروی کار، بلکه میزان مهارت‌ها و آموزش‌های کارگران را نیز شامل می‌شود.

بررسی‌های ساختاری در انتخاب روش آبیاری در کشورهای در حال توسعه به عنوان مهمترین مسأله، به ویژه با ارائه سیستم‌های جدید و پیشرفته‌تر، مطرح شده است. موضوعاتی که به ویژه در کشورهای در حال توسعه باید به آنها توجه شود، در جدول خلاصه شده است. این جدول از اصلاح جدول اولیه کلر و بلیزنر (۱۹۹۰) بدست آمده که در آن از تعاریف زیر استفاده شده است:

تقسیم‌پذیری:[1] تقسیم‌پذیری به تناسب یک روش آبیاری برای طیف وسیعی از مزارع با اندازه و شکل‌های متفاوت، اشاره دارد. «کاملاً» در مورد روش‌هائی به کار برده شده است که از نظر اقتصادی برای هر مزرعه، با هر اندازه و شکل مناسب باشند؛ «محدود» به روش‌هائی که به دشواری یا با صرف هزینه‌های بالا برای زمین مورد نظر آماده می‌شوند، گفته می‌شود و «هیچ» بدان معناست که آن روش تنها برای زمین‌های بسیار بزرگ یا با شکل هندسی ویژه مناسب می‌باشد.

نگهداری. این بخش، بیان‌کننده امکانات عمومی در ارتباط با پیچیدگی‌های فن‌آوری، از لحاظ پایداری کلی سیستم از نظر فیزیکی در دراز مدت می‌باشد. این امر اشاره به اشخاصی دارد که توان نگهداری تجهیزات بکار رفته و بهره‌برداری از آن را در آبیاری دارند. در واقع «کشاورز» تعیین می‌کند که تجهیزات آبیاری در مزارع ایالات متحده می‌تواند توسط آبیار و یا کشورهای در حال توسعه توسط کشاورز نگهداری یا تنظیم شوند. در این جدول، «*تولیدکننده*» نشان می‌دهد که معمولاً دانستن مهارت‌های پیشرفته برای تولیدکنندگان محصولات بسیار پرارزش لازم است. «*کارگاه*» در مواردی گفته شده است که وجود مغازه‌هایی با ابزار محدود اما ویژه تعمیر ضروری باشد. «*نمایندگی*» نشان‌دهنده نیاز به ابزار بسیار پیچیده به همراه مهارت‌های بسیار بالا و افراد متخصص برای نگهداری می‌باشد.

---

[1] Divisibility

جدول ۲-۱. عوامل موثر در انتخاب انواع مختلف سیستم‌های جدید آبیاری برای استفاده در کشورهای در حال توسعه (برگرفته از کلر و بلیزنر، ۱۹۹۰).

نوع و روش	تقسیم‌پذیری	نگهداری توسط	ریسک	مدیریت بهره‌برداری تعمیر و نگهداری		دوام سیستم
				سطح مهارت	سطح تلاش	
سطحی						
تأمین آب از کانال						
• حوضچه‌ای	کاملاً *	تولیدکننده	کم	ماهر	۵	ماندگار
• نواری		کشاورز	کم	ماهر	۶	ماندگار
• شیاری		کشاورز	کم	نیمه ماهر	۱۰	ماندگار
تأمین آب از لوله/ پمپ						
• حوضچه‌ای	محدود *	کارگاه	متوسط	ماهر	۳	مقاوم
• نواری	محدود	کارگاه	متوسط	ماهر	۳	مقاوم
• شیاری	محدود *	کارگاه	متوسط	ماهر	۶	مقاوم
بارانی						
• جابجائی دوره‌ای						
• جابجایی دستی	کاملاً	کارگاه	متوسط	ساده	۹	با دوام
• کشش انتهایی	محدود	کارگاه	متوسط	نیمه ماهر	۵	با دوام
• آبفشان چرخدار	محدود	کارگاه	بالا	نیمه ماهر	۶	با دوام
• ترایماتیک[1]	هیچ	نمایندگی	بالا	ماهر	۵	شکننده
• قرقره‌ای/ بوم	کاملاً *	کشاورز معمولی	متوسط	ساده	۸	شکننده
• زیردرختی	محدود	کشاورز	متوسط	ساده	۹	با دوام
بارانی ثابت						
ثابت برای گیاهان زراعی						
• قابل حمل	کاملاً	تولیدکننده	متوسط	ساده	۵	با دوام
• دائمی	کاملاً	تولیدکننده	متوسط	متوسط	۱	با دوام
ثابت برای درختان						
زیردرختی	کاملاً	تولیدکننده	متوسط تا بالا	متوسط	۲	با دوام
• روی درختی	کاملاً	تولیدکننده	متوسط تا بالا	متوسط	۲	با دوام
حرکت مداوم						
بارانی قرقره‌ای	محدود	نمایندگی	بالا	ماهر	۴	کم دوام
دوار مرکزی	هیچ	نمایندگی	بالا	پیچیده	۱	کم دوام
بارانی خطی	هیچ	نمایندگی	بالا	پیچیده	۲	کم دوام
ثابت	کاملاً *	کارگاه	متوسط	نیمه ماهر	۵	با دوام
قابل حمل دائمی	کاملاً *	کشاورز	متوسط	نیمه ماهر	۱	با دوام
قطره‌ای	کاملاً *	تولیدکننده	بالا	پیچیده	۲	شکننده
باغات/ تاکستان‌ها	کاملاً *	تولیدکننده	متوسط	پیچیده	۲	با دوام
قطره‌ای سطحی	کاملاً *	تولیدکننده	کم	پیچیده	۴	مقاوم
میکروآبفشان	کاملاً *	تولیدکننده	بالا	پیچیده	۲	مقاوم
قطره‌ای زیرزمینی	کاملاً *	تولیدکننده	بالا	پیچیده	۳	مقاوم
ردیفی						
قطره‌ای سطحی	کاملاً	تولیدکننده	بالا	پیچیده	۳	شکننده
قطره‌ای زیرزمینی	کاملاً	تولیدکننده	بالا	خیلی پیچیده	۴	شکننده

* سازگاری خوب با مزارع دارای شکل نامنظم

---

[1] 1- Wheel line

خسارت. مقوله‌ای است که به خطر افت محصول در اثر خرابی تجهیزات می‌پردازد. در جدول ٢-١ «ریسک کم» نمایانگر تجهیزاتی است که با وجود خرابی، مشکلی را در راه‌بری ایجاد نمی‌کنند. در مقابل، «ریسک بالا» مواردی مانند خرابی جعبه دنده در سیستم‌های بارانی دوار مرکزی و صافی‌ها در سیستم‌های قطره‌ای را شامل می‌شود. هنگام خرابی جعبه دنده یا صافی‌ها، تمامی محصول در مزرعه برای چندین روز در معرض خطر خواهد بود.

مدیریت و مهارت بهره‌برداری و نگهداری. این بخش بر نقش مدیریت (به جای تجهیزات) در تأمین بازده قابل قبول آبیاری تأکید می‌کند. در این بخش همچنین بر روی نگهداری روزانه که برای استفاده دراز مدت تجهیزات لازم است تأکید می‌شود. در جدول ٢-١ «*ساده*» بیانگر آن است که تنها مهارت‌های ابتدایی ضروری است؛ «*متوسط*» بیانگر آن است که مهارت‌های قابل توجهی برای مدیریت لازم است؛ «*ماهر*» بیانگر آن است که مدیر باید از تجربیات بالایی در مدیریت توزیع آب یا جا به جایی تجهیزات برخوردار باشد و «*پیچیده*» نشان می‌دهد که به مهارتهای فنی پیچیده و دانش بالا نیاز است.

مدیریت و تلاش برای بهره‌برداری و نگهداری. این بخش، زمان مورد نیاز مدیریت و نیروی کارگری لازم برای اجرا، هماهنگی و نگهداری سیستم آبیاری را نشان می‌دهد. عدد ١ نشانگر کمترین تلاش لازم و عدد ١٠ نشانگر بالاترین سطح تلاش ضروری است.

دوام. این مورد علاوه بر دوام تجهیزات، به حساسیت آنها در برابر عوامل مخرب و میزان دسترسی به قطعات یدکی و خدمات مورد نیاز اشاره می‌کند. در جدول ٢-١ «*ماندگار*» به سیستم‌های ثقلی اطلاق می‌شود؛ چراکه این سیستم‌ها هرگز به گونه‌ای تخریب نمی‌شوند که غیر قابل استفاده باشند. سیستم‌های «*مقاوم*» دارای تعداد معدودی قطعات مکانیکی می‌باشند. سیستم‌های «*با دوام*» به ندرت خراب می‌شوند اما به برخی قطعات یدکی احتیاج پیدا می‌کنند. سیستم‌های «*کم دوام*» مراقبت و نگهداری دقیق و قطعات یدکی قابل توجهی لازم دارند. سیستم‌های «*شکننده*» دارای قطعات

شکننده بوده و در صورت کاربرد نادرست نقص پیدا کرده و به سرمایه قابل توجهی برای تأمین قطعات یدکی نیاز دارند.

شرایط فیزیکی

شرایط فیزیکی آشکارترین عوامل محیطی و معمولاً آسان‌ترین عوامل قابل اندازه‌گیری هستند. داشتن اطلاعات از شرایط فیزیکی، چه برای انتخاب و چه برای طراحی، مورد نیاز است. اهمیت این موضوع در فرآیند انتخاب، شامل درک درست رابطه روش‌های آبیاری تحت بررسی با شرایط فیزیکی و شناسایی اثرات آنها بر طراحی و کارآیی سیستم است. شرایط فیزیکی را می‌توان در ۵ زمینه دسته‌بندی کرد: (۱) محصولات، (۲) منبع آب، (۳) زمین، (۴) اقلیم و (۵) منبع تأمین انرژی. فهرستی از شرایط فیزیکی که باید بررسی شوند در جدول ۲-۲ ارائه شده است. جدول ۲-۳ شرایطی را که ارتباط ویژه‌ای با روش‌های مختلف آبیاری دارند به صورت کیفی بیان کرده و مشخص می‌کند که کدام یک، از آثار منفی برخوردار است.

محصولات و عملیات زراعی. الگوی کشت مورد استفاده و نحوهٔ کشاورزی اثر چشمگیری روی انتخاب سیستم دارد. اثر روش آبیاری بر عوامل گیاهی مانند ارتفاع گیاه، جوانه‌زنی، بیماری‌های اندام هوایی و تحولات اقلیمی، و همچنین بر عملیات زراعی شامل نحوه کشت و کاربرد سم و کود باید بررسی شود. تناوب گیاهی، یک مورد بسیار مهم برای بررسی است. برخی روش‌های آبیاری ممکن است برای بعضی از محصولات در تناوب، مناسب باشند، اما نه برای تمامی آنها.

منبع آب. منبع، کمیت، کیفیت، قابلیت اطمینان و برنامه توزیع آب باید به دقت در انتخاب روش آبیاری مورد بررسی قرار گیرد. منابع آب غیر قابل اطمینان مانع از سرمایه‌گذاری هنگفت در بکارگیری تجهیزات پیچیده آبیاری می‌شوند. در حالی که در برخورد با منابع محدود اما قابل اطمینان، روش‌های آبیاری با بازده بالا توصیه می‌شوند.

تناوب، مقدار و مدت توزیع آب در مزرعه، اثر زیادی بر انتخاب و طراحی روش آبیاری، هزینه‌های آن، نیاز کارگری و بازده آن دارد. احتمال دارد که برای انجام بهتر آبیاری، تغییر در برنامه توزیع آب به منظور بکارگیری روش‌های دیگر یا

بهره‌برداری اقتصادی‌تر از نیروی کار و انرژی ضروری باشد. برای آبیاری بارانی، می‌توان از جریانی دائمی ولی با دبی کم یک چاه یا نهر آبیاری استفاده نمود؛ اما این منبع آب را نمی‌توان برای روشی که به جریان متناوب ولی با دبی بالا احتیاج دارد بکاربرد مگر اینکه مخازنی در مزرعه وجود داشته باشند (جنسن، ۱۹۸۱). در آبیاری سطحی، جریان‌های با دبی بالا و فواصل تحویل زیاد، می‌توانند به بهترین نحو بکار برده شوند. در هر حال، برنامه‌های ثابت و غیر انعطاف‌پذیر توزیع آب، مانعی برای داشتن آبیاری با بازده بالا به حساب می‌آیند.

ثبات منابع آب بدلیل اثرات آن بر اقتصاد پروژه و انتخاب نوع محصول حائز اهمیت است. در مناطقی که دارای منابع آب متغیر هستند، کشاورزان غالباً زمین‌ها را رها کرده و یا انتخاب محصول را به گونه‌ای تنظیم می‌کنند که با منابع آب موجود سازگار باشد.

کیفیت آب. کیفیت آب، عاملی بسیار مهم در انتخاب روش آبیاری به شمار می‌رود. در فرآیند انتخاب روش آبیاری، برخورداری از داده‌های کافی کیفیت آب ضروری است. تمامی آب‌های آبیاری، حاوی برخی مواد جامد محلول هستند. در صورت انتخاب روش آبیاری نامناسب و اجرای نادرست آن، مشکلات فراوانی در زمینه شوری ایجاد خواهد شد. در انتخاب روش آبیاری، باید امکان آبشوئی خاک نیز مورد بررسی قرار گیرد چرا که شوری آب در مناطق خشک از اهمیت فزاینده‌ای برخوردار است.

سمیت یون‌های ویژه برای برخی گیاهان مشکل‌آفرین خواهد بود. برای مثال، مقادیر زیاد بُر برای بسیاری از گیاهان مضر است. از پاشیدن آب‌هایی که حاوی مقادیر زیاد کلر هستند، بر روی برگ بسیاری از گیاهان باغی باید اجتناب کرد. مقدار زیاد سدیم نسبت به کلسیم و منیزیم، اثر بدی بر ساختمان خاک گذاشته و ممکن است به کاهش سرعت نفوذ در بسیاری از خاک‌ها، بیانجامد. آب آبیاری خیلی خالص ($EC < ۰/۲$ dS/m) نیز سرعت نفوذ را در بسیاری از خاک‌ها کاهش داده و مشکلاتی را برای تمام روش‌های آبیاری به دنبال خواهد داشت.

در بسیاری از پروژه‌های آبیاری، استفاده مجدد از پساب آبیاری (روان آب سطحی) و زهاب (آب زهکش‌های زیرزمینی) افزایش یافته است. این آب‌ها عموماً دارای مقادیر بیشتر سیلت و نمک نسبت به منابع اصلی آب هستند.

آلودگی‌های فیزیکی آب مانند سیلت و زباله‌های شناور و ذرات آلی مانند جلبک‌ها و لجن‌های باکتریایی می‌توانند بر عملکرد برخی سیستم‌ها اثر معکوس بگذارند. این ذرات ممکن است نازل‌ها یا روزنه‌ها را در سیستم‌های بارانی و موضعی/ قطره‌ای مسدود نمایند یا موجب سایش آنها شوند. زباله‌های شناور ممکن است در سیستم‌هایی که آب از خلال دریچه‌های بزرگتر می‌گذرد نیز، مشکل ایجاد کنند. برای جلوگیری از این قبیل مشکلات لازم است که از سطوح مختلف تصفیه فیزیکی آب بهره‌گیری شود.

زمین. بافت، یکنواختی، عمق، سرعت نفوذ، فرسایش‌پذیری، شوری و زهکشی خاک، همگی باید در انتخاب روش‌های آبیاری بررسی شوند. اثرات متقابل عملیات زراعی و آبیاری با توجه به این عوامل خاک باید مورد مطالعه قرار گیرد. برخی روش‌ها به اطلاعات بیشتری نیاز دارند. برای مثال، سیستم آبیاری بارانی دوار مرکزی و سیستم بارانی خطی به اطلاعاتی در زمینه قدرت باربری خاک در شرایط مرطوب به منظور محاسبه توانایی خاک برای پذیرش وزن سیستم، نیاز دارند.

برای گزینش روش‌های آبیاری قابل قبول، باید از شیب زمین نیز مطلع بود. در برخی روش‌ها تسطیح یا هموارسازی زمین ضروری است. شیب، همچنین بر شرایط هیدرولیکی سیستم لوله‌ها و در برخی سیستم‌ها، بر یکنواختی کاربرد اثر می‌گذارد. توپوگرافی نامنظم دارای اثراتی مشابه بوده و بر اندازه و شکل زمین و همچنین بر میزان عملیات تسطیح در مورد روش‌هائی که به شیب یکسان احتیاج دارند، اثر می‌گذارد.

شکل زمین و موانع فیزیکی، در انتخاب برخی روش‌های آبیاری اثرگذار است. محل استقرار ساختمان‌ها، خطوط هوایی انتقال برق و لوله‌های انتقال دفن شده در زمین، و مرزهای زمین در فرآیند انتخاب روش آبیاری بسیار با اهمیت هستند. لوله‌های انتقال دفن شده ممکن است عمق خاک‌برداری را در تسطیح زمین محدود سازند. خطوط هوایی انتقال برق، اجرای برخی از سیستم‌های بارانی مکانیزه را با مشکل مواجه می‌کنند. ساختمان‌ها و مرز اراضی بر بیشتر روش‌های آبیاری اثر می‌گذارند.

چنانچه در منطقه‌ای بطور طبیعی، احتمال بروز سیل وجود داشته باشد، باید اثرات سیل‌های محتمل بر روش‌های مورد نظر شناسایی شوند. برای مثال، اگر سیل‌های مکرر با سرعت جریان بالا روی دهند، فرسایش شدیدی نیز در پی خواهند داشت. در چنین شرایطی، تسطیح گران قیمت مجدد زمین برای روش‌های آبیاری که به شیب یکنواخت نیاز دارند، لازم است. جا به جایی بیش از حد رسوبات ناشی از سیل ممکن است به تجهیزات توزیع آب و زهکشی صدمه بزند.

برای طراحی روش آبیاری باید عمق سفره آب معلوم باشد. برای آگاهی از عمق فعلی و آینده سفره آب، ارزیابی اثرات روش آبیاری بر سفره آب مورد نیاز است. روش‌های آبیاری با بازده بالا، تغییرات اندکی در سفره آب ایجاد خواهند کرد. مطالعات انجام شده در زمینه مدیریت سفره نسبتاً کم عمق آب زیرزمینی نشان می‌دهد که از این سفره می‌توان به عنوان یک روش آبیاری بهره‌گیری کرد، مشروط بر اینکه تجمع نمک مشکلی را ایجاد نکند (آبیاری زیرزمینی [م]).

اقلیم. آگاهی از داده‌های اقلیم شناسی در فرآیند انتخاب روش آبیاری ضروری است. الگوی بارندگی در میزان آبیاری مورد نیاز (آبیاری کامل یا تکمیلی) و همچنین تناسب روش‌های مختلف آبیاری مؤثر است. دما، شرایط سرما، رطوبت و باد همگی بر فرآیند انتخاب روش آبیاری اثر می‌گذارند.

آبیاری همراه با بارندگی طبیعی، محیط اقلیمی گیاه را تعدیل می‌کند. برخی روش‌های آبیاری، دارای توانایی اضافی مثل جلوگیری از یخبندان، تاخیر در شکوفه‌زنی و یا تأمین سرما یا گرمای لازم در دورهٔ دماهای بحرانی هستند. چنانچه اصلاح اقلیم منطقه اهمیت داشته باشد، قابلیت‌های روش‌های گوناگون آبیاری باید مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد.

دسترسی به انرژی و اطمینان از آن. روش‌های آبیاری که برای پمپاژ یا نگهداری سیستم‌های کنترل به انرژی احتیاج دارند، باید به منبع انرژی قابل اطمینانی متصل باشند. در صورت عدم دسترسی به منبع انرژی، یا عدم اطمینان به آن، نباید این روش‌های آبیاری را بکاربرد. تمامی منابع انرژی قابل اطمینان باید بر اساس هزینه‌ها، امکان دسترسی و تسهیلات موجود بررسی شوند.

جدول ۲-۲. شرایط فیزیکی محلی که باید در انتخاب سیستم آبیاری مورد توجه قرار گیرند.

محصولات

- محصولات کشت شده
- تناوب کاشت
- ارتفاع محصول/ حجم ریشه
- عملیات زراعی
- قابلیت ابتلاء به بیماری
- آفات
- نیازهای آبی
- تعدیل آب و هوا

زمین

- شکل مزرعه
- موانع
- توپوگرافی

خاک

  - – بافت
  - – همگن بودن
  - – عمق
  - – سرعت نفوذ
  - – رطوبت
  - – ظرفیت نگهداری
  - – فرسایش‌پذیری
  - – شوری
  - – قابلیت زهکشی
  - – مقاومت فشاری

خطر سیلاب

- سطح سفره زیرزمینی

تامین آب

- منبع
- کمیت
- کیفیت
  - – شوری
  - – رسوبات
  - – مواد آلی
- قابلیت اطمینان
- برنامه تحویل
  - – دور
  - – مقدار
  - – مدت

آب و هوا

- بارش
- درجه حرارت
- شرایط یخبندان
- مقدار رطوبت هوا
- باد

انرژی

- دسترسی
- قابلیت اطمینان

جدول ۲-۳. راهنمای پیشنهادی برای انتخاب روش‌های آبیاری. (o) نقشی در انتخاب ندارد، (+) به دلایلی بر سایر موارد برتری دارد، (-) به دلایلی بهتر است از روش دیگری به جای آن استفاده نمود.

	بارانی						قطره‌ای				سطحی				
	سیستم ثابت	جابجائی دستی	آبفشان چرخدار	بارانی قرقره‌ای	دوار مرکزی	بارانی خطی	آبیاری قطره ای گیاهان ردیفی	قطره ای	مه‌پاش	بابلر کم فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	(a) نشتی مکانیزه	نشتی
شرایط فیزیکی															
نوع گیاه															
ذرت	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	–	0	0	0	0
پنبه منطقه مرطوب	0	-	-	-	0	0	-	-	-	-	–	0	0	0	0
پنبه منطقه خشک	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	–	0	0	0	0
یونجه	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	+	+	-	-
غلات دانه‌ریز	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0
سیب زمینی	+	0	0	-	+	+	0	-	-	-	-	-	-	-	-
برنج	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
سبزیجات	0	0	0	-	0	0	+	-	-	-	–	0	–	0	0
سایر گیاهان ردیفی	0	0	0	-	0	0	0	-	-	-	–	0	–	0	0
باغات / تاکستان‌ها	+	0	-	0	-	-	-	+	+	+	–	0	0	0	0
تناوب	0	0	0	-	+	+	0	-	-	-	-	+	0	0	0
اصلاح آب و هوایی	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	0	-	-	-
عملیات زراعی / ماشینی (تجهیزات درمسیر، طول زمین وغیره)	0	-	-	-	-	-	+	0	0	0	-	-	0	0	0

(a) آبیاری نشتی مکانیزه ، به آبیاری اطلاق می‌شود که با نهرهای قطع‌کننده، جریان موجی، آبیاری کابلی و غیره همراه است.

ادامه جدول ۲-۳

	بارانی						قطره‌ای				سطحی				
زمین	سیستم ثابت	جابجائی دستی	آبفشان چرخدار	بارانی قرقره‌ای	دوار مرکزی	بارانی خطی	آبیاری قطره ای گیاهان ردیفی	قطره ای	مه‌پاش	بابلر کم فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	(a) نشتی مکانیزه	نشتی
اراضی با شکل نا منظم	0	0	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	0	0	0
موانع موجود در زمین	0	0	-	+	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
سطح بالای آب زیرزمینی	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	0	0	-	-	-
شیب‌های موج‌دار با خاک‌های کم عمق	+	+	0	0	+	+	+	+	+	+	-	-	0	0	0
شیب‌های تند	+	+	0	0	0	0	+	+	+	-	-	-	0	0	0
زمین‌های سنگی شیب دار	+	0	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
شنی، خاک‌های با نفوذپذیری بالا	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	0	0	0
خاک‌های با نفوذپذیری متوسط	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
رسی، خاک‌های با نفوذ پذیری کم	0	0	0	-	-	-	+	0	-	0	+	0	0	0	0
خاک‌های به شدت ناهمگن	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	-	-	-
خاک‌هایی با ظرفیت نگهداری آب کم	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
خاک‌های شور	-	-	-	0	0	0	+	+	+	0	0	0	-	-	-
خاک‌های با زهکشی ضعیف	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	0	-	-	-	-
خاک‌های با فرسایش زیاد	0	0	0	-	0	0	+	+	+	+	0	0	0	-	-
خاک‌های با ظرفیت باربری کم	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ادامه جدول ۲-۳

	بارانی						**قطره‌ای**				**سطحی**				
تأمین آب	سیستم ثابت	جابجائی دستی	آبفشان چرخدار	بارانی قرقره‌ای	دوار مرکزی	بارانی خطی	آبیاری قطره ای گیاهان ردیفی	قطره ای	مه‌پاش	بابلر کم فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	(a) نشتی مکانیزه	نشتی
چاه آب زیرزمینی	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
توزیع آب سطحی قابل انعطاف	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
توزیع آب سطحی – غیر قابل انعطاف	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0
توزیع آب سطحی – با جریان دائم	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	-	-	-	-	-
با میزان و زمان غیر مطمئن	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
جریان با رسوب زیاد	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0
با مواد آلی زیاد	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0
با شوری زیاد	-	-	-	-	-	-	0	+	0	0	0	0	0	0	0
پساب	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0
دبی بالای جریان آب	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	+	0	0	0
دبی پایین جریان آب	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	**+**	+	+	+	+	0	-	0	0	0
آب و هوا															
بارندگی زیاد	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	-	0	0	0
بارندگی کم	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دمای بالا – مرطوب	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
دمالای بالا- خشک	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بادخیز	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
شرایط یخبندان	+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	-	0	-	-	-

ادامه جدول ۲-۳

	بارانی						قطره‌ای				سطحی				
	سیستم ثابت	جابجائی دستی	آبفشان چرخدار	بارانی قرقره‌ای	دوار مرکزی	بارانی خطی	آبیاری قطره ای گیاهان ردیفی	قطره ای	مه‌پاش	بابلر کم فشار	کرتی برنج	کرتی	نواری	(a) نشتی مکانیزه	نشتی
انرژی															
کم یا غیر قابل اطمینان	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
شرایط، اجتماعی / ساختاری															
مهارت کم کارگران	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	0
کمبود قطعات در دسترس	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	0
کمبود سرویس فنی در دسترس	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	-	0
کمبود نیروی کار در دسترس	+	-	-	0	+	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0
قابلیت خودکار شدن	+	0	0	0	+	+	+	+	+	0	0	0	-	0	-
قابلیت خرابکاری	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	+	+	+	0	+
سطح پایین مدیریت	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	+	-	0	-	0
ملاحظات زیست محیطی															
تغییر شکل زمین	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-
کاربرد مواد شیمیایی	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	0	-	-	-	-
پایداری	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	+	+	0	0	0

ملاحظات اقتصادی

همانگونه که پیش از این بحث شد، بازده اقتصادی به عنوان کانون اصلی در فرآیند انتخاب سیستم آبیاری است. در حالی که سایر ملاحظات نیز از اهمیت برخوردارند. فرآیند تحلیل اقتصادی در بخش دیگری از این فصل کاملاً بررسی خواهد شد. داده‌های اقتصادی که در اینجا مورد بررسی قرار می‌گیرند، باید مربوط به شرایطی باشند که تحلیل‌های اقتصادی تحت همان شرایط ارائه می‌شوند. داده‌های اقتصادی

مورد نیاز در دو دسته جای می‌گیرند: وابسته به محل اجرای طرح و وابسته به سیستم آبیاری.

عوامل اقتصادی وابسته به مکان، مواردی را شامل می‌شود که تحت تأثیر توسعه سیستم نیستند، اما برای محاسبه نسبی اقتصاد طرح ضروری هستند. این عوامل شامل: نرخ بهره (واقعی و اسمی)، هزینه کارگری، هزینه انرژی، ضریب تورم انرژی، ضریب تورم عمومی، مالیات بر دارائی (بر تجهیزات آبیاری)، هزینه آب، ارزش زمین و بازده حاصل از آبیاری برای هر محصول می‌شوند.

نرخ بهره معمولاً به دو دسته «واقعی» و «اسمی» طبقه‌بندی می‌شود. نرخ بهره اسمی، نرخ رایج بهره است که توسط مؤسسه وام‌دهنده که منبع پول خواهد بود، دریافت می‌شود. این نرخ شامل جزء تورم، جزء ریسک، جزء مدیریت و سود است. نرخ بهره واقعی جزء تورمی نداشته و بنابراین براساس نرخ تورم دراز مدت، از نرخ بهره اسمی کمتر است. نرخ بهره واقعی معمولاً در دامنه ۳ تا ۷ درصد در سال جای می‌گیرد. نرخ بهره واقعی در تعیین هزینه سالیانه مخارج سرمایه‌ای که افزایش قیمت پیدا می‌کنند بکار برده می‌شود، مانند ارزش زمین و بهبود دائمی زمین در اثر تسطیح. از نرخ بهره اسمی در تعیین هزینه سالیانه مخارج سرمایه‌ای استفاده می‌شود؛ هزینه‌هایی که کاهش قیمت یافته یا از لحاظ فنی پس از گذشت زمان اسقاط می‌شوند و ارزش ناچیز آنها باید در محاسبات اقتصادی منظور شود.

ارزش زمین هنگام مقایسه سیستمی که تمام زمین را آبیاری نمی‌کند با سیستم دیگری که تمام زمین را آبیاری می‌کند باید مورد مقایسه قرار گیرد (برای مثال، سیستم آبیاری بارانی دوار مرکزی که گوشه‌ها را آبیاری نمی‌کند در مقایسه با یک سیستم آبیاری قطره‌ای که تمام زمین را آبیاری می‌کند). بازده محصول نسبت به آبیاری، سود خالصی است که پس از کسر تمامی هزینه‌های زمین و تولید بدست می‌آید. برای تعیین سود خالص لازم است تا اقتصادی بودن نسبی سیستم‌ها با در نظر گرفتن یکنواختی پخش آب در هر یک از آنها و اثراتی که بر عملکرد نسبی محصول می‌گذارد، مورد بررسی قرار گیرد.

ضریب تورم انرژی در ایجاد توازن بین هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های بهره‌برداری اجرا بسیار مهم است. ضریب تورم باید مشمول سایر هزینه‌های آبیاری، مانند هزینه کارگر و آب نیز شود. این ضرایب تورم نیز دقیقاً همانند ضریب تورم

انرژی بکار برده می‌شوند. نرخ تورم عمومی دراز مدت معمولاً برای ارائه تقریبی از این مقادیر، کافی است.

عوامل وابسته به سیستم، مواردی را شامل می‌شود که مستقیماً به سیستم مربوط بوده و برای هر سیستم به شکل جداگانه شناسایی می‌شوند؛ این عوامل عبارتند از: هزینه اجزای سیستم، عمر اجزای سیستم، نیاز به کارگر، نیاز به انرژی و هزینه نگهداری. ممکن است عمر فیزیکی برخی اجزا از عمر مورد انتظار روش آبیاری بیشتر باشد. در چنین مواردی، می‌توان از عمر اقتصادی مورد انتظار به جای عمر فیزیکی سیستم استفاده کرد. برای مثال، لوله PVC دارای عمر بسیار طولانی می‌باشد (۵۰ تا ۱۰۰ سال)، اما ممکن است سیستم در مدت زمان بسیار کمتری فرسوده شود، بنابراین عمر کوتاه‌تری باید در محاسبات مورد استفاده قرار گیرد.

نیازهای کارگری و انرژی، عوامل اقتصادی مستقیم به حساب نمی‌آیند، اما در تعیین هزینه‌های اجرای سیستم نقش داشته و بدین جهت در این فهرست جای می‌گیرند.

انتخاب اولیه سیستم

هنگامی که اهداف طرح تعریف گردید و داده‌های محلی جمع‌آوری شد، انتخاب اولیه یا غربال کردن سیستم‌ها را می‌توان پیش برد. ضرورتی دیده نمی‌شود که تمامی سیستم‌ها به تفصیل مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند، بلکه سیستم‌هایی که آشکارا با اهداف یا شرایط محل سازگار نیستند می‌توانند از ابتدا نادیده گرفته شوند. با کسب تجربیات بیشتر از یک محل خاص، حذف سیستم‌ها در حین بررسی اولیه آسانتر می‌شود؛ چرا که اطلاعات بیشتری از احتمال سازگاری یک سیستم با شرایط محلی در دست است. به هر حال، باید دقت نمود تا از سیستم‌هایی که احتمال بکارگیری آنها وجود دارد، اما در ارزیابی‌های قبلی حذف شده‌اند، استفاده شود.

در بررسی اولیه، قابلیت‌های بالقوه سیستم‌های آبیاری با اهداف توسعه و شرایط محلی انطباق داده می‌شود. توانایی‌ها و محدودیت‌هائی که در بخش‌های بعدی فهرست شده‌اند، در مقابل شرایط محلی که برای تایید شایستگی سیستم‌ها تعریف شده‌اند، قابل سنجش هستند. هر سیستمی که آشکارا نتواند اهداف پروژه را تأمین نماید، حذف می‌شود. جدول ۲-۳ توانایی‌ها و محدودیت‌های نسبی سیستم‌ها را برای

شرایط محلی داده شده، نشان می‌دهد که در صورت فقدان تجارب محلی، روش‌های خاص می‌تواند به عنوان یک راهنما مورد استفاده قرار گیرد.

طراحی مقدماتی و ارزیابی اقتصادی

هنگامی که بررسی اولیه به اتمام رسید، تحلیل تفصیلی سیستم‌های انتخاب شده صورت می‌گیرد. چنانچه سیستم‌های متعددی در مرحله اولیه انتخاب شده باشند، این قسمت را می‌توان با تحلیلی دو مرحله‌ای انجام داد. در این حالت، ابتدا سیستم‌هایی که احتمال انتخاب نشدن آنها می‌رود، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. اگر تعداد سیستم‌های انتخاب شده برای تحلیل محدود باشد، هر سیستم را باید جداگانه طراحی و شرایط اقتصادی آن را محاسبه نمود.

پس از طراحی مقدماتی، برای هر یک از سیستم‌ها، در قالب قیود اهداف پیش‌بینی شده و به منظور مقایسه و انتخاب نهایی، تحلیل جامع اقتصادی صورت خواهد گرفت. این تحلیل اقتصادی به ساده‌ترین شکل و تنها براساس هزینه سالانه انجام می‌شود. برای هر سیستم هزینه و سود حاصل همانگونه که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است، باید محاسبه و مقایسه شود.

اولین گام، تکمیل طراحی‌ها و محاسبه کل هزینه‌های سالانه سیستم‌های انتخاب شده است. در دومین گام، سود بازگشتی مورد انتظار از هر طرح توسعه، محاسبه می‌شود.

هزینه‌های سرمایه‌ای سالانه با استفاده از ضریب برگشت سرمایه[1] (CRF)، طبق معادله (۱-۲)، برای عمر اجزای مختلف سیستم و نرخ بهره اسمی محاسبه می‌شود. هر جزء دارای یک ضریب برگشت سرمایه در ارتباط با عمر خود خواهد بود.

$$CRF=i(۱+i)^n / \{(۱+i)^n -۱\} \qquad (۲-۱)$$

که i= نرخ بهره سالانه

n= عمر اقتصادی جزء مورد نظر

با ضرب هزینه کل اجزای پروژه در مقدار CRF، هزینه سالانه اجزا محاسبه خواهد شد.

---

[1] 1- Capital recovery factor

اگر عوامل هزینه‌بری مانند قیمت زمین که ارزش خود را از دست نمی‌دهد، وجود داشته باشد، از نرخ بهره بدون تورم یا «نرخ بهره حقیقی» استفاده می‌شود.

هزینه‌های انرژی باید با توجه به نرخ تورم تعدیل شوند. این نرخ با استفاده از ضریب معادل افزایش هزینه سالانه انرژی[1] (EAE) و با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول در طول عمر طرح محاسبه می‌شود (کلر و بلینزر، ۱۹۹۰).

$$EAE=\{i/[(۱+i)^{n}-۱]\}\times\{(۱+e)^{n}-(۱+i)^{n}]/[(۱+e)-(۱+i)]\} \qquad (۲-۲)$$

که i= نرخ بهره سالانه

n= عمر اقتصادی تجهیزات

e= نرخ معادل سالانه تورم قیمت انرژی

هزینه معادل انرژی سالیانه از حاصل ضرب EAE در هزینه فعلی انرژی بدست می‌آید. متوسط هزینه‌های نگهداری سالانه اجزاء سیستم در طول عمر مفید آنها، باید محاسبه و در تحلیل‌ها دخالت داده شود. در جدول ۲-۴ به عنوان نمونه برخی از هزینه‌های نگهداری به صورت درصدی از هزینه‌های سرمایه اصلی برای اجزاء سیستم‌های بزرگ ارائه شده‌اند. از این مقادیر می‌توان در صورت عدم دسترسی به هزینه‌های محلی استفاده نمود.

هزینه کارگری برای بهره‌برداری از هر نوع سیستم نیز باید محاسبه شود. در جدول ۲-۵ به عنوان نمونه، نیازهای کارگری برای روش‌های مختلف آبیاری ارائه شده است. این مقادیر بر حسب نفر- ساعت بر هکتار در هر آبیاری برای هزینه‌های هر فصل زراعی بیان شده‌اند. از آنجا که در ابتدای فصل، هزینه‌هائی برای راه اندازی سیستم و در انتهای فصل هزینه‌هائی برای جمع‌آوری آن صرف می‌شود، هزینه‌ای برای ابتدا و انتهای فصل نیز نشان داده شده است. هزینه‌های بهره‌برداری برخی سیستم‌ها به سادگی بر اساس هر نوبت آبیاری قابل محاسبه نیست. برای تشریح موارد استثناء به پاورقی جدول مراجعه شود. هزینه کارگری نشان داده شده تنها برای بهره‌برداری بوده و نگهداری سیستم را شامل نمی‌شود. نیازهای کارگری برای عملیات نگهداری در هزینه‌های نگهداری منظور شده‌اند. در بسیاری از روش‌ها،

---

[1] Equivalent annualized cost factor of escalating energy

نیازهای کارگری با توجه به شرایط محلی تغییر می‌کند. باید از تجربه محلی برای تصحیح مقادیر جدول ۲-۵ استفاده کرد.

هزینه‌های کارگری با توجه به نرخ محلی دستمزدها و بر حسب نفر- ساعت محاسبه می‌شود. برای مقایسه سیستم‌هایی که با هزینه‌های کارگری متفاوت روبرو هستند، باید تورم مورد انتظار نیز در هزینه کارگری در نظر گرفته شود. معادل هزینه کارگری سالیانه در طول عمر مفید پروژه را می‌توان با استفاده از EAE و با احتساب نرخ تورم مورد انتظار کارگری، به جای نرخ تورم انرژی، محاسبه نمود. این عامل را می‌توان هزینه کارگری معادل سالانه (EAL) خواند. باید توجه داشت که برای اجتناب از خطا در اثر تغییرات کوتاه مدت، ضروری است از نرخ بهره بلند مدت استفاده شود.

دیگر هزینه‌های سالانه آبیاری شامل مالیات بر تجهیزات آبیاری (در صورت وجود) و هزینه آب است. اگر این هزینه‌ها نیز تحت تأثیر تورم باشند، تنها در صورتی که احتمال تفاوت آن در روش‌های مختلف آبیاری وجود داشته باشد، باید آنها را همانگونه که در بالا بحث شد جهت مقایسه اثرات تورم، تعدیل نمود.

درآمد پروژه برای محصولات زیر کشت نیز باید محاسبه شود. اگر سیستم‌هایی که مقایسه می‌شوند دارای اختلاف فاحشی از نظر یکنواختی کاربرد باشند، در صورت وجود پارامترهای تولید محصول، باید اثر اختلاف یکنواختی بر عملکرد، برآورد شود. در چنین شرایطی، اطلاع از درآمد ناخالص و هزینه‌های تولید برای هر محصول مورد نیاز است. اگر تفاوت یکنواختی فاحش نباشد، تنها داشتن درآمد خالص محصولات کفایت می‌نماید.

درآمد خالص با کسر هزینه‌های متوسط سالانه از درآمد متوسط سالانه بدست می‌آید. اگر هدف اقتصادی بیشینه‌سازی درآمد خالص باشد، سیستمی که با بیشترین درآمد خالص همراه است، به بهترین نحو، هدف مورد نظر را تأمین می‌کند.

نسبت سود به هزینه (B/C) با تقسیم سود سالانه بر هزینه‌های سالانه محاسبه می‌شود. اگر هدف اقتصادی مورد نظر، بیشینه‌سازی درآمد سرمایه‌گذاری باشد، سیستمی که دارای بالاترین نسبت B/C باشد، به بهترین نحو ممکن هدف مورد نظر را تأمین می‌کند. در مواردی امکان دارد که یک سیستم بیشترین درآمد خالص (B-C) را حاصل کند، اما سیستم دیگری دارای بالاترین نسبت B/C باشد.

جدول ۲-۴. عمر اقتصادی و هزینه‌های نگهداری نمونه اجزای سیستم‌های آبیاری

تجهیزات سیستم	عمر اقتصادی (سال)	نگهداری (درصد هزینه)
آبیاری سطحی		
لوله دفن شده	۳۰	۱
لوله دریچه دار، آلومینیوم	۲۰-۱۰	۳
لوله دریچه دار، PVC	۱۰-۵	۵
آبیاری بارانی		
لاترال		
– جابجایی دستی	۱۵	۲
– کشش انتهایی	۱۰	۳
– آبفشان چرخدار	۱۵	۲
	۱۵	۴
ترایماتیک	۵/۲۰	۳
بارانی قرقره‌ای	۱۰	۶
دوار مرکزی		
– استاندارد	۱۵	۵
– با سیستم گوشه‌پاش	۱۵	۶
بارانی خطی	۱۵	۶
بارانی ثابت		
– قابل حمل	۱۵	۲
– دائم	۲۰	۱
آبیاری موضعی/ قطره‌ای		
باغ		
خرد یا مه پاش	۱۵/۲۵	۵
محصولات ردیفی		
نوار یا قطره چکان‌های چند بار مصرف	۶/۱۵	۶
نوار یکبار مصرف	۱/(۳-۱۵)	۱۰
تجهیزات دیگر		
خط اصلی PVC دفن شده	۴۰-۲۰	۱
خط اصلی فولادی	۲۰-۱۰	۱
خط اصلی آلومینیومی	۲۰-۱۰	۲
پمپ‌های الکتریکی	۱۵	۳
پمپ‌های دیزلی/ گازی	۱۰	۶
چاه‌ها	۲۵	۱

تذکرات: در مواردی که برای برخی تجهیزات دو عدد به عنوان عمر اقتصادی ارائه شده است، عدد نخست مربوط بـه کاربرد آنها بر روی خاک و عدد دوم مربوط به کاربرد آنها در زیر خاک می‌شود. این اعداد تقریبی می‌باشند. در صورت امکان باید در استفاده از این اعداد تجربیات محلی و شرایط عملیات محلی را نیز در نظر گرفت.

جدول ۲-۵. متوسط نیاز کارگری سیستم‌های آبیاری بارانی و موضعی/ قطره‌ای

نوع سیستم	پیش و پس از فصل زراعی[۱] نفر- ساعت در هکتار	برای هر آبیاری نفر- ساعت در هکتار
آبیاری بارانی		
دوار مرکزی	۰/۱۲	۰/۰۵[۲]
بارانی خطی		
- آبگیری از کانال	۰/۱۲	۰/۱۰
- آبگیری از شلنگ	۰/۱۵	۰/۱۵
- آبگیری از لوله	۰/۱۲	۰/۰۷
با حرکت جانبی	۰/۴۹	۰/۶۲
آبفشان چرخدار	۰/۲۵	۰/۸۶
بارانی قرقره‌ای	۰/۲۵	۰/۶۲
جابجایی دستی	۰/۲۵	۱/۷۳
ثابت		
- قابل حمل	۲/۴۷[۳]	۰/۱۵
- دائم	۰/۲۵	۰/۱۵
آبیاری موضعی/ قطره‌ای		
باغ		
- قطره‌ای	۰/۲۵	۰/۰۵[۴]
- میکرو آبفشان	۰/۲۵	۰/۰۵
محصولات ردیفی		
- دائمی	۰/۲۵	۰/۰۵[۴]
- یکبار مصرف	۲/۰۰[۵]	۰/۰۵[۴]

۱- مقادیر ارائه شده برای هر بهره‌برداری پیش یا پس از فصل زراعی می‌باشد.

۲- با فرض کاربرد خالص یک اینچ آب یا بیشتر.

۳- برای هر جابجایی میان فصلی ۲/۴۷ ساعت افزوده شود.

۴- با یک ساعت در روز برای هر ۶۰ هکتار و فاصله آبیاری دو روزه محاسبه شده است.

۵- با فرض استقرار لوله توسط ماشین هنگام کشت.

انتخاب نهایی

برای انتخاب نهایی نیاز به شناسایی سیستم(هایی) است که به بهترین نحو ممکن، اهداف توسعه را تأمین نماید. از آنجا که در انتخاب اولیه، سیستم‌هایی که اهداف غیر اقتصادی را تأمین نمی‌کنند حذف می‌شوند، انتخاب نهایی معمولاً به انتخاب سیستمی که دارای بیشترین درآمد خالص (B-C) یا بهترین بازده سرمایه‌گذاری (B/C) با توجه به هدف مورد نظر باشد محدود می‌شود.

طراح در برخی موارد با انتخابی کاملاً مشخص مواجه خواهد بود. ولی در بسیاری از موارد چند سیستم به صورت مساوی اهداف طرح را تأمین کرده و موجب تردید در تحلیل می‌شوند. در چنین شرایطی، ارزیابی اجزاء طرح ضروری است. ارزیابی خطرات احتمالی به هنگام بهره‌برداری از روش‌های مختلف، اطلاعات بیشتری را برای انجام انتخاب نهایی، ارائه خواهد کرد.

در تمامی موارد، طراح نباید به تنهایی انتخاب نهایی را انجام دهد بلکه باید داده‌های قابل مقایسه را به مالک و یا کارفرما نیز ارائه دهد و مشترکاً در مورد انتخاب نهایی تصمیم‌گیری نمایند.

پس از انتخاب نهایی، نیز ممکن است لازم باشد تا تغییراتی در طرح داده شود تا آن را بطور فزاینده‌ای بهبود بخشد. به عنوان مثال، استفاده از دو ایستگاه پمپاژ و احداث دو خط لوله اصلی ممکن است موجب کاهش هزینه‌های انرژی شود، اما موجب افزایش هزینه سرمایه‌ای خواهد شد. افزودن سیستم‌های گوشه‌پاش[1] به سیستم بارانی دوار مرکزی یا بررسی ابزارهای جایگزین برای آبیاری گوشه‌ها، گزینه‌های منطقی برای مطالعه هستند. با استفاده از این روش، می‌توان فرآیند طراحی و انتخاب را دنبال کرد و سیستمی را که به بهترین نحو ممکن اهداف توسعه را تأمین می‌کند انتخاب نمود.

---

[1] Corner system

فصل سوم

آبیاری سطحی

تعریف

آبیاری سطحی به گروه گسترده‌ای از روش‌های آبیاری اطلاق می‌شود که در آنها آب بوسیله نیروی ثقل در سطح مزرعه پخش می‌شود. آب عموماً در یک نقطه مرتفع یا در امتداد یک ضلع زمین رها شده و سطح مزرعه را تحت جریان سطحی می‌پوشاند. بازده و یکنواختی آبیاری به یکنواختی خاک، کیفیت ترازبندی زمین، توپوگرافی زمین و کنترل رابطه میان جریان، سرعت نفوذ آب به خاک و زمان آبیاری بستگی دارد.

استفاده از خاک به عنوان محیط انتقال (در مقابل انتقال آب از طریق خطوط لوله یا از میان هوا توسط آب‌پاش‌ها)، شکل شناخته شده‌ای از روش‌های آبیاری سطحی است. همچنین این خاک است که عمق نفوذ را در زمان نفوذ کنترل می‌کند (در مقابل میزان جریان که توسط آب‌پاش‌ها یا قطره‌چکان‌ها کنترل می‌شود). علاوه بر این، در اراضی تحت آبیاری سطحی به سبب تغییر مشخصه‌های نفوذ و پیشروی آب نسبت به زمان، تعیین و پیش‌بینی بسیاری از توصیه‌هایی که از نظر مدیریتی ضرورت دارد ممکن نیست. در روش‌های آبیاری سطحی کنترل آبیاری باید از طریق مدیریت اراضی انجام شود، در حالیکه در سیستم‌های مکانیکی، طراحی و تجهیزات، جایگزین بخش عمده‌ای از مدیریت‌های لازم شده‌اند.

روش‌های آبیاری سطحی به دو دسته اساسی تقسیم می‌شوند: غرقابی[1] و جریانی.[2] روش‌های جریانی برای تضمین نفوذ کافی آب در پایین دست مزرعه باید مقداری رواناب داشته باشند. معمولاً برای جلوگیری از خروج آب از مزرعه، نیاز به سیستم برگشت رواناب به چرخهٔ آبیاری[3] وجود دارد. این سیستم در صورت طراحی

---

[1] Ponded water

[2] Moving water

[3] Irrigation return flow system

مناسب، امکانات ارزشمندی را برای کاهش نیروی کارگری و یکنواختی بهتر پخش آب، فراهم می‌آورند. در جدول ۳-۱ فهرستی از روش‌های آبیاری تشریح شده در این فصل ارائه می‌شود.

جدول ۳-۱. روش‌های آبیاری سطحی و گونه‌های مختلف آنها.

روش	انواع
کرتی[1]	کرتی مسطح کرتی بسترسازی شده یا با جوی و پشته کرتی همراه با آبیاری و تخلیه متناوب کرت
نواری[2]	نوارهای شیب‌دار با رواناب نوارهای کم شیب ته بسته نوارهای موازی خطوط تراز نهرچه‌های تراز (غرقابی وحشی) هدایت شده
جریان دائمی و غرقابی	
شیاری (فارو)[3]	شیارهای شیب‌دار سنتی شیارهای شیب‌دار جدید (مکانیزه) شیارهای مسطح و کم شیب شیارهای موازی خطوط تراز
شیارهای کوچک[4]	

---

[1] Basin

[2] Border

[3] Furrow

[4] Corrugations

انواع روش‌های آبیاری سطحی

آبیاری کرتی[1]

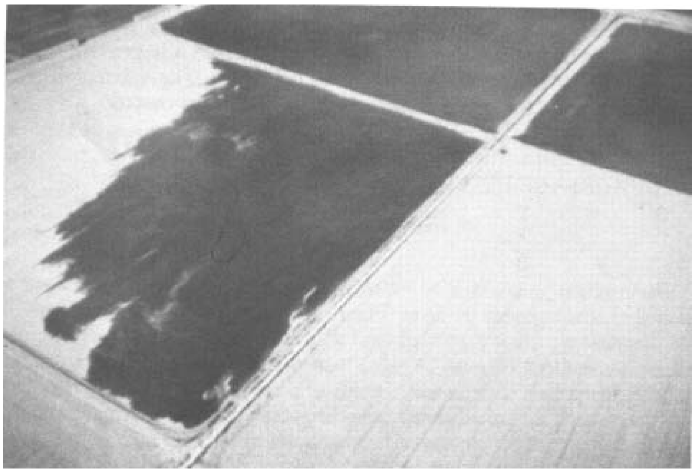
آبیاری کرتی یکی از روش‌های آبیاری غرقابی است که برای آبیاری اراضی مسطح مرزبندی شده، استفاده می‌شود (شکل ۳-۱). در این روش سطح خاک به صورت غرقابی باقی نمی‌ماند. از آنجا که خاک تا زمانی که آب نفوذ می‌کند، غرقاب باقی می‌ماند، در این روش رواناب وجود ندارد. در مناطق بارانی باید ملاحظاتی برای تخلیه آب مازاد نفوذی انجام گیرد. آبیاری کرتی تحت عناوین گوناگونی مانند آبیاری غرقابی کنترل شده[2]، نوارهای مسطح[3]، آبیاری کنترل شده[4]، آبیاری کرتی کنترل شده[5]، آبیاری کرتی مسطح ته بسته[6] و آبیاری کرتی مسطح[7]، بیان می‌شود. از این شیوه آبیاری می‌توان برای محصولات ردیفی و غیر ردیفی، با مرزهای داخلی یا بدون آن، و یا در بسترهای پهن هموار استفاده نمود. این شیوه همچنین در باغات و تاکستان‌ها نیز بکاربرده می‌شود. از آنجا که یکنواختی نفوذ نسبت به تغییرات نفوذپذیری بسیار حساس است سرعت نفوذ باید در هر کرت ثابت باشد. نیازی نیست که کرت‌ها حتماً مستطیلی یا دارای مرزهای مستقیم باشند. پشته‌ها نیز لزوماً نباید دائمی باشند. تحت یک مدیریت خوب، حجم معینی از آب به سرعت در کرت تخلیه خواهد شد.

گونه‌های مختلف آبیاری کرتی شامل کرت‌های مسطح و پشته‌دار (مرزبندی شده، شیاری شده و یا جوی و پشته‌ای) هستند. گیاهانی که کاشت آنها در کرت‌های مسطح موفقیت‌آمیز بوده تقریباً نامحدودند و کشت آنها تنها به خاک مزرعه بستگی دارد. برای محصولات ردیفی (جائیکه ممانعت از غرقاب شدن ضروری باشد و یا هنگامی

---

[1] Basin
[2] Check flooding
[3] Level borders
[4] Check irrigation
[5] Check-basin irrigation
[6] Dead-level irrigation
[7] Level-basin irrigation

که کاربرد کم آب به سبب پهنای پشته‌ها بحرانی و مشکل باشد) معمولاً از کرت‌های پشته‌دار استفاده می‌شود. در این روش معمولاً از مرزهای باریک تا پشته‌های عریض برای کاشت سبزیجات، هندوانه، پنبه، ذرت، سیب زمینی، چغندر قند و بسیاری دیگر از محصولات ردیفی استفاده می‌کنند.



شکل ۳-۱. آبیاری کرتی در مقیاس بزرگ که محل ورود آب در گوشه طراحی شده است.

کرت‌های مسطح برای محصولات ردیفی و غیر ردیفی که برای مدت زمانی کوتاه به شرایط غرقابی حساس نیستند، بسیار مناسب هستند. محصولات غیر ردیفی، مانند یونجه، گندم، سورگوم، جو، پنبه و ... معمولاً بدین شیوه آبیاری می‌شوند. کاشت گیاه در کرت‌های مسطح به رفع مشکلات شوری کمک کرده و استفاده از آبیاری سنگین را آسان می‌سازد. محصولات باغی و تاکستان‌ها را می‌توان در کرت‌های مسطح و یا روی پشته‌ها یا نقاط بلند مزرعه کشت نمود.

کرت‌های جوی و پشته‌دار به ویژه برای محصولات ردیفی که به کنترل رطوبت در پشته‌ها احتیاج دارند، مناسبند. برای مثال، پشته‌های مسطح موجب سهولت یکنواختی توزیع رطوبت و جوانه زدن می‌شوند. در حالی که این امر در جوی و پشته دشوار بنظر می‌رسد، اما دستیابی به آن در کرت‌های کوچک نسبتاً آسان است. با وجود این،

اگر کرت‌ها خیلی بزرگ باشند، دبی زیاد، لبه‌های جوی را در بالادست و در زمان پیشروی غرقاب ساخته و موجب نابودی گیاه یا تخریب بستر بذر خواهد شد.

خسارات ناشی از غرقابی شدن زمین را می‌توان با استفاده از تسطیح دقیق کرت‌ها کاهش داد. آب باران و مازاد آب آبیاری به جای آنکه در گودال‌های پست یا در پایین دست زمین (که معمولاً در آنجا به گیاه خسارت وارد می‌شود)، تجمع پیدا کند، به صورت یکنواخت در تمام منطقه توزیع خواهد شد. به هر حال، از آنجا که در این روش آبیاری، رواناب سطحی وجود ندارد، مصرف آب اضافی در اثر آبیاری یا بارندگی اضافی موجب وارد آمدن خساراتی به محصول خواهد شد. در نواحی که دارای بارندگی‌های بسیار شدید بوده و خاک‌هایی با درجه نفوذپذیری پایین دارند، استفاده از شبکه زهکشی سطحی ضروری است.

کرت‌ها نسبت به سایر روش‌های آبیاری کنترل شده دستی، به دلیل سهولت اجرا، سادگی تجهیزات و نیروی کم کارگری مورد نیاز و همچنین امکان استفاده از دبی‌های ثابت زیاد، از مزایایی برخوردارند. این روش در خاک‌های یکنواخت با تسطیح دقیق زمین و با نهرهای بزرگ متناسب با سطح کرت، بهترین بازده را خواهد داشت. هیچ یک از این موارد، از جمله احتیاجات مطلق این روش نیستند، اما موجب بهبود بازده کرت‌ها خواهند شد.

آبیار یا سرپرست آبیاری برای محاسبه دقیق جدول زمانی آبیاری به دانستن دبی ورودی، مساحت کرت، بازده مطلوب و یکنواختی ممکن نیاز دارد؛ یک اشتباه ۶ دقیقه‌ای در یک دوره زمانی ۶۰ دقیقه‌ای معادل ٪۱۰ خطا خواهد بود. یکنواختی به اندازه نهر، نسبت پیشروی، نامنظمی سطح خاک و سرعت نفوذ بستگی دارد. نسبت پیشروی به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۳-۱) AR[1] = مدت زمان پیشروی آب / مدت زمان آبیاری

---

[1] 1- Advance ratio

به فرصت زمانی مطلوب برای نفوذ کمبود رطوبت خاک[1] (SMD)، «زمان آبیاری» گفته می‌شود. در عمل، این زمان برابر، کوچک‌ترین زمان فرصت نفوذ در کرت یا شیار است. «فرصت نفوذ» مدت زمانی است که آب با سطح خاک در مزرعه در تماس است.

در مواردی که از نهرهای بزرگ به صورت نوبتی استفاده می‌شود، نیاز به کارگر آبیاری کم است. به هر حال، باید بتوان از این کارگر در منطقه یا کارهای دیگر استفاده نمود. کار جسمی آبیار در این روش آبیاری تنها به باز کردن یک دریچه یا یک دهانه بدون تنظیم دبی کل، محدود می‌شود. برای سیستمی که خوب طراحی شده باشد، یک آبیار کم تجربه یا با اطلاعات نه چندان زیاد کافی است اما سرپرست آبیاری باید دقیقاً روابط بین دبی جریان، مدت آبیاری و کمبود رطوبت خاک (SMD) را درک نماید.

در سیستم‌های کرتی مسطح، به ویژه برای محصولات ردیفی روی پشته، شیارها می‌توانند از هر دو انتها باز بوده و به نهرهای ثانویه متصل شوند. جریان آب شیارهای با سرعت پیشروی بالاتر، در نهر ثانویه انتهای کرت جمع‌آوری شده و سپس به درون شیارهایی که پیشروی در آن کندتر است، باز می‌گردد. این کار، غیر یکنواختی زمان غرقابی را کاهش می‌دهد. آب را می‌توان از هر دو سوی یک کرت مسطح تأمین نمود.

آب را می‌توان از یک نقطه گوشه به کرت‌های متعدد نیز توزیع نمود. این امر منجر به اداره آسان‌تر شبکه شده و موجب تسهیل توزیع آب در هر دو جهت می‌شود. همچنین این کار ممکن است به کاهش طول نهر مورد نیاز مزرعه بیانجامد. در زمین‌های مسطح، کرت‌ها معمولاً با آرایش منظم شبکه، با توجه به مرزهای مالکیت و تغییرات بافت خاک تنظیم می‌شوند. در زمین‌های شیب‌دار، طول کرت‌ها معمولاً در امتداد خطوط تراز قرار می‌گیرد و جریان آب به سمت پایین شیب تنظیم می‌شود. اگر کانال انتقال آب پایین‌تر از سطح زمین باشد، با استفاده از بند، سطح آب را برای

---

[1] Soil moisture deficit (SMD)

توزیع آب کنترل می‌کنند. از این کانال می‌توان، هم برای آبیاری کرت و هم بعنوان کانال زهکش سطحی استفاده نمود.

هنگامی که از شیار و پشته در یک کرت استفاده می‌شود، آب تحت تأثیر نیروی ثقل از نهرهای ثانویه بالاسر به درون شیارهای مجزا توزیع می‌شود. در این حالت احتیاجی به جداسازی جریان ورودی به کرت وجود نداشته و می‌توان آب آبیاری را از یک ورودی واحد به درون زمین هدایت نمود. در صورت انجام صحیح امور زراعی، به دخالت آبیار نیز احتیاجی نخواهد بود.

در صورت زیاد بودن جریان ورودی، انجام برخی اقدامات برای کنترل فرسایش در ورودی کرت ضروری است. به هر حال، سازه‌های استاندارد کنترل فرسایش نیز وجود دارند. در مواردی که کانال انتقال پایین تر از سطح تراز زمین باشد، هیچگونه فرسایشی روی نخواهد داد زیرا برای آبیاری، سطح آب در کانال تا جایی که آب به درون شیارها یا کرت‌ها جاری شود، بالا آورده می‌شود.

به منظور نیل به یکنواختی بالا، آب را می‌توان به سرعت در سطح کرت جاری نمود. اگر زمان لازم برای پوشش کرت توسط آب در مقایسه با زمان غرقابی کوتاه باشد (نسبت پیشروی کم ۱:۴ تا ۱:۲)، کرت باید از یکنواختی نفوذ مطلوبی متناسب با دقت شیب‌بندی زمین و یکنواختی خاک برخوردار باشد. افزایش شیب در کرت، موجب تجمع آب در مناطق پست‌تر کرت برای مدت زمانی طولانی‌تر خواهد شد. تسطیح ناکافی یا صاف نکردن برخی شیب‌ها، ممکن است هزینه‌های اولیه را کاهش دهد، اما بطور کلی، موجب کاهش یکنواختی کاربرد آب می‌شود. نوسانات کوچک سطح خاک در حدود یک سانتیمتر، حتی در صورت تسطیح لیزری، می‌توانند موجب بروز عمق نفوذ غیر یکنواخت با توجه به مقدار غرقاب شود.

در یک کرت مسطح می‌توان عملیات کشاورزی را در هر جهت انجام داد. از آنجا که هر نهر آبیاری قادر به آبیاری کرت‌ها از دو طرف است، طول نهر کاهش می‌یابد. در هنگامی که از خطوط لوله زیرزمینی برای آبرسانی استفاده شود، طول کرت مانع عملیات کشاورزی نخواهد شد.

احداث کرت‌های بزرگ با مقادیر خاکبرداری و خاکریزی زیاد معمولاً غیر ضروری و بندرت اقتصادی است. کرت‌های باریک را می‌توان حتی در زمین‌های نسبتاً شیب‌دار بر روی خطوط تراز احداث کرد. در این صورت، هزینه‌ها بیشتر شده و سطح غیر قابل کشت نیز به سبب ایجاد تراس‌های بزرگ، افزایش خواهد یافت. میزان تسطیح به اندازه کرت و توپوگرافی منطقه بستگی دارد. معمولاً، هرچه کرت کوچکتر باشد، عملیات تسطیح نیز کمتر خواهد بود؛ اما در این گونه کرت‌ها استفاده از ابزار کنترل لیزری تسطیح بسیار دشوار است.

اندازه کرت‌ها از چند متر مربع (شکل ٣-٢) تا ١٠-١٥ هکتار متغیر است. اندازه و طول کرت معمولاً تحت تأثیر توپوگرافی منطقه، تغییرات بافت خاک، نفوذپذیری، عمق خاک سطح‌الارض (هنگامی که تسطیح زیادی صورت می‌گیرد)، اندازه نهر موجود، شیب و ماشین‌آلات و ادوات موجود کشاورز محدود می‌شود. از دیدگاه طراحی، یکنواختی خاک، سرعت نفوذ، اندازه نهر موجود و نیز فرسایش‌پذیری خاک، طول کرت را محدود می‌سازد. در کرت‌های بزرگ باید انحنای زمین را نیز در تسطیح مدنظر قرار داد، چراکه یک سطح افقی از انحنای زمین تبعیت نمی‌کند.

شکل ٣-٢. آبیاری کرتی دست ساز همراه با جوی و پشته در مقیاس کوچک

به طور کلی روش‌های کرتی برای عمق کمینه آب طراحی می‌شوند. با بزرگ شدن نسبت پیشروی آب، استفاده از حجم کم آب ناکارآمد خواهد بود. در برخی موارد، در صورت استفاده از حجم کم آب، تمامی کرت از آب پوشیده نخواهد شد. عمق‌های آبیاری معمول برای محصولات زراعی ۷۰-۱۰۰ میلیمتر است. برای حفظ نسبت پیشروی مطلوب با مصرف آب کمتر می‌توان از کرت‌های کوتاه‌تر استفاده نمود. با مصرف بیشتر آب، توزیع یکنواخت آب بهتر انجام خواهد گرفت، اما این امر ممکن است موجب نفوذ عمقی بیش از حد یا زمان غرقابی طولانی‌تر گردد. دستیابی به عمق‌های آبیاری کوچکتر ۳۰-۵۰ میلیمتر در برخی خاک‌ها، در کرت‌های پشته‌دار با جویچه‌های باریک و پشته‌های پهن با استفاده از فنون «غرقابی» که در بخش روش غرقابی توضیح داده خواهد شد ممکن می‌گردد.

ابعاد کرت باید با توجه به سرعت نفوذ و دبی ورودی موجود طراحی شود. الگوی کشت، عمق کاربرد آب، یکنواختی مطلوب، دبی ورودی و سایر موارد عملی نیز می‌توانند موجب محدودیت اندازه و طول کرت شوند. در خاک‌هایی با بافت درشت و قدرت نفوذپذیری بالا، طول کرت نباید از ۱۰۰ متر تجاوز کند. برای خاک‌هایی با بافت متوسط تا ریز معمولاً از طول ۴۰۰ متر استفاده می‌کنند. برای خاک‌هایی با نفوذپذیری نهایی بسیار کم به زهکشی سطحی برای کنترل آب مازاد احتیاج است. روش غرقابی برای این گونه خاک‌ها مناسب‌تر است. کرت‌های کوتاه، رسیدن به نسبت‌های پیشروی کوچک (بین ۰/۲۵ تا ۰/۳۵) را ممکن می‌سازند. این نسبت‌ها موجب یکنواختی مناسب‌تر توزیع می‌شوند.

دبی ورودی موجود، عرض لازم کرت را برای تأمین دبی ورودی واحد قابل قبول، تعیین می‌کند. به سبب وابستگی نسبت پیشروی و یکنواختی به طول کرت، دبی ورودی واحد بر آنها نیز اثر می گذارد.

آبیاری نواری[1]

آبیاری نواری (روی خطوط تراز، شیب‌دار و هدایت شده) نوار شیب‌داری از زمین را شامل می‌شود که ضرورتاً در جهت عرض نوار مسطح بوده و برای جلوگیری از پخش و فرار جانبی آب بوسیله مرزهایی (خاکریز، خاک پشته، پشته و ...) محدود شده است (شکل ۳-۳). مرزها معمولاً برای تسهیل عملیات شخم‌زنی، به صورت موازی احداث می‌شوند، اما این مورد برای آبیاری، به ویژه برای نوارهای روی خطوط تراز الزامی نیست. دبی نسبتاً بزرگی از بالا دست نوار وارد شده، در عرض نوار پهن شده و به سمت پایین نوار پیش می‌رود. پس از آنکه بین تمامی عوامل مربوط (دبی واحد ورودی، کمبود رطوبت خاک، سرعت نفوذ، زمان پسروی و طول نوار)، ارتباط مناسبی برقرار شد، اگر هدف حذف رواناب باشد، جریان آب در خاک‌های با نفوذپذیری کم هنگامی که جبهه پیشروی آب حدوداً ۰/۶ طول کرت را طی کرده باشد، در خاک‌هایی با نفوذپذیری زیاد پس از طی ۰/۹ طول نوار قطع می‌شود. انتهای پایینی نوار با رواناب موقتی ذخیره شده در بالا دست آبیاری می‌شود. می‌توان مقدار ناچیزی رواناب (حدود ٪۱۰) داشت و دو انتهای بالایی و پایینی غالباً نسبت به بخش میانی کمتر آبیاری می‌شوند. برای رسیدن به این حد، لازم است که ترکیب ویژه‌ای از تخلیه رطوبت خاک و دبی جریان بوجود آید.

روش آبیاری نواری دارای انواع بسیاری است که مختصراً در زیر ارائه می‌شوند:

نوارهای روی خطوط تراز[2]. در این روش، نوارها با شیب طولی کم، موازی با خطوط تراز طراحی می‌شوند. این نوارها معمولاً برای کاهش عملیات تسطیح و ایجاد پشته‌های کوچک و باریک احداث می‌شوند. این نوارها، بطور معمول مستقیم نیستند، بلکه خط تراز را دنبال می‌کنند.

نوارهای شیب‌دار[3]. در این روش، نوارها با شیب یکنواخت در جهت طولی و معمولاً با شیب صفر در جهت عرضی (عمود بر جهت جریان) تسطیح می‌شوند. عملیات احداث

---

[1] Border strip

[2] Contour border strips

[3] Graded border strips

نوارهای شیب‌دار نسبت به سایر انواع آبیاری نواری به جابجایی مقادیر بیشتری خاک نیاز دارد. تغییرات کوچک در شیب طولی و جانبی قابل چشم پوشی است. این روش معمول‌ترین شکل آبیاری نواری «جدید» است زیرا که امکان تسطیح زمین در آن با استفاده از تجهیزات لیزری امکان‌پذیر است.

نوارهای هدایت شده[1]. در این روش، حجم عملیات تسطیح کمتر بوده و در خاک‌های کم عمق و توپوگرافی غیریکنواخت بکاربرده می‌شود. نوارها تقریباً به صورت مستقیم و در جهت شیب، با تبعیت از توپوگرافی زمین، با عملیات خاکبرداری و خاکریزی کم و معمولاً عرض باریک برای کاهش یا حذف شیب عرضی طراحی می‌شوند. ابعاد نوار غالباً چنان اصلاح می‌شوند که با توجه به منحنی پسروی آب، حرکت آب در آن بیشتر شبیه آبیاری شیاری باشد تا نواری.

شکل ۳-۳. آبیاری نواری همراه با مرزهای مرتفع. (دیواره‌های کوتاه افقی از حرکت آب به شکل غیر دلخواه جلوگیری می‌کنند).

---

[1] Guided border strips

در تمامی انواع آبیاری نواری، سطح زمین غرقاب می‌شود. این مسأله در برخی خاک‌ها به تولید قشر سخت می‌انجامد. چنین لایه سختی مانع جوانه‌زنی دانه‌ها خواهد شد. برای برخی از گیاهان، خیس شدن گیاه با توجه به قارچ‌ها و بیماری‌هایی که در این زیست محیط مرطوب رشد می‌کنند مخرب است. این مسأله در خاک‌هایی با بافت ریزتر که رطوبت را برای دوره طولانی در خود نگاه می‌دارند، مشکلات بیشتری به همراه خواهد داشت.

تمامی گیاهانی را که عوامل زراعی بالا در آنها محدودیتی ایجاد نمی‌کند می‌توان به روش نواری آبیاری نمود. گیاهان زراعی ردیفی مثل غلات، علوفه، گیاهان مرتعی و گیاهانی که روی زمین صاف کاشته می‌شوند مثل باغ میوه و تاکستان که درون نوار یا وسط و یا در لبه آن کاشته می‌شوند را می‌توان بدین شیوه، به آسانی آبیاری نمود. غرقاب شدن مکرر پایین دست نوارهای با انتهای بسته برای محصولات مخرب است، به ویژه اگر شرایط غرقابی برای مدت زمانی بیش از چند ساعت ادامه یابد و خاک نیز ریز بافت باشد.

گیاهان یک ساله که ریشه آنها بتدریج رشد می‌کند و در نتیجه کمبود مجاز رطوبت آنها نیز متغیر است، را تنها در صورت تعدیل بازده کاربرد و یا استفاده از خطوط آبرسانی تکمیلی و اضافی می‌توان به روش نواری آبیاری کرد. علت این امر، تغییرات بسیار در کمبود رطوبت خاک و مدت آبیاری در دوره رویش گیاهان یکساله زراعی است.[1] آبیاری نواری برای گیاهان مرتعی، یونجه، باغات میوه، تاکستان‌ها و سایر گیاهانی که کمبود مجاز رطوبت[2] (MAD) ثابتی دارند، بسیار مناسب است.

---

[1] عمق ناخالص آبیاری به عوامل زیر بستگی دارد:

- عمق ریشه،
- کمبود مجاز رطوبت خاک،
- ظرفیت نگهداری آب در خاک،
- بازده کاربرد.

در گیاهان زراعی یکساله، عمق ریشه بتدریج افزایش می‌یابد. اگر همواره با مقدار معینی از کمبود مجاز رطوبت خاک (MAD) آبیاری صورت گیرد، با توجه به اینکه ظرفیت نگهداری آب در خاک برای هر خاکی ثابت است، با تغییر عمق ریشه، بازده کاربرد تغییر می‌یابد. برای تثبیت نسبی بازده کاربرد، یا باید عمق آبیاری را تغییر داد و یا اینکه در هر نوبت آبیاری، با مقدار متفاوتی از کمبود مجاز رطوبت خاک، به آبیاری پرداخت [م].

[2] Management allowable deficit

آبیاری نواری پیچیده‌ترین روش آبیاری سطحی است. با وجود آنکه این روش می‌تواند دارای بازده کاربرد بالایی باشد، ولی در عمل بازده کاربرد بالا به ندرت حاصل می‌شود. این امر به سبب عدم آگاهی کافی از نیاز واقعی کمبود مجاز رطوبت خاک (MAD)، (در مرحله طراحی)، در برابر کمبود رطوبت خاک (SMD) در زمان آبیاری، مشکلاتی در تنظیم دبی ورودی و قطع جریان در بهترین زمان است. رویش گیاه و سرعت نفوذ در طول فصل رویش تغییر می‌کند در حالی که سرعت نفوذ نهایی و منحنی پسروی تغییر نمی‌کند. طول، عرض نوار، مدت و دبی جریان عوامل مدیریتی قابل کنترل هستند. یکنواختی توزیع[1] (DU) معمولاً در صورت موازی بودن منحنی پیشروی دبی ورودی با منحنی پسروی مخصوص هر نوار، دست یافتنی است. از آنجا که سرعت نفوذ در طول فصل آبیاری تغییر می‌کند، در هر نوبت آبیاری مدت زمان لازم تفاوت خواهد داشت.

دبی ورودی زیاد، امکان پوشش وسیع بسیاری از نوارها را در یک زمان فراهم می‌کند و موجب افزایش بازده نیروی کارگری می‌گردد. دبی بالا به سیستم توزیع بزرگتر و با هزینه سرمایه‌ای بیشتر احتیاج دارد. نیروی کارگری مورد نیاز برای روش آبیاری نواری معمولی با جریان کم که در آنها از سیفون استفاه می‌شود، قابل توجه است. استفاده از دریچه در نهرها، شدیداً حجم کار تنظیم آب را کاهش می‌دهد اما آبیار همچنان باید برای هر بار تنظیم یکبار وارد مزرعه شود. اگر دبی نهر زیاد باشد و براساس طراحی از سیستم‌های مناسب کافی کنترل آب به تنظیمات استفاده شده باشد، به نیروی کارگری بسیار کمی نیاز خواهد بود. استفاده از خطوط لوله نیز ممکن است مطلوب و اقتصادی باشد. در این حالت کنترل آبیاری ۲۵۰ تا ۴۰۰ هکتار توسط یک کارگر با باز و بسته کردن تعداد معدودی دریچه یا شیر فلکه امکان‌پذیر است. اگر از مخزن تنظیمی یا استخر ذخیره آب نیز استفاده شود، زمان و مدت آبیاری در اختیار آبیار بوده و امکان بهره‌گیری از دبی‌های بزرگ نیز وجود خواهد داشت. در صورت وجود دبی‌های بزرگ و قابل تنظیم، زمین‌های بسیاری را می‌توان به طور متوالی و همزمان آبیاری نمود.

1- Distribution uniformity

عملیات تسطیح زمین‌های با توپوگرافی نامنظم و خاک‌های کم عمق به خوبی صورت نمی‌گیرد. در چنین شرایطی استفاده از نوارهای هدایت شده در جهت شیب یا نوارهای موازی خطوط تراز (تراس‌ها) امکان‌پذیر است. در مواردی که نوار با شیب عرضی باشد (نوارهای موازی خطوط تراز) به ویژه در خاک‌هایی که در اثر خشکی سله می‌بندند یا خاک‌های شنی فرسایش‌پذیر، خطر شکسته شدن پشته‌ها وجود دارد. در روش‌های نواری در صورت عدم استفاده از پوشش گیاهی مناسب یا کوتاه نکردن طول نوارها در جهت شیب، خطر فرسایش در اثر آبیاری یا بارندگی وجود خواهد داشت.

در آبیاری نواری می‌توان برای کاهش یا حذف روان آب، شیب سطحی را در انتهای نوار کاهش داد یا حتی آن را تراز کرد، و یا می‌توان انتهای نوار را بست. به هر حال ممکن است هدر رفت رواناب به نفوذ عمقی تغییر شکل دهد. باید دقت نمود که آب برای مدت طولانی در نوار جمع نشود.

در تناوب کاشت گیاهان ردیفی و یونجه یا گیاهان علوفه‌ای، تنظیم شیب زمین در دو جهت با مقادیر مختلف، مطلوب است. گیاهان متراکم را می‌توان در جهت شیب تندتر آبیاری نمود و گیاهان ردیفی که به صورت جوی و پشته کشت می‌شوند را می‌توان در جهت شیب ملایم‌تر آبیاری کرد. چنین طرحی به توزیع آب در دو جهت مزرعه احتیاج دارد که این امر موجب افزایش هزینه می‌گردد.[1]

نیاز به عملیات تسطیح در آبیاری نواری از آبیاری کرتی کمتر بوده و به اندازه قطعه زراعی و طراحی بستگی دارد. طراحی شیب دو طرفه (طولی و عرضی)، همانند استفاده از نوارهای هدایت شده، حجم خاک جابجا شده را کاهش می‌دهد. ایجاد شیب‌های تقریباً هماهنگ با توپوگرافی زمین نسبت به ایجاد شیب‌های معین از پیش تعیین شده بسیار اقتصادی‌تر است. تفاوت ناچیزی بین توانایی‌های شیب‌های ٠/٠٠٢ و ٠/٠٠٣ وجود دارد. علاوه بر این در نوارها با سکوی باریک (تراس کم عرض)، حجم خاک جابجا شده نسبت به نوارهای پهن‌تر با پشته‌های بلندتر کمتر است.

---

[1] زیرا نمی‌توان از یک کانال به صورت دو طرفه، دو نوار مجاور را آبیاری کرد [م].

شیب‌های طولی یا عرضی متغیر، در صورت تغییرات ملایم (۰/۰۰۲ به ۰/۰۰۳)، موجب حفظ توازی منحنی‌های پیشروی و پسروی شده و هزینه‌های آماده‌سازی زمین را کاهش می‌دهند. در خاک‌های ناهمگن، در صورتی که عمق خاکبرداری در برخی مناطق زیاد باشد، برداشت و جایگزینی خاک سطحی به منظور دستیابی به شرایط سطحی یکنواخت‌تر، موجب افزایش بازده آبیاری خواهد شد. بدیهی است که باید توجه نمود که هزینه‌های لازم، به ویژه در صورت زیاد بودن حجم عملیات خاکی، احتمالاً اجرای این طرح را در مقابل سایر روش‌های آبیاری غیر اقتصادی می‌سازد.

مشکلات طراحی ابعاد نوارها به منظور همخوانی با محدودیت‌های سرعت نفوذ، دبی ورودی، کمبود مجاز رطوبت خاک (MAD)، تأخیر جریان و شیب در اراضی با مرزهای مشخص تشدید می‌شود. با تغییر مقادیر کمبود مجاز رطوبت خاک (MAD) یا پذیرش بازده کمتر می‌توان از تغییر زیاد طول نوار پرهیز کرد. از نوارهای کوتاه می‌توان برای آبیاری‌های سبک و از نوارهای بلند برای آبیاری‌های سنگین استفاده کرد اما از هر دو (آبیاری سبک و سنگین) نمی‌توان با بازده بالا در یک نوار واحد استفاده کرد. تأمین آب اضافی در وسط طول نوار به شکل مؤثری آن را کوتاه خواهد کرد. در صورت نیاز به نوارهای بسیار کوتاه، بهتر است که از آبیاری کرتی یا ردیفی استفاده شود. در غیر این صورت رواناب زیادی روی خواهد داد.

برای خاک‌های با سرعت نفوذپذیری بالا نمی‌توان از نوارهایی به طول بیش از ۱۰۰ متر استفاده کرد. در نفوذپذیری پایین لازم است طول نوار برای تأمین مدت آبیاری لازم جهت نفوذ کافی آب، ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر انتخاب شود. همچنین میزان دبی ورودی نیز باید تغییر کند. استفاده از ابعاد و دبی‌های غیر دلخواه عملی بوده اما موجب کاهش بازده می‌شود. تغییر شیب یا جهت آبیاری نیز امکان‌پذیر است. داشتن سرعت نفوذ یکنواخت و ظرفیت نگهداری آب یکسان در منطقه ریشه در واحدهایی که به مدیریت مشابه نیاز دارند، به ویژه در جهت شیب بسیار مطلوب است.

در خاک‌های سله بسته که ترک‌ها باید قبل از پیشروی جریان پر شوند، حداقل آب مورد نیاز، کمی بیش از حجم آب لازم جهت پر شدن ترک‌ها، برآورد می‌شود. تغییر مقادیر کمبود رطوبت خاک و اندازه ترک‌ها در زمان آبیاری اثرات مطلوبی در پی خواهد داشت. پس از پر شدن ترک‌ها سرعت نفوذ آشکارا کاهش خواهد یافت. در اینگونه اراضی آب حتی کمتر از نصف مقدار معمول، نفوذ کرده و طول نوار را می‌توان تا ۱۰۰۰ متر افزایش داد. در این حالت منحنی‌های پیشروی و پسروی لزوماً به موازات یکدیگر نخواهند بود.

پشته‌های مرزی را می‌توان به صورت فصلی یا دائمی احداث نمود. فا صله پشته‌ها و هزینه احداث به عملیات زراعی مانند فاصله گیاهان، عرض ماشین‌آلات و دبی ورودی بستگی دارد.

غرقابی دائم (کرت برنج)[1]

آبیاری به روش غرقابی دائم روشی است که طی آن آب به صورت دائم یا متناوب وارد زمین شده و خاک را بطور دائمی غرقاب می‌سازد. برای نگهداری آب در کرت‌هایی مسطح یا نسبتاً مسطح، مزرعه با پشته‌هایی تقسیم شده و معمولاً در شیب‌ها، زمین سکوبندی می‌شود. از روش آبیاری با جریان دائم معمولاً برای برنج که به شرایط اشباع و غرقابی نیاز داشته و یا می‌تواند خود را با آن وفق دهد استفاده می‌شود. گیاه معمولاً در سطوح صاف کشت می‌شود.

در بسیاری از مناطق، در سیستم‌های جریان دائم، اراضی پایین‌دست با آب خارج شده از زمین‌های بالادست آبیاری می‌شوند. این آب، افت حاصل از نشت و تبخیر و تعرق در زمین‌های پایین دست را تأمین می‌نماید. در صورتی که از آبراهه‌های مجزا برای هر قطعه استفاده شود، کنترل بهتر آب امکان‌پذیر است. این امر در طول دوره آبیاری نیز حائز اهمیت است، چرا که با کاشت گونه‌های مختلف گیاهی در هر قطعه زمین، نیاز آبی در هر زمان متفاوت خواهد بود. سیستم توزیع آب باید قادر به هدایت

---

[1] 1- Continuous flood

و کنترل سرعت‌های متغیر جریان برای آبیاری زمین‌های مختلف در زمان‌های متفاوت باشد. به سبب سرعت بالای نفوذ در آغاز آبیاری، سرعت بالای جریان در این هنگام بسیار حائز اهمیت است.

روش غرقابی دائم در زمین‌هایی با سرعت نفوذپذیری کم از کارآیی بالایی برخوردار است. بطور معمول، با ایجاد لایه‌ای نفوذناپذیر در اثر فعالیت‌های زراعی در شرایط اشباع، در طی سالیان متمادی، نفوذ عمقی محدود خواهد شد. در صورت تشکیل شخم لایه[1] زیر سطحی و یا استقرار یک سفره زیرزمینی، همگن بودن خاک، به طور معمول موضوع مهمی نخواهد بود.

در مزارع دائماً غرقابی، پس از آبیاری اولیه زمین، جریان مداوم آب با سرعت کم به شکلی که تنها برای تأمین نیاز آبی کافی باشد، وارد زمین می‌شود. در برخی مناطق، آب به صورت دوره‌ای تأمین می‌شود. تا زمانی که عمق آب در سطح خاک در فاصله دو آبیاری کافی باشد، اثرات آبیاری دوره‌ای اندک خواهد بود. در آبیاری مداوم، دبی‌های جریان کوچک هستند. در آبیاری متناوب از جریان‌های بیشتر برای دوره‌های کوتاه استفاده می‌شود. آبیاری‌های متناوب با نوسان عمق آب، امکان ذخیره بارندگی را فراهم نموده و در عین حال شرایط غرقابی دائم نیز حفظ خواهد شد.

کرت‌ها و زمین‌های تسطیح نشده را می‌توان برای آبیاری به روش غرقابی دائم به اشکال و قواره‌های مختلف تقسیم کرد. اندازه کرت، در درجه نخست توسط توپوگرافی منطقه و سپس توسط سایر شرایط اجرایی محدود می‌شود و یکنواختی خاک بر آن اثرگذار نیست. در صورت امکان، پشته‌های طویل به موازات یکدیگر احداث می‌شوند چرا که قطعه‌بندی به این صورت موجب تسهیل عملیات مکانیزه و تسطیح لیزری اراضی می‌شود. احداث پشته‌ها و کنترل سازه‌ها به مدیریتی ماهر نیازمند است. استقرار نامناسب پشته‌ها، یا عدم کنترل صحیح سازه‌ها، کارآیی روش را کاهش خواهد داد. پشته‌ها ممکن است دائمی باشند و یا اینکه به منظور تسهیل

---

[1] Plow pan

عملیات برداشت، هر سال تخریب و بازسازی شوند. در برخی مناطق به منظور حفاظت از فرسایش، نشت و کنترل علف هرز، پشته‌ها را با نوارهای پلاستیکی می‌پوشانند. امواج آب ناشی از باد موجب فرسایش پشته‌ها شده و لزوم عملیات نگهداری را تشدید خواهند کرد.

تسطیح کامل زمین بسیار حائز اهمیت است. زمین‌های تسطیح شده، یا به صورت کرت‌های کاملاً هموار در آمده، یا شیب بسیار کم داشته و یا دارای اختلاف تراز کوچکی در طول زمین هستند تا ضمن تأمین عمق غرقابی مناسب (نه خیلی عمیق و نه خیلی کم عمق)، امکان زهکشی اراضی در هنگام برداشت محصول را فراهم سازند. شکل ۳-۴ آبیاری برنج به روش غرقابی دائم را در مقیاس کوچک در زمینی که تسطیح لیزری نشده است نشان می‌دهد. در اراضی کم شیب و وسیع‌تر معمولاً از تسطیح لیزری استفاده می‌کنند. در مواردی که تراس‌بندی اراضی مورد نیاز باشد، پشته‌ها نیز با کنترل لیزری احداث می‌شوند. در صورت استفاده از چنین ابزاری، عملیات حفاظت ماهرانه‌ای مورد نیاز خواهد بود. حجم خاک جابجا شده در تسطیح اراضی برای آبیاری به روش غرقابی دائم معمولاً از ۲۰۰m^3/ha تجاوز نمی‌کند.[۱] در صورت پیروی شیب کرت از شیب زمین و یا استقرار پشته‌ها بر خطوط تراز، حجم عملیات خاکی بسیار ناچیز خواهد بود. در مناطقی که برای تسهیل عملیات زراعی کرت‌های بزرگتر مدنظر هستند، تمامی ابعاد عملیات تسطیح نیز افزایش خواهد یافت. سطوح هموار برای برخی فرآیندهای رشد و یا برای سایر گیاهانی که در تناوب با برنج به صورت کرتی آبیاری می‌شوند، ضروری است.

ارتفاع پشته‌ها باید برای تسهیل انتقال آب از یک کرت به کرت دیگر و کاهش فرسایش آبی، کوتاه انتخاب شوند. این امر استفاده اقتصادی از این روش را در مناطق مختلف محدود می‌سازد. بسیاری از زمین‌های قدیمی در شیب‌های تند دارای پشته‌های بلند بوده و با شرایط کارگری و مکانیزه جاری هماهنگ نیستند.

---

[۱] در ایران، به جز برای کرت‌های بسیار کوچک چند ده متر مربعی، حجم عملیات خاکی از این حدود بسیار بیشتر است [م].

شکل ۳-۴. غرقابی دائم مزرعه کوچک برنج

مدیریت روش آبیاری غرقابی دائم شامل تسطیح پیش از آغاز فصل زراعی، احداث اولیه پشته‌ها و سازه‌های کنترل آب، غرقاب کردن اولیه زمین و نهایتاً حفظ عمق مناسب آب در مناطق غرقابی و تأمین جریان آب کافی با هدررفت ناچیز است.

برای فراهم آوردن شرایط برداشت وجود شکلی از زهکشی سطحی برای برنج است. علاوه بر این، زهکشی سطحی می‌تواند در صورت بارندگی در فصل رشد و در خاک‌های سنگین و به ویژه برای گیاهان زراعی (غیر برنج) آب اضافی را از زمین خارج کند.

ماندابی[1] (پر و خالی کردن آب)

آبیاری به روش ماندابی (پر کردن با آب و زهکشی) یکی از انواع آبیاری غرقابی دائم است اما سطح خاک متناوباً از آب پر و خالی می‌شود. از روش ماندابی تنها می‌توان

---

[1] Ponding

برای آبیاری گیاهانی استفاده کرد که مقاوم به غرقاب شدن موقت در دوره‌های مشخص آبیاری باشند.

آبیاری در این روش با پر کردن حوضچه‌ها از آب و حفظ آن تا هنگامی که نفوذ عمقی مطلوب تأمین شود انجام می‌گردد. این روش برای خاک‌های با سرعت نفوذ کم و اراضی با شیب ناچیز مناسب است. از این روش در اراضی بزرگی که وسعت آنها به ۱۶ هکتار می‌رسد و اختلاف ارتفاع ۰/۳ متر داشته‌اند استفاده شده است. در این روش، کنترل رواناب برای خارج کردن آب اضافی کرت ضروری است. با تخلیه آب اضافی از یک دریچه خروجی مقدار یا عمق آبیاری مورد نظر کنترل می‌شود. مدت آبیاری عامل بسیار مهمی برای دستیابی به بازده بالای کاربرد است و برای تأمین یکنواختی بالا، همانند آبیاری نواری، منحنی‌های پیشروی و پسروی باید تقریباً موازی باشند. این مسأله در دوره‌های غرقابی طولانی مدت مهم نبوده اما در دوره‌های کوتاه مدت و آبیاری سبک در کرت‌های مسطح بسیار مؤثر است.

روش ماندابی برای آبیاری‌های سنگین مناسب بوده و می‌توان از آن برای آبشویی اراضی کوچکِ با تسطیح ضعیف یا شیب‌دار استفاده نمود.

آبیاری شیاری[1]

شیارها مجاری شیب‌داری هستند که در خاک ایجاد می‌شوند. در این روش، آب به سمت پایین شیار جریان یافته و به خاک نفوذ می‌کند. در صورت بیشتر بودن مدت زمان پیشروی (T_{adv}) از زمان پسروی (T_r)، مدت زمان نفوذ آب در بالا دست شیار (زمان آبیاری، T_a) بیشتر از انتهای آن (زمان نفوذ در انتهای پایینی، T_l) خواهد بود. زمان پسروی در اراضی شیب‌دار معمولاً کوچک است؛ اما در شیب‌های کم و خاک‌هایی با نفوذپذیری ناچیز حائز اهمیت خواهد بود. به منظور تضمین نفوذ کافی آب در انتهای شیار، وجود رواناب اجتناب‌ناپذیر بوده، بنابراین ممکن است پیش‌بینی سیستم بازگشت جریان ضروری باشد. نفوذ معمولاً فرآیندی آرام است که به صورت افقی و عمودی در محیط خیس شده شیار روی می‌دهد.

---

[1] 1- Furrow

با فرض یکنواختی خاک و تسطیح صحیح زمین، سه مورد سخت‌افزاری بسیار مهم که موجب سهولت و کارآیی بیشتر آبیاری شیاری می‌شوند عبارتند از: (۱) سیستم بازگشت جریان زه‌آب پایین دست شیار که شامل یک مخزن آب نیز می‌شود، (۲) شیارهای کوتاه برای کسب نسبت پیشروی قابل قبول، و (۳) جریان متغیر بزرگ برای تأمین آب ورودی.

شیارها دارای اشکال گوناگونی هستند. اکثر آنها V شکل، ذوزنقه‌ای، سهمی بوده و یا دارای اشکال پهن و مسطح با عرض خیس شده بین ۱۵ تا ۷۵ سانتیمتر یا بیشتر هستند.

شیارها برای کاشت گیاهان ردیفی و باغات یا تاکستان‌ها بسیار مناسبند. تناسب این روش برای مزارع یا محصولاتی که عملیات زراعی آنها به عبور تراکتور در میان شیارها نیاز دارد، کمتر است. از شیارهای باریک[1] و شیارهای کم عمق لبه پهن می‌توان در کاشت محصولات زراعی کوتاه برای رفع برخی از مشکلات زراعی استفاده نمود. از شیارها همچنین می‌توان برای آبیاری درختچه‌های مو با اندام هوایی بزرگ یا گیاهانی که نباید بر روی خاک مرطوب پهن شوند (مانند خربزه و هندوانه) استفاده نمود. با بزرگ شدن گیاه، تاک‌ها را می‌توان به خارج از شیار هدایت نمود. همچنین می‌توان جایگاه شیار نسبت به گیاه را تغییر داده و با رشد گیاه، شیار پیشین را رها ساخت، و یا می‌توان با توسعه سیستم ریشه از شیارهای جایگزین یا شیارهایی با پهنای زیاد که دور از گیاه حفر شده‌اند استفاده نمود.

آبیاری گیاهان زراعی کوتاه که بذر آنها در عمق کم قرار می‌گیرد به تسطیح دقیق سطح زمین احتیاج دارد چرا که نقاط پست موجب سله بستن خاک و نقاط مرتفع باعث خشک شدن خاک خواهد شد که در آن صورت دانه‌ها از رطوبت کافی برای جوانه‌زنی برخوردار نخواهند شد.

شکل و فاصله شیارها را می‌توان به گونه‌ای تنظیم کرد که در بین آنها مقادیر قابل توجهی خاک خشک برای ایجاد مسیرهایی با فواصل بیشتر یا ایجاد بسترهای تخت باقی بماند. فاصله بین شیارها و شکل آنها معمولاً با توجه به فاصله ادوات بکار برده شده در عملیات زراعی و تراکم ایده‌آل گیاه تعیین می‌شود.

---

[1] Corrugation

هرگاه آبیاری با تواتر زیادتر و عمق کمتر مطلوب باشد، آبیاری یک در میان شیارها با کاربرد متناوب آب در یکی از دو شیار مجاور ردیف گیاه در هر آبیاری، روش مناسبی برای آبیاری گیاهان ردیفی بشمار می‌رود. بدین ترتیب هر ردیف گیاه در نصف دوره تناوب، در یکی از دو شیار مجاور آب دریافت می‌کند و می‌توان با همان دبی، در هر نیم دوره تناوب، وسعتی دو برابر قبل را آبیاری نمود. با استفاده از تجهیزات مناسب و نیمه-خودکار توزیع آب، می‌توان نیاز کارگری را به کمترین مقدار رسانید. در صورت سله بستن خاک‌ها، آبیاری یک در میان شیارها ممکن نخواهد بود چرا که آب از خلال شکاف‌ها به داخل شیار خشک مجاور نفوذ خواهد کرد.

مدت آبیاری یا مدت کاربرد آب باید شامل زمان لازم برای تأمین نفوذ عمقی مطلوب در انتهای شیار، به علاوه زمان پیشروی منهای زمان پسروی (در صورت وجود) باشد. فاصله میان داغ آب شیارهای مجاور نباید از دو برابر فاصله ای که نفوذ افقی آب در دوره آبیاری در انتهای شیار طی می‌کند تجاوز نماید. باید توجه داشت که ممکن است تمامی خاک سطحی موجود بین شیارها مرطوب نشود، اما خاک زیر سطحی در این فاصله به مقدار کافی مرطوب شود. فاصله میان داغ آب را می‌توان با تغییر شکل شیار یا تغییر فاصله بین مراکز شیارها تنظیم نمود. این تغییرات به شدت بر سرعت نفوذ و مدت زمان آبیاری اثر خواهد گذاشت. نمونه یک روش آبیاری شیاری با آبیاری یک در میان ردیف‌ها و استفاده از سیفون در شکل ۳-۵ نشان داده شده است.

تفاوت نسبی میان فرصت نفوذ آب به ابتدای شیار (T_a)، فرصت نفوذ در انتهای شیار (T_l) و عمق نفوذ مربوط به آن، بوسیله نسبت پیشروی توصیف می‌شود: $AR = T_{adv}/T_l$. در خاک‌های ترک نخورده این نسبت به توزیع آب مورد استفاده، رواناب، نفوذ عمقی و ذخیره در خاک در شرایطی بستگی دارد که کفایت آبیاری به مقدار ۱۰۰ درصد رسیده باشد. تغییرات در کمبود مجاز رطوبت خاک (MAD)، فاصله شیارها، شکل شیارها، تراکم خاک، استفاده مجدد از آب، شیب، اندازه دبی ورودی، مسدود ساختن انتهای شیار و سیستم‌های بازگشت جریان، بر سرعت نفوذ و مدت مطلوب رواناب در انتهای شیار (T_l) اثر می‌گذارد. یکنواختی و کارآیی سیستم را می‌توان با ایجاد تغییراتی در سرعت نفوذ و بسیاری از عوامل مربوط به آن و به

ویژه اندازه دبی ورودی (AR) بهبود بخشید. رواناب و نفوذ عمقی، نسبت به تغییرات AR و بسیاری از عوامل مؤثر بر آن، واکنش نشان می‌دهند. بنابراین، در بیشتر روش‌های جدید آبیاری انعطاف‌پذیری سیستم تأمین آب از لحاظ دبی، مدت و تناوب برای تسهیل مدیریت سیستم بسیار مهم است. سهولت کار و میزان نیروی کارگر مورد نیاز نیز به دبی جریان بستگی دارد.

طول شیار معمولاً بین ۶۰ تا ۶۰۰ متر تغییر می‌کند، اما در خاک‌هایی با سرعت نفوذ بسیار کم می‌توان این دامنه را تا اشباع شدن منطقه ریشه افزایش داد. طول شیارها غالباً بوسیله سرعت نفوذ، اندازه دبی و طول زمین کنترل می‌شود. طول شیارها ممکن است با استفاده از نهرهای متقاطع تکمیلی یا لوله‌های دریچه‌دار در شیارهای پیوسته کوتاه شود. استفاده از دبی‌هائی که نسبت به طول شیار بزرگ هستند، فرصت نفوذ آب در ابتدای شیار را کاهش داده و موجب یکنواخت‌تر شدن عمق نفوذ خواهد شد اما نیاز به جریان‌های برگشتی یا سیستم‌های بازگشت جریان به منظور کاهش رواناب، افزایش می‌یابد. دبی بیشینه، نباید فرسانیده باشد.

شکل ۳-۵. آبیاری شیاری در خطوط یک در میان که با سیفون تغذیه می‌شوند.

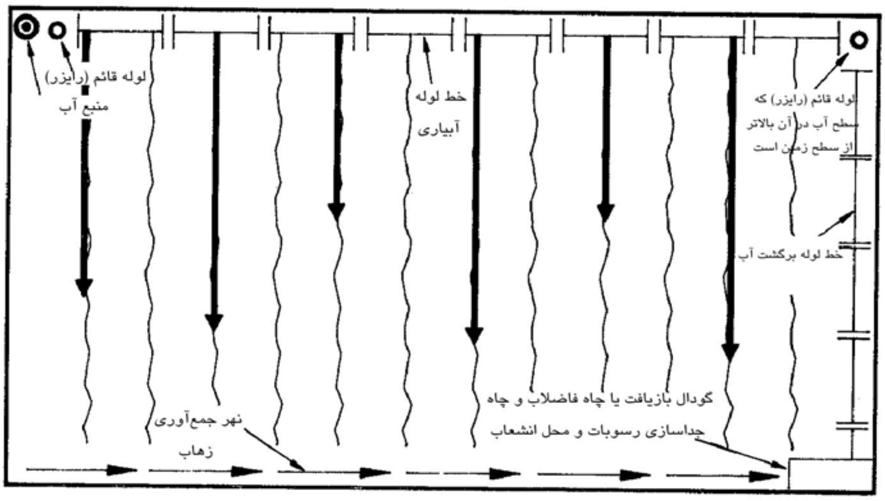
برخی مواقع سرعت نفوذ آب در شیار، حتی با فرض یکنواختی خاک در تمام طول آن، بسیار متغیر است. این تغییرات حاصل عملیات زراعی است. شیارهای جدید احداث شده، دارای خاک با تراکم کم و سرعت نفوذ بالا هستند. استفاده مجدد از یک شیار پس از نشست خاک و صاف شدن سطح آن، سرعت نفوذ را کاهش داده و به افزایش سرعت پیشروی کمک خواهد کرد. راندن چرخ تراکتور و یا کشیدن جسمی بر روی شیار، به ویژه برای شیارهای جدید، سرعت نفوذ را کاهش داده و موجب تثبیت نفوذپذیری شیار مجاور خواهد شد. در ابتدای شیارهای V شکل، اندازه دبی، عرض خیس شده، و بنابراین سرعت نفوذ نسبت به انتهای شیار بیشتر خواهد بود. در شیارهای عریض، بین دو انتهای آن تفاوت چندانی وجود ندارد چرا که شیارها در تمام طول، تراز هستند.

سرعت نفوذ همچنین با دمای آب و خاک، سله بستن خاک در اثر خشکی، میزان خشکی خاک، عملیات زراعی و عمق شخم تغییر می‌کند. برای مثال در باغ میوه به سبب فعالیت‌های زراعی، محدوده بین ردیف‌های درخت دارای سرعت نفوذ کمتر نسبت به محدوده مجاور ردیف درخت است. سرعت نفوذ (که دارای بعد LT^{-1} است) به درصد سطح خیس شده بستگی دارد، به گونه‌ای که سرعت نفوذ در فاروهای با فاصله زیاد با نشتی‌های به فاصله کم ولی با خاک یکسان، متفاوت است. سرعت نفوذ اگر بر حسب ($L^3/(LT)$) برای مثال (لیتر در ساعت بر متر) بیان شود، تحت تأثیر شکل شیار بوده و فاصله شیار بر آن تأثیری ندارد.

با توجه به موارد متعدد قابل کنترل در مدیریت سیستم، مشخصات شیارها را می‌توان به منظور هماهنگی با شرایط مختلف و با در نظر گرفتن محدودیت‌های ناشی از یکنواختی خاک و توپوگرافی، تغییر داد. اگر تمامی شرایط کاملاً مناسب باشد، دستیابی به یکنواختی بیشتر ممکن خواهد بود و در صورت وجود سیستم بازگشت جریان (شکل ۳-۶)، بازده بالایی بدست خواهد آمد. به هرحال، از آنجا که یکنواختی و بازدهی سیستم شدیداً به مدیریت بستگی دارند، عدم مدیریت صحیح، اثرات بسیار نامطلوبی بر کارآیی سیستم خواهد داشت. این روش را می‌توان در قطعات زراعی با

طول کوتاه یا بلند و با سرعت‌های نفوذ متفاوت (مقادیر بسیار زیاد یا بسیار کم) بکار برد. در حالت کلی، کمبود مجاز رطوبت خاک (MAD) باید از مقدار بهینه آن برای سیستم‌های بارانی و قطره ای بیشتر باشد.

بطور متداول، آب بوسیله سیفون (شکل ۳-۵)، لوله آبگیر یا از طریق لوله‌های دریچه‌دار وارد هر یک از شیارها می‌شود. علاوه بر این، ممکن است با شکستن بخشی از دیواره آبراه، آب را به داخل شیار وارد کرد. هدایت آب به درون تک تک شیارها، نیاز به نیروی کارگری را به ویژه در هنگام آبیاری اولیه یا بعد از کاشت، تا حدودی افزایش می‌دهد. به کارگیری لوله‌های دریچه دار به همراه آستین[1] برای هدایت دبی ورودی و کنترل فرسایش، موجب تسهیل کار می‌شود. سرعت جریان در شیارهای مجهز به لوله دریچه‌دار قابل تنظیم بوده و در صورت تجربه کافی از قبل تعیین خواهند شد.


لوله قائم (رایزر)
منبع آب
خط لوله
آبیاری
لوله قائم (رایزر) که
سطح آب در آن بالاتر
از سطح زمین است
خط لوله برگشت آب
گودال بازیافت یا چاه فاضلاب و چاه
جداسازی رسوبات و محل انشعاب
نهر جمع‌آوری
زهاب

شکل ۳-۶. نمایی از یک مزرعه با جریان برگشت آب که توسط شبکه لوله زیرزمینی انجام شده است.

---

[1] Sleeve (sock)

شیارهای معمولی که دارای دبی ثابتی هستند امکان مدیریت سیستم را برای بهینه‌سازی شرایط، به شدت محدود می‌سازند. اگر تعداد زیادی از شیارها به صورت همزمان آبیاری شوند، استفاده از جریان‌های کوچک پایدار با دبی ثابت از یک چاه یا منبع دیگر تأمین آب، دست یابی به سرعت‌های پیشروی مطلوب را به منظور تأمین یکنواختی و بازده کاربرد قابل قبول، دشوار و یا غیر ممکن می‌سازند. بنابراین چنین جریان‌های کوچکی که دبی ثابت دارند، امکان صرفه‌جویی در نیروی کارگری، کاهش جریان و حذف رواناب را در آبیاری زمین‌های بزرگ دشوار می‌سازند. استفاده ۲۴ ساعته از منبع آب یا برقراری جریان‌های کوچک دائمی از چاهی که باید برای تأمین آب کافی در بیشتر مواقع کار کند، به نفوذپذیری خاک و سرعت نفوذ بستگی نداشته و پس از تأمین عمق نفوذ کافی نمی‌توان نسبت به قطع جریان اقدام نمود و یا آنها را برای سهولت کار کارگر و اثربخشی بیشتر، به گونه‌ای با ساعات روز هماهنگ نمود. دوره‌های ثابت غالباً تحت برنامه تناوب به طراح تحمیل شده و سبب کاهش عملکرد محصول، در اثر جوانه‌زنی ضعیف، ضعف در تأمین نیاز آبی گیاه یا حفظ آب باران می‌شوند.

به سبب همین محدودیت‌های مدیریتی است که شیارهای معمولی به نیروی کارگری زیادی احتیاج داشته، دارای بازده متوسط بوده و غالباً محصولاتی با عملکرد متوسط تولید می‌کنند. نیاز ذاتی آبیاری شیاری به نیروی کارگری زیاد، لزوم کنترل رواناب و کاربرد زیاد و کنترل نشده آب در آبیاری شیاری به شیوه متداول، موجب انجام تلاش‌های بسیاری برای مکانیزاسیون عملیات آبیاری شده است. استفاده از استخر و منابع ذخیره آب، خطوط لوله، سیفون‌ها، لوله‌های دریچه‌دار، کانال‌های هدایت و سیستم‌های بازیافت رواناب آبیاری (سیستم‌های بازگشت رواناب) اشکال ساده مکانیزاسیون هستند.

رواناب انتهایی مزرعه، غالباً تحت تأثیر ملاحظات مربوط به بازده آبیاری یا مقررات محلی محدود می‌شود. سیستم‌های بازگشت رواناب انتهایی مزرعه، عاملی کلیدی در مدیریت نسبتاً ساده شیارها هستند. در صورت ورود رواناب به سیستم جمع‌آوری، مدیریت آبیاری کاهش خواهد یافت چرا که آبیارها احتیاجی به صرف وقت زیاد برای اطمینان از پیشروی آب در تمام شیارها با دبی ثابت، ندارند. علاوه بر این، آنها نیازی

به صرف وقت برای کاهش جریان[1] ندارند. مشکلی که در ارتباط با کاهش جریان وجود دارد این است که بطور معمول آبیارها با استفاده از آب اضافی اقدام به آبیاری شیارهای جدید می‌نمایند. بنابراین در پایان روز تعداد زیادی شیار با زمان‌های آبیاری متفاوت وجود دارد. سیستم بازگشت رواناب که آب را به سیستم توزیع برگرداند، می‌تواند یک طراحی ایده‌آل باشد چراکه در این صورت تعدیل جریان‌های خروجی (رواناب) و ورودی (منبع آب) امکان‌پذیر است. همچنین، در سیستم‌های بازگشت رواناب انتهای مزرعه، می‌توان در صورت وجود منبع ذخیره آب، به مدت ۱۲ ساعت یا بیشتر آب را ذخیره کرد و سپس آن را به نحوی آسان‌تر بهره‌برداری نمود چرا که لزومی به استفاده آنی از این آب وجود نخواهد داشت.

راه‌های بسیاری برای کاهش رواناب از طریق کاهش جریان خروجی وجود دارد. برای مثال می‌توان از کاهش جریان ورودی به شیار هنگامی که آب به انتهای شیار رسیده و برای مدت زمان کوتاهی به بیرون جاری شده است، استفاده کرد. کاهش جریان ورودی موجب کاهش حجم ذخیره مورد نیاز برای سیستم‌های بازگشت رواناب می‌شود. هنگامی که امکان کاهش جریان ورودی وجود ندارد، می‌توان از آبیاری کابلی و آبیاری موجی استفاده کرد.

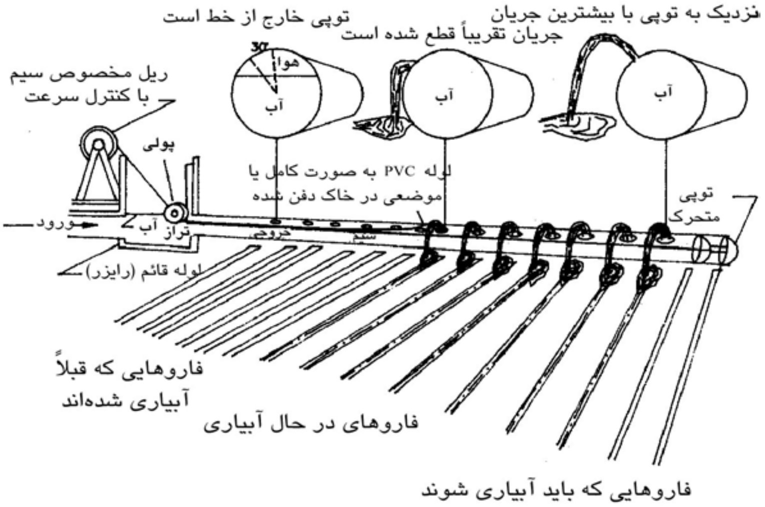
آبیاری کابلی[2]. شکل خاصی از آبیاری شیاری است. مفهوم آبیاری کابلی در شکل ۳-۷ نشان داده شده است. در این سیستم یک توپی وجود دارد که بوسیله کابل کنترل و با سرعت ثابت از قسمت ابتدایی لوله آزاد شده و با کمک فشار آب، درون لوله‌ای دریچه‌دار شیب‌دار پیش می‌رود. در ابتدا با جاری شدن آب درون شیار، سرعت جریان زیاد و پیشروی آب سریع است. با پیشروی توپی درون لوله و باز شدن دریچه‌های دیگر، فشار در نخستین خروجی کاهش می‌یابد که موجب کاهش تدریجی جریان می‌گردد به نحوی که به توقف کامل می‌انجامد. بنابراین، آبیاری کابلی روش خودکاری است که از نظر تئوری می‌تواند سرعت پیشروی را به طور چشمگیری بهبود بخشیده و رواناب را محدود سازد. در تئوری، این روش دارای بازده پتانسیل بالایی است. در سیستم آبیاری کابلی لازم است جریان آب از دریچه به صورت ریزشی خارج شود، بنابراین کارآیی سیستم به زمین‌هایی با چنین

---

[1] 1- Cut back

[2] 2- Cablegation

شرایطی محدود می‌شود. نخستین و آخرین گروه از شیارها در یک قطعه آبیاری، به مراقبت‌های ویژه‌ای احتیاج دارند. از این روش به سبب مشکلات سخت‌افزاری و مدیریت پیچیده آن به ندرت استفاده می‌شود. بیان این روش از دیدگاه کاربردی آن نیست، بلکه به سبب مفهوم بسیار جالب توجهی است که این روش در ارتباط با استفاده از کاهش تدریجی جریان دارد و به این ترتیب نیروی کارگری لازم را کاهش می‌دهد.


نزدیک به توپی با بیشترین جریان
جریان تقریباً قطع شده است
توپی خارج از خط است
۳۷
هوا
آب
آب
آب
ریل مخصوص سیم
با کنترل سرعت
پولی
لوله PVC به صورت کامل یا
موضعی در خاک دفن شده
توپی
متحرک
ورود
آب
تراز
خروجی
سیم
لوله قائم (رایزر)
فاروهایی که قبلاً
آبیاری شده‌اند
فاروهای در حال آبیاری
فاروهایی که باید آبیاری شوند

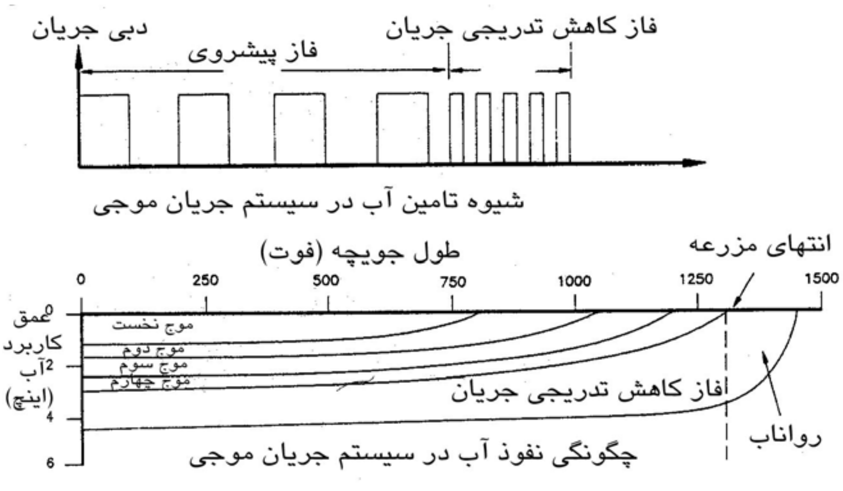
شکل ۳-۷. آبیاری کابلی. از کمپر[۱] و همکاران (۱۹۸۵)

جریان موجی[۲]. یک روش توسعه یافته از آبیاری شیاری است که فرآیندهای پیشروی و کاهش تدریجی جریان ورودی را به طور خودکار انجام می‌دهد. مفهوم جریان موجی در شکل ۳-۸ نشان داده شده است. استفاده نوبتی از آب (جریان قطع و وصلی پیاپی) در شیارها (با استفاده از لوله دریچه‌دار) ویژگی منحصر به فرد جریان موجی محسوب می‌شود. این فرآیند برای پیشروی سریع آب و در نتیجه کاهش نفوذ آب، جریان اولیه زیادی (تقریباً ۲ برابر مقدار متداول) به داخل شیارها می‌فرستد، این عمل، به ویژه در نخستین خیزها، با مرطوب‌سازی سریع سطح و پسروی آب، امکان

---

[1] Kemper
[2] Surge flow

توزیع یکنواخت‌تر آب در تمام طول شیار را در برخی خاک‌ها فراهم می‌آورد. تمامی این اقدامات به صورت خودکار انجام می‌گیرد. این مزیت‌های بالقوه (که در مواردی نیز بدست نمی‌آیند) در شکل ۳-۸ نشان داده شده‌اند.


دبی جریان
فاز پیشروی
فاز کاهش تدریجی جریان
شیوه تامین آب در سیستم جریان موجی
طول جویچه (فوت)
انتهای مزرعه
0
250
500
750
1000
1250
1500
عمق کاربرد آب (اینچ)
0
2
4
6
موج نخست
موج دوم
موج سوم
موج چهارم
فاز کاهش تدریجی جریان
رواناب
چگونگی نفوذ آب در سیستم جریان موجی

شکل ۳-۸. مبانی جریان موجی. از کبوتا[1] (۱۹۸۶).

سیستم جریان موجی آب را در دو فاز به کار می‌برد. فاز پیشروی آب که شامل دوره‌های طولانی ورود جریان به درون هر قطعه است که به طور متناوب و با دوره‌های پسروی که در طی آنها شیارها باید «خشک» شوند، جایگزین می‌گردد. نسبت زمان جریان به زمان پسروی باید برابر باشد. در طول فاز پیشروی، پر و خالی شدن متناوب شیار سرعت نفوذ را کاهش داده و موجب تخت شدن سطح شیار و تسهیل پیشروی آب در مراحل بعد می‌شود. بلافاصله پس از رسیدن آب به انتهای شیار و پس از چند موج، فاز کاهش جریان آغاز می‌شود. در این فاز، چرخه خیز آب بسیار کوتاه است (برای مثال، ۵ دقیقه). به منظور تأمین نفوذ یکنواخت در طول شیار باید همواره در شیار آب وجود داشته باشد، اما متوسط دبی جریان نصف دبی جریان اولیه بوده و در نتیجه رواناب کاهش می‌یابد. آبیاری موجی توانایی تأمین

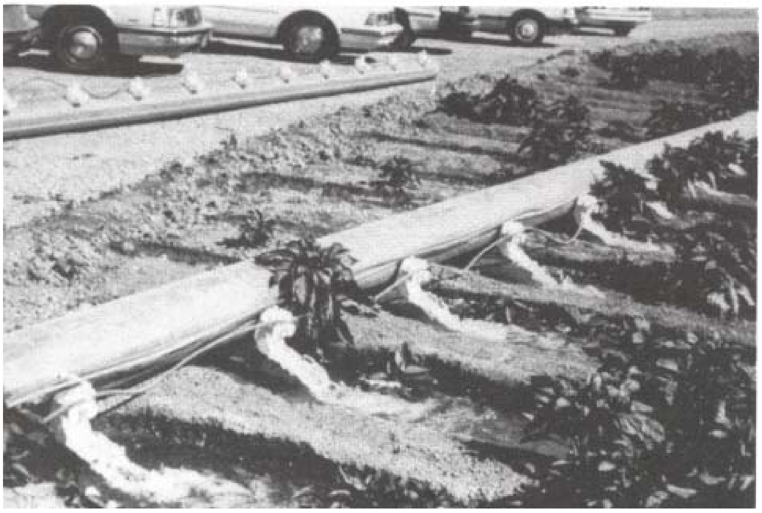
---

[1] Kubota

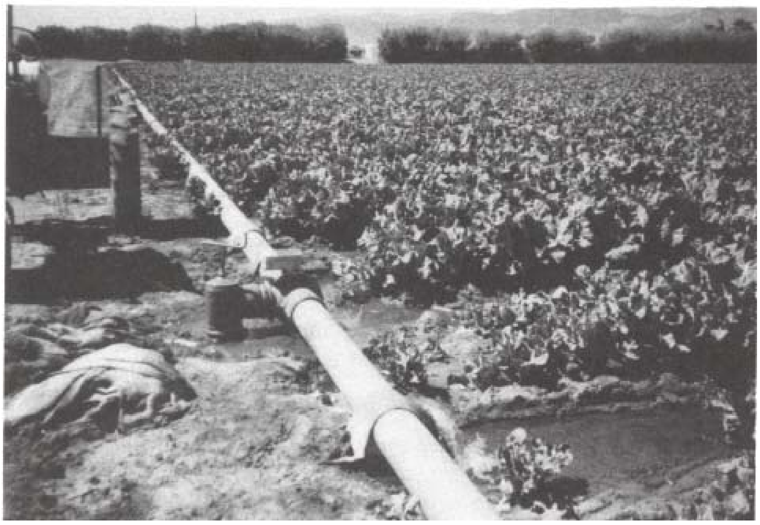
یکنواختی توزیع تا حد ۹۰ درصد را داراست. این یکنواختی را می‌توان حتی با استفاده از نصف جریان متداول بدست آورد. البته باید قطعات به اندازه کافی کوچک باشند تا کاهش جریان پسروی به نصف، همواره دارای رواناب ناچیزی باشد. لذا این روش در خاک‌های شنی که در آنها تغییرات سرعت نفوذ با گذشت زمان کم می‌شود، قابل اجرا نیست.

از آنجا که آب همواره به یک شیار وارد نمی‌شود، آبیاری موجی را می‌توان به تناوب در دو نیمه زمین به کار برد. به این منظور از لوله‌های دریچه‌دار به همراه شیری که جریان آب را بین بخش‌های راست و چپ لوله انتقال توزیع می‌کند، استفاده می‌شود (شکل‌های ۳-۹ و ۳-۱۰). امروزه شیرهای تولیدکننده جریان موجی که با نیروی خورشید کار می‌کنند، در بازار موجود هستند. برخی مواقع کشاورزان برای کاهش هزینه‌ها، شیرها را در جای خود کار گذاشته و کنترل‌کننده‌ها را بین آنها جابجا می‌نمایند.

میزان پذیرش جریان موجی در میان کشاورزان ایالات متحده، از نقطه‌ای به نقطه دیگر، بسیار متفاوت است. بیشترین استقبال در مناطقی مانند تگزاس که دارای بارندگی‌های تابستانی است و کشاورزان دارای رواناب محدودی هستند، گزارش شده است. در کالیفرنیا، با وجود انجام تحقیقات و آزمایشات صحرایی بسیار گسترده ، سود قابل توجهی در بیشتر مناطق برای کشاورزان حاصل نشده است. در کالیفرنیا، کشاورزان با استفاده از شیارهای کوتاه‌تر و دبی‌های بالاتر و مدیریت و امکانات سخت‌افزاری آسانتر می‌توانند همان سودی را کسب کنند که با استفاده از سیستم‌های آبیاری موجی، بدست می‌آورند.



شکل ۳-۹. یک سیستم آزمایشی جریان موجی همراه با شیرهای مجزا برای هر شیار.
(چنین طرح‌هایی به سبب پیچیدگی و هزینه بالا، دیگر مورد استفاده قرار نمی گیرند).



شکل ۳-۱۰. سیستم جریان موجی که در آن از طریق یک شیر اصلی آب به دو بخش لوله دریچه‌دار توزیع می‌شود.

مخازن درون مزرعه.[1] برای جمع‌آوری جریان‌های کوچک یکنواخت (که معمولاً از پساب آبیاری مناطق بالادست یا از چاه‌ها بدست می‌آیند) و تبدیل آنها به جریان‌های بزرگ قابل کنترل در محل کاربرد، مورد استفاده قرار گرفته و در برخی از سیستم‌های آبیاری سطحی (به ویژه در آبیاری شیاری) به عنوان قلب سیستم شناخته می‌شوند. این مخازن در بالا دست زمین نیز قادر به دریافت رواناب انتهایی مزرعه از طریق نصب پمپ در پایین دست زمین هستند. به عنوان مثال، آب‌بران دره کوچلا در کالیفرنیا به منظور تأمین آب مصرفی روش‌های آبیاری سطحی و تحت فشار خود و ایجاد انعطاف لازم در مدیریت مصرف آب، بیش از ۲۵۰ مخزن راه‌اندازی کرده‌اند. در این دره از زمانی که کشاورزان به آبیاری موضعی/قطره‌ای روی آورده‌اند، نقش این مخازن به عنوان حوضچه‌های رسوب‌گیر، بیشتر آشکار شده است. این مخازن که آب را در طول شب یا به مدت ۲۴ یا ۳۶ ساعت ذخیره می‌کنند، امکان استفاده از سیستم جریان بازگشتی و یا جریان بزرگ آبیاری را فراهم می‌آورند؛ جریانی که از تجمع جریان‌های دائمی کوچکتر بوجود آمده است. از مخازن می‌توان برای تنظیم جریانات در زمین‌هایی به مساحت ۱۶ تا ۶۴ هکتار، بسته به توپوگرافی منطقه، استفاده نمود. ساخت مخزنی متوسط با ظرفیت ذخیره ۲۴ ساعت و با دیواره‌های خاکی متراکم برای یک مزرعه کوچک ۱۵ هکتاری، ۸۰۰۰ دلار هزینه در برخواهد داشت. برای مزارع بزرگتر که روزهای بیشتری آب را ذخیره کند، هزینه ساخت، افزایش چندانی پیدا نخواهد کرد. هزینه احداث مخازن پوشش شده برای چنین مناطقی پنج برابر خواهد شد. چنین مخازنی موجب صرفه‌جویی در آب، نیروی کارگری و انرژی می‌شوند.

روش‌های متعددی برای نوسازی سیستم‌های تأمین آب، کانال‌ها و خطوط لوله، به منظور ایجاد انعطاف‌پذیرتری بیشتر در سیستم توزیع آب وجود دارد. این روش‌ها در منابع دیگر علمی تشریح شده‌اند، اما ذکر این نکته بسیار حائز اهمیت است که امکان توزیع مناسب آب، مسئلهٔ کلیدی تمامی روش‌های آبیاری از جمله آبیاری سطحی به شمار می‌رود. برای مثال، یک سیستم توزیع با بالاترین حد انعطاف‌پذیری،

---

[1] On-farm reservoirs

امکان کاهش جریان را در هر آبیاری، در هر زمان، بدون نیاز به افزایش ناگهانی جریان در سایر شیارها، برای کشاورزان فراهم می‌آورد (در حالی که در توزیع آب در سیستمی انعطاف‌ناپذیر، این افزایش غیر قابل اجتناب است).

تسطیح اراضی. نیاز به تسطیح اراضی در آبیاری شیاری همانند آبیاری نواری است، در عین حال وجود شیب عرضی ایجاد مشکل نمی‌کند. زمین‌های با شیب بسیار کم برای تسطیح، به تجهیزات معمولی تسطیح یا به هدایت لیزری احتیاج دارند. در تسطیح متوسط تا سنگین، انجام تسطیح مجدد پس از آبیاری اولیه و تحکیم اراضی خاکریزی شده، ضروری است. تسطیح اراضی در زمین‌هایی با شیب کم (۰/۰۰۶ یا کمتر) برای بهبود یکنواختی آبیاری بسیار حائز اهمیت است. در شیب‌های ۰/۰۰۳ یا کمتر و به ویژه برای گیاهانی با بذرهای کوچک، تسطیح دقیق اراضی بسیار حساس است چرا که تغییرات کوچک در شیب زمین، نامطلوب یا حتی غیرقابل قبول می‌باشد، در حالی که همین شرایط در زمین‌هایی با شیب تندتر خسارات کمتری در پی خواهد داشت. اراضی با شیب‌های بسیار کم به هموارسازی سالانه زمین احتیاج خواهند داشت. استفاده از تجهیزات با کنترل لیزری بسیار مطلوب است. در شیب‌های تندتر، کشت بر روی خطوط تراز با هموارسازی زمین برای گیاهان دائمی مانند باغات میوه امکان‌پذیر بوده، اما برای گیاهان با تناوب سالانه دشوارتر است.

بهتر است بافت خاک و به ویژه سرعت نفوذ در تمام طول هر شیار یکنواخت باشد. این یکنواختی برای تمام زمین زیر کشت ضروری نیست چرا که با مدیریت صحیح می‌توان بر این اختلاف غلبه کرد. تغییرات محسوس خاک، موجب غیر یکنواختی نفوذپذیری شده و باید با تنظیم شکل زمین مطابق با تغییرات خاک، یا با برداشت بیشتر خاک سطح‌الارض در هنگام تسطیح زمین، نسبت به افزایش منطقی یکنواختی نفوذپذیری اقدام نمود. بدیهی است که اثرات اقتصادی انجام عملیات تسطیح با چنین حجمی یا با مرزبندی نامنظم اراضی را باید بررسی نمود. ممکن است برای خاک‌های غیر یکنواخت، سیستم‌های دیگر آبیاری مناسب‌تر باشند.

با وجود آنکه تمامی خاک‌های با سرعت‌های نفوذ مختلف را می‌توان با استفاده از روش شیاری آبیاری نمود، اما سرعت‌های نفوذ خیلی بالا یا پایین به نیروی کارگری

یا سرمایه اضافی احتیاج داشته و به ندرت توجیه اقتصادی خواهند داشت. همچنین ممکن است این خاک‌ها در صورت استفاده از آبیاری شیاری عملکرد کمتری داشته باشند. غالباً در خاک‌هایی با سرعت نفوذ بسیار زیاد، میزان هدر رفت نفوذ عمقی قابل توجه است. خاک‌هایی با سرعت نفوذ کم معمولاً دارای رواناب زیاد و دوره‌های طولانی مدت آبیاری هستند.

نیاز کارگری برای توزیع آب در شیارها متفاوت است. این نیاز به درجه مکانیزاسیون، اندازه جریان ورودی و قابلیت کنترل آن بستگی دارد. نهرهای خاکی شیبدار به همراه آبگیر، بسیار ارزان تمام می‌شوند اما به نیروی کارگری زیادی نیاز دارند. سازه‌های دائمی تنظیم‌کننده سطح آب، نهرهای بتنی و لوله‌های رو یا زیرخاکی موجب کاهش نیاز به نیروی کارگری می‌شوند. استفاده از سیفون‌ها و به ویژه لوله‌های دریچه‌دار نیز نیروی کارگری را کاهش می‌دهد. بدون توجه به میزان خودکاری سیستم یا مکانیزاسیون طرح، برای دستیابی به آبیاری یکنواخت آموزش و تجربه ضروری است. یکنواختی آبیاری شدیداً به عملکرد پرسنل باتجربه بستگی دارد.

آبیاری نشتی‌های کوچک[1]

نشتی‌های کوچک، شکل تغییر یافته شیارها هستند. در این روش از اصول بهره‌برداری و سیستم‌های خودکاری مشابه آبیاری شیاری استفاده می‌شود. نشتی‌های کوچک معمولاً در مسیر مستقیم (یا تقریباً مستقیم) به طرف پایین جاری می‌شوند و فضای کمتری را اشغال می‌کنند. آنها را می‌توان پیش یا پس از استقرار گیاه ایجاد کرد. در زمین‌هایی که شیب عرضی دارند، از آنها می‌توان برای هدایت آب‌های سطحی کم عمق به پایین دست زمین برای کاشت گیاهان متراکم استفاده نمود. این روش را می‌توان در شیب‌های تندتر با طول‌های کوتاه‌تر و استفاده از دبی غیر فرساینده به کار برد. این روش برای زمین‌های با توپوگرافی نامنظم و با شیب‌های تندتر، در جایی که تسطیح اراضی عملی یا اقتصادی نبوده و تنها

---

[1] 1- Corrugation

هموارسازی زمین لازم باشد، مناسب است. اعمال دست‌آوردهای نوین دانش آبیاری در شیارها بسیار دشوار است.

انعطاف‌پذیری آبیاری نشتی‌های کوچک از نظر میزان دبی مشابه آبیاری شیاری بوده و دارای همان محدودیت‌های کارگری است. از آنجا که نشتی‌های کوچک از شیارها کوچکتر بوده و قطعات آبیاری نیز کوچکتر هستند، غالباً از دبی‌های کمتری استفاده می‌شود.

نیاز به تسطیح اراضی در آبیاری نشتی‌های کوچک از سایر روش‌های سطحی کمتر است. استفاده از این روش در شیب‌های تند طولی ممکن بوده و برخی بی‌نظمی‌ها در شیب طولی قابل چشم‌پوشی است. در این روش، داشتن برخی از شیب‌های عرضی قابل تحمل است، اما به سبب کوچک بودن اندازه شیارها، شیب‌های عرضی نمی‌توانند زیاد باشند.

نهرهای تراز (سیلابی وحشی)[1]

در این روش، نهرها تقریباً بر روی خطوط تراز یا خطالرأس‌ها[2] احداث و آب با غرقاب ساختن زمین از بالا به پایین شیب توزیع می‌شود. عملیات هموارسازی زمین بسیار اندک بوده و یا اصولاً احتیاجی به آن نیست اما می‌توان زمین را با شیارهای کوچک آرایش داد. در این روش، سطح قابل توجهی از خاک خشک خواهد ماند. سطح آب در نهرها غالباً بوسیله بندهای متحرک تنظیم شده و از بریدگی‌های موجود در دیواره نهر برای توزیع آب در زمین استفاده می‌نمایند. بسته به میزان کنترل مورد نظر، هزینه مورد نیاز سرمایه‌گذاری و احتیاجات کارگری بسیار متفاوت است. در این روش یکنواختی توزیع آب پایین است. از این روش معمولاً در مناطقی که آب ارزان و منبع تغذیه غیر قابل اطمینان باشد (برای مثال، دره‌های کوهستانی با رواناب‌های بزرگ حاصل از ذوب برف‌ها در بهار و اوایل تابستان و جریان‌هائی که امکان ذخیره آنها نیست) استفاده می‌شود. در این روش، گیاهان کم ارزش مقاوم به فرسایش مانند چمن برای ایجاد چراگاه یا تهیه علوفه خشک، کشت می‌شوند. هنگامی که آب موجود

---

[1] Contour ditches

[2] خطالرأس‌ها در مواردی که آب به حالت دو طرفه و از دو سوی جوی آب توزیع می‌شود [م].

نیست، گیاهان به خواب می‌روند. در صورت نبود پوشش گیاهی از قبل، استقرار گیاه به سبب امکان فرسایش خاک تا زمان ایجاد پوشش گیاهی جدید دشوار بوده، و نیاز به کنترل دقیق آب و حضور نیروی کار زیاد است. این روش، شیوه‌ای بسیار غیر علمی برای آبیاری اراضی کشاورزی است.

قابلیت‌ها و محدودیت‌ها

فواید اصلی روش‌های آبیاری سطحی عبارتند از:

۱- در این روش‌ها از ابزار بسیار ساده استفاده شده و در صورت عدم کارآیی این ابزار، می‌توان با استفاده از بیل دستی و نیروی کارگری کافی کار را پیش برد.

۲- در بیشتر خاک‌ها و توپوگرافی‌ها، این روش‌ها به سرمایه‌گذاری اولیه اندکی نیاز دارد.

۳- در مواردی که تصفیه آب برای آبیاری بارانی یا قطره‌ای بسیار پرهزینه باشد می‌توان از آبیاری سطحی استفاده کرد.

۴- در صورت وجود مجموعه شرایط مناسب مانند وجود انواع خاک‌های متوسط- سنگین، تسطیح عالی، خاک‌های یکنواخت، مدیریت عالی، به منظور استفاده از دبی‌های ورودی مختلف و سیستم‌های بازگشت رواناب، امکان دستیابی به بازده و یکنواختی توزیع بالا وجود دارد.

۵- در بسیاری موارد، سیستم‌های آبیاری سطحی نیازی به ایستگاه پمپاژ ندارند ولی این امر را می‌توان به عنوان یک مشخصه منفی نیز در مواردی که برای مدیریت مؤثرتر آبیاری به سیستم بازگشت رواناب در روش‌های شیاری و نواری ضروری باشد، به حساب آورد.

۶- اگر سیستم‌های آبیاری سطحی دارای منبع تأمین آب زیاد و انعطاف‌پذیر و سیستم‌های بازگشت رواناب باشند (برای روش‌های شیب‌دار)، نیاز آنها به نیروی کارگری اندک خواهد بود.

اشکالات اصلی روش‌های آبیاری سطحی عبارتند از:

۱- این روش‌ها بیشتر از دیگر روش‌ها برای دستیابی به DU و AE بالا به «هنر» آبیاری احتیاج دارند. هنری که بیشتر کشاورزان از داشتن آن محرومند.

۲- DU روش‌های آبیاری سطحی شدیداً به عدم یکنواختی خاک در مزرعه حساس است.

۳- استفاده از عمق کم آب حتی با AE بالا دشوار است.

۴- برنامه‌ریزی آبیاری بر پایه یافته‌های علمی دشوار بوده و به سوابق دقیق از هر زمین احتیاج دارد.

۵- برخی از روش‌های آبیاری سطحی به تسطیح عالی زمین احتیاج دارند. تسطیح دقیق اراضی در زمین‌های کوچک دشوار است.

۶- نسخه‌برداری اقتصادی از سیستم‌های کارآمد آبیاری شیاری در غرب ایالات متحده که از سیستم‌های بازگشت رواناب و تسطیح عالی اراضی برخوردارند، در زمین‌های بسیار کوچک که در سایر نقاط جهان یافت می‌شوند، دشوار است.

محصولات

در عمل امکان آبیاری تمامی گیاهان زراعی با استفاده از روش‌های آبیاری سطحی وجود دارد. روش‌های آبیاری سطحی به سادگی می‌توانند یکنواختی و بازده کاربرد بالایی را داشته باشند مشروط بر آنکه تخلیه رطوبت خاک (SMD) بیش از پنج سانتیمتر باشد. برخی از گیاهان در SMDهای کمتر به خوبی رشد می‌کنند و در این صورت، استفاده از سایر روش‌های آبیاری مناسب خواهد بود.

خاک‌ها

عملکرد روش‌های آبیاری سطحی در خاک‌هایی با سرعت نفوذپذیری کم تا متوسط، مطلوب‌تر است. بسیاری از خاک‌های لوم رسی و لوم سیلتی در پایان فصل آبیاری دارای سرعت نفوذ متوسط- کم هستند، اما سرعت نفوذ در این خاک‌ها در ابتدای فصل زیاد است. به همین دلیل، ممکن است کشاورزان در ابتدای فصل با استفاده از

آبیاری بارانی به آبیاری اراضی پرداخته و پس از مدتی با کاهش سرعت نفوذ از آبیاری شیاری استفاده نمایند.

توپوگرافی

در مجموع، روش‌های آبیاری سطحی برای شیب‌های کمتر از ۱٪ مناسب هستند. شیب‌های تندتر را نیز می‌توان با استفاده از این روش‌ها آبیاری نمود اما بخشی از عملیات کنترل آب بی‌اثر شده و فرسایش (همراه با رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها و نهرها) به عنوان یک خطر جدی مطرح خواهد بود. در حالی که هدف از ابداع شیارهای تراز، رفع مشکل شیب‌های تند بوده است، در ایالات متحده در بسیاری موارد با شرایط مشابه بالا از روش‌های آبیاری بارانی یا قطره‌ای استفاده می‌کنند.

منبع تأمین آب

در بخش‌های قبل به اهمیت داشتن منابع آبی انعطاف‌پذیر و قابل اطمینان اشاره شد. اگر در پروژه آبیاری از نظر دسترسی به چاه یا منبع آب قابل اطمینان موانعی وجود دارد، می‌توان با احداث مخازن در مزرعه نسبت به انعطاف‌پذیر کردن سیستم اقدام نمود و استفاده آسان و کارآمد از جریان‌های بازگشتی رواناب را نیز ممکن ساخت.

شوری/ کیفیت آب

کیفیت آب و شوری آن غالباً برای آبیاری مزارع شالیکاری مشکل‌آفرین نیست. در صورت حرکت رو به بالا آب در خاک و عدم جریان رو به پایین، امکان افزایش شوری خاک تا حدود خطرناک وجود دارد.

در روش‌های آبیاری سطحی می‌توان با ایجاد پشته‌هایی به شکل خاص خسارات ناشی از شوری را کاهش داد. برای مثال با ایجاد پشته‌ای در مرکز بستر می‌توان به چنین هدفی دست یافت. در این صورت پشته به محل تجمع نمک تبدیل می‌شود و کشت در لبه‌های بستر امکان‌پذیر می‌گردد.

روش‌های کرتی فرصت بسیار مناسبی برای کنترل شوری و آبشویی فراهم می‌آورند. تجمع آب بر سطح خاک و نفوذ آن موجب آبشویی نمک‌ها به خارج از محدوده ریشه می‌شود. در تمامی روش‌های آبیاری سطحی امکان آبشویی تمام یا

بخش قابل توجهی از محدوده ریشه در زمان کافی وجود دارد. با وجود این، امکان آبشویی مؤثر بسترهای کشت در آبیاری شیاری و نشتی و مرزهای آبیاری نواری وجود ندارد. در بسیاری از مناطق دارای آب شور، از آبیاری بارانی برای جوانه‌زنی اولیه و پیش آبیاری استفاده می نمایند و سپس آبیاری شیاری بکاربرده می‌شود.

مزیت تمامی روش‌های آبیاری سطحی نسبت به روش‌های آبیاری بارانی، عدم تماس مستقیم برگ‌های گیاه با آب شور است.

آب و هوا

معمولاً در روش‌های آبیاری سطحی به جز در پایان فصل رشد که سرعت نفوذ خاک به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد، امکان استفاده از عمق کم آبیاری به شکل یکنواخت در تمامی سطح زمین وجود ندارد. بنابراین، انجام روش‌های آبیاری سطحی با کاربرد مقادیر کم و دقیق آب که به کشاورز اجازه دهد تا برای ذخیره بارندگی بخشی از محدوده ریشه را خشک نگهدارد، دشوار است. به منظور ذخیره بخشی از بارندگی، برخی از کشاورزان از فن آبیاری شیاری یا کرت‌های یک در میان استفاده می‌کنند. در این صورت حدود نیمی از مزرعه توان ذخیره بارش را دارد.

در کالیفرنیا، آبیاری سطحی پیش از یخبندان روشی متداول برای حفظ باغات از سرمازدگی (۰/۵ تا ۱/۵ درجه سانتیگراد) است. این حفاظت به خاطر تیره‌تر شدن رنگ خاک (افزایش جذب تشعشعات خورشیدی در طول روز) و پس دادن حرارت به محیط پس از غروب آفتاب است.

در برخی مناطق، کشاورزان شالیکار از ایجاد نوعی سپر حرارتی در طول روزهای بسیار گرم توسط آب گزارش داده‌اند. خسارات وارد شده به کشاورزان در آبیاری غرقابی دائم کمتر از آبیاری به روش‌های غیر دائمی بوده است.

تبخیر از سطوح مرطوب خاک پیش از رشد کامل گیاه در روش‌هایی که سطح خاک را کاملاً خیس می‌کنند (برای مثال، کرتی، نواری و غرقابی دائم) از روش‌هایی که تنها بخشی از خاک را مرطوب می‌سازند (مثل شیاری و کرتی نشتی) بیشتر است.

برتری قابل توجه روش‌های آبیاری سطحی نسبت به بسیاری از روش‌های بارانی عدم حساسیت این روش‌ها به باد است.

بازده

دامنه بازده پتانسیل روش‌های آبیاری سطحی بسیار گسترده بوده و تحت تأثیر عواملی چون توپوگرافی، انعطاف‌پذیری منابع آب، شرایط خاک، محدودیت مرزبندی‌ها و مدیریت تغییر می‌کند. در شرایط ایده‌آل و در صورت طراحی و اجرای صحیح، بیشتر روش‌ها از PAE_{lq}[1] بالایی برخوردار خواهند بود. به هر حال، همواره محدودیت‌هایی وجود دارند که مانع از ایجاد شرایط دلخواه می‌شوند. بنابراین PAE_{lq}های عملی دارای مقادیر کمتری خواهند بود. در جدول ۳-۲ محتمل‌ترین PAE_{lq}ها برای روش‌های گوناگون در شرایط ایده‌آل و عملی ارائه شده است.

جدول ۳-۲. بازده پتانسیل کاربرد آبیاری برای روش‌های آبیاری سطحی تحت شرایط ایده‌آل و عملی

روش	PAE_{lq}	
	ایده‌آل	عملی
کرتی	۸۰٪	۷۵٪
نواری		
- شیب‌دار با رواناب	۸۵٪	۷۵٪ [1]
- کم شیب/ ته بسته	۹۰٪	۸۰٪
- روی خط تراز	۸۰٪	۷۰٪ [1]
- نهرچه روی خط تراز	۵۰٪	۴۰٪
جریان دائمی غرقابی	۸۵	۸۰
غرقابی	۸۰	۷۵
شیاری		
- شیبدار سنتی	۷۵٪	۷۰٪ [1]
- مکانیزه	۸۵٪	۷۵٪ [1]
- تراز	۷۵٪	۶۵٪
شیاری کوچک	۷۵٪	۶۵٪

۱- در صورت وجود سیستم بازگشت رواناب، بازده پتانسیل کاربرد ۱۰تا ۱۵ درصد افزایش خواهد یافت.

---

[1] Potential application efficiency of low quarter

بازده حقیقی[۱] (AE_{lq}) همواره به سبب مشکلات مدیریتی از PAE_{lq} کمتر است. حساسیت برخی از روش‌های آبیاری سطحی به مدیریت، بیشتر از سایر روش‌ها است. به منظور انجام مقایسه، سطوح متوسط و بالای مدیریت در نظر گرفته می‌شوند. از آنجا که بازده در اثر شرایط مکانی دچار تغییرات قابل توجهی می‌شود، اثرات این شرایط بر بازده روش‌های آبیاری سطحی در بخش‌های متفاوت بحث خواهد شد.

یکنواختی توزیع پتانسیل[۲] (DU_{lq}) هنگامی که با کفایت ٪۱۰۰ آبیاری همراه باشد، برای تمامی روش‌های آبیاری سطحی به ترکیبی از عوامل گوناگون بستگی دارد که آنها را می‌توان در دو گروه «فرصت‌های متفاوت نفوذ» و «سرعت‌های متفاوت نفوذ» طبقه‌بندی نمود.

تفاوت در مدت زمان تماس خاک و آب (فرصت‌های نفوذ) به عوامل زیر بستگی دارد:

- تفاوت‌هایی که حاصل پیشروی و پسروی آب در یک حوضچه، کرت، شیار یا نوار هستند.
- اختلاف در زمان کاربرد آب و چگونگی پیشروی یا پسروی آب در حوضچه‌ها، کرت‌ها، شیارها و نوارها، (که در هنگام مقایسه، دوره‌های روزانه نسبت به شبانه مورد توجه قرار می‌گیرد).
- اختلاف در تسطیح اراضی.

تفاوت در سرعت‌های نفوذ حاصل موارد زیر است:

- انواع خاک‌ها و خاک‌ورزی متفاوت در یک مزرعه.
- تراکم متفاوت خاک در سطح یک مزرعه، برای مثال تفاوت میان مسیر عبور چرخ‌ها (مسیرهایی که مرتباً بوسیله چرخ تراکتور متراکم می‌شوند) و مسیرهای دست نخورده.
- مقادیر متفاوت شوری و به ویژه سدیم در یک مزرعه،
- شیارهای با محیط خیس شده متفاوت، در یک مزرعه.

---

[1] Application efficiency of low quarter

[2] Potential distribution uniformity of low quarter

در ارزیابی بیشتر سیستم‌های آبیاری بنا به رویه جاری تنها تفاوت‌های موجود در فرصت نفوذ در یک شیار، نوار و غیره(برای مثال، AR) مورد بررسی قرار گرفته و بنابراین مقدار DU_{lq} بیشتر از مقدار واقعی محاسبه می‌شود.

برنامه‌ریزی آبیاری

برنامه‌ریزی علمی آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی بسیار پیچیده‌تر و دشوارتر از آبیاری بارانی و قطره‌ای است. خاک (به جای آبپاش یا قطره‌چکان) میزان نفوذ آب را در طول یک دوره آبیاری کنترل می‌کند و کمبود رطوبت (SMD) را با میزان آبی که انتظار می‌رود تا در یک دور آبیاری به چارک پایین نفوذ کند، هماهنگ می‌سازد. از آنجا که هم SMD مورد نظر و هم سرعت نفوذ از یک آبیاری به آبیاری دیگر تغییر می‌کند، برنامه‌ریزی کارآمد آبیاری به مشاهده دقیق و برداشت اعماق نفوذ در هر خاک و برای هر آبیاری نیاز دارد. پس از برداشت مستندات کافی، محاسبه سرعت پیشروی یا پسروی آب و میزان نفوذ آب در نقطه LQ برای یک آبیاری خاص در زمان خاصی از سال، ممکن خواهد شد.

برنامه‌ریزی آبیاری با توجه به این واقعیت که سرعت نفوذ با تغییر فاصله شیارها یا شخم زدن خاک، تغییر خواهد کرد، پیچیده‌تر خواهد شد. همچنین، استفاده از عمق کم آب در ابتدای فصل به سبب سرعت‌های نفوذ بالا یکنواختی آبیاری را غیر ممکن می‌سازد. با وجود آنکه سرعت نفوذ خاک با تغییر شکل شیارها، با استفاده از جریان موجی، متراکم سازی خاک مثلاً با استفاده از چرخ‌های تراکتور تغییر می‌یابد، اما نتیجه کار همواره قابل پیش‌بینی نیست. به طور خلاصه، برنامه‌ریزی در آبیاری سطحی «هنر» بیشتری از آبیاری بارانی یا قطره‌ای را طلب می‌کند اما با دقت کافی در تجربیات گذشته، می‌توان نقش «هنر» را کاهش داد.

ملاحظات ساختاری

کارگر

نیروی کارگر در تشریح هر روش آبیاری سطحی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورت توزیع ساده آب در زمین به کارگر خبره و ماهر نیازی نیست؛ اما در صورت

استفاده از فنون جدید آبیاری سطحی، کارگران باید برای درک عوامل متعدد مؤثر بر DU و بازده کاربرد، آموزش ببینند.

در ایالات متحده امریکا غالباً آبیارها برای اجرای ضعیف روش‌های آبیاری سطحی مورد مؤاخذه قرار می‌گیرند اما حقیقت این است که براساس بازرسی‌های دقیق‌تر مشخص می‌شود که سرپرست‌های آنها باید مؤاخذه شوند. برای مثال سیستم‌های آبیاری نواری و شیاری کارآمد به منبع آب انعطاف‌پذیر و سیستم بازگشت رواناب مناسب احتیاج دارند. در صورت کمبود این موارد، آبیارها با محدودیت‌های بسیاری مواجه شده و دستیابی به DU و AE بالا غیر ممکن است.

کارگر مورد نیاز را می‌توان با استفاده از سرعت‌های بالاتر جریان، تسطیح مناسب زمین، در اختیار داشتن منابع آب انعطاف‌پذیر، سیستم‌های بازگشت رواناب و ابزار مناسب توزیع جریان، به کمترین مقدار ممکن کاهش داد.

دسترسی به خدمات

دسترسی به تجهیزات مناسب و افراد با تجربه در تسطیح اراضی، حساس‌ترین بخش از خدمات مورد نیاز است. علاوه بر این، دسترسی به شیرآلات جریان موجی، خطوط لوله کم فشار و شیرهای اصلی نیز حائز اهمیت است. در مجموع، راه‌اندازی و تعمیر تجهیزات هیدرولیکی ساده است.

عوامل اقتصادی

هزینه‌های سرمایه‌ای

هزینه‌های احداث سیستم‌های آبیاری سطحی بسته به میزان تسطیح مورد نیاز و هزینه‌های سیستم توزیع آب بسیار متغیر است. تقریباً تمامی روش‌ها تا حدودی به تسطیح اراضی احتیاج دارند، گرچه حجم عملیات برای برخی روش‌ها و با در نظر گرفتن شرایط مکانی آنها ممکن است متفاوت باشد. گاهی ایجاد امکاناتی برای انتقال آب به بالا یا بخش مرتفع زمین ضروری است. این نیاز می‌تواند در نهرهای خاکی، نهرهای بتنی یا خطوط لوله وجود داشته باشد. در برخی موارد به یک مخزن در مزرعه، برای کنترل برنامه توزیع آب نیاز است. در صورت نیاز به ابزار خودکار، طرح با هزینه‌های اضافی مواجه خواهد شد. ایجاد سیستم‌های بازگشت جریان در

بسیاری مناطق برای جلوگیری از خروج رواناب از مزرعه اجباری است. این سیستم‌ها امکان استفاده از جریان‌های بزرگ و نیمه خودکار را همراه با صرفه‌جویی در مصرف آب و نیروی کارگر فراهم می‌آورند. اشکال بسیار متفاوتی از سیستم‌های بازگشت رواناب وجود دارند. در این راستا، توپوگرافی محلی، میزان جریان موجود و نزدیکی زمین‌های مجاور، باید مورد بررسی قرار گیرد.

در جدول ۳-۳ نمونه‌هایی از هزینه‌های واحد اجزاء مختلف جهت راه‌اندازی یک طرح کشاورزی در مقیاس بزرگ در ایالات متحده ارائه شده است. شرایط محلی زمین، دسترسی به تجهیزات و اندازه مزرعه بر اعداد نمادین این جدول اثر می گذارند.

هزینه واحد سطح در یک سیستم کامل، به قطعه‌بندی و اندازه زمین، سرعت نفوذ آب به خاک، حجم عملیات تسطیح و به نوع سیستم توزیع آب بستگی دارد. جدول ۳-۴ دامنه هزینه‌های سیستم‌های نمونه را در ایالات متحده با توجه به هزینه واحد جدول ۳-۳ نشان می‌دهد. هدف از ارائه این هزینه‌ها فقط راهنمایی کلی است. تغییرات در شرایط واقعی مزرعه بیشتر از این خواهد بود. هزینه‌ها برای زمین‌های مختلف به گونه‌ای است که محاسبه جداگانه هزینه هر طرح به صورت کامل، برای تحلیل هر سیستم ضروری است.

جدول ۳-۳. هزینه‌های واحد برای اجزای سیستم آبیاری سطحی

موضوع	هزینه‌های واحد	
	متریک	انگلیسی
تسطیح اراضی	۱$/m^{۳}	۰/۷۵$yd^{۳}
تسطیح دقیق لیزری	۱۴۵$/ha	۶۰$/ac
نهر خاکی	۴$/m	۱/۲۵$/ft
نهر سیمانی – عرض ۱ متر	۶۹$/m	۲۱$/ft
نهر سیمانی – عرض ۰/۵ متر	۳۹$/m	۱۲$/ft
خط لوله – قطر ۰/۴ متر	۳۹$/m	۱۲$/ft
خط لوله – قطر ۰/۶ متر	۹۸$/m	۳۰$/ft
آبگیر بزرگ	۱۲۰۰$ ea	۱۲۰۰$ea
آبگیر کوچک	۱۲۰$ ea	۱۲۰$ ea
لوله دریچه‌دار – قطر ۰/۱۵ متر	۸$/m	۳$/ft

جدول ۳-۴. دامنه برآورد هزینه احداث روش‌های مختلف آبیاری سطحی

مورد		کرتی	نواری	نهرچه تراز
واحد متریک				
حجم خاکبرداری در تسطیح زمین	M^3/ha	۴۰۰–۱۶۰۰	۲۰۰–۱۲۰۰	۰–۱۰۰
هزینه‌های تسطیح زمین	$/ha	۳۷۰$_۱۴۸۰$	۱۹۰$–۱۱۱۰$	۰$–۹۰$
تسطیح دقیق با لیزر	$/ha	۱۵۰$_۱۵۰$	۱۵۰$_۱۵۰$	N/A
احداث نوار / مرز خاکی	$/ha	۱۰۰$–۱۰۰$	۷۰$–۷۰$	N/A
سیستم تامین آب				
نهر خاکی	$/ha	۴۴۰$–۵۹۰$	۱۷۰$–۶۴۰$	۱۰۰$–۴۹۰$
نهر سیمانی	$/ha	۲۰۷۰$–۳۴۲۰$	۵۹۰$–۲۴۰۰$	N/A
خط لوله	$/ha	۲۴۵۰$–۴۴۵۰$	۱۳۳۰$–۲۴۰۰$	N/A
افزودن لوله‌های دریچه‌دار	$/ha	N/A	N/A	N/A
واحد انگلیسی				
حجم خاکبرداری در تسطیح زمین	Yd^3/ac	۲۰۰–۸۰۰	۱۰۰–۶۰۰	۰–۵۰
هزینه‌های تسطیح زمین	$/ac	۱۵۰$–۶۰۰$	۷۵$–۴۵۰$	۰$–۳۰$
تسطیح دقیق با لیزر	$/ac	۶۰$–۶۰$	۶۰$–۶۰$	N/A
احداث نوار / مرز خاکی	$/ac	۴۰$–۴۰$	۳۰$–۳۰$	N/A
سیستم تامین آب				
نهر خاکی	$/ac	۱۸۰$–۲۴۰$	۷۰$–۲۶۰$	۴۰$–۲۰۰$
نهر سیمانی	$/ac	۸۴۰$–۱۳۸۵$	۲۴۰$–۹۷۰$	N/A
خط لوله	$/ac	۹۹۰$–۱۸۰۰$	۵۴۰$–۹۷۰$	N/A
افزودن لوله‌های دریچه‌دار	$/ac	N/A	N/A	N/A

ادامه جدول ۳-۴

مورد		جریان دائمی غرقابی	شیاری	شیاری کوچک
واحـد متریـک				
حجم خاکبرداری در تسطیح زمین	M^3/ha	۱۰۰–۴۰۰	۲۰۰–۱۲۰۰	۱۰۰–۴۰۰
هزینه‌های تسطیح زمین	$/ha	۱۰۰$–۳۷۰$	۱۹۰$–۱۱۱۰$	۱۰۰$–۳۷۰$
تسطیح دقیق با لیزر	$/ha	N/A	۱۵۰$–۱۵۰$	N/A
احداث نوار / مرز خاکی	$/ha	۷۰$–۷۰$	N/A	N/A
سیستم تامین آب				
نهر خاکی	$/ha	۱۷۰$–۶۴۰$	$۱۷۰–$۶۴۰	۱۷۰$–$۶۹۰
نهر سیمانی	$/ha	۳۷۰$–۱۰۴۰$	۵۴۰$–۲۱۵۰$	۵۴۰$–۲۱۵۰$
خط لوله	$/ha	۴۵۰$–۱۱۱۰$	۵۴۰$–۲۱۵۰$	۵۴۰$–۲۱۵۰$
افزودن لوله‌های دریچه‌دار	$/ha	N/A	۱۲۰$–۴۹۰$	۱۲۰$–۴۹۰$
واحد انگلیسی				
حجم خاکبرداری در تسطیح زمین	Yd^3/ac	۵۰–۲۰۰	۱۰۰–۶۰۰	۵۰–۲۰۰
هزینه‌های تسطیح زمین	$/ac	۴۰$–۱۵۰$	۷۵$–۴۵۰$	۴۰$–۱۵۰$
تسطیح دقیق با لیزر	$/ac	N/A	۶۰$–۶۰$	N/A
احداث نوار / مرز خاکی	$/ac	۳۰$–۳۰$	N/A	N/A
سیستم تامین آب				
نهر خاکی	$/ac	۷۰$–۲۶۰$	۷۰$–۲۶۰$	۷۴۰$–۲۶۰$
نهر سیمانی	$/ac	۱۵۰$–۴۲۰$	۲۲۰$–۸۷۰$	۲۲۰$–۸۷۰$
خط لوله	$/ac	۲۲۰$–۵۴۰$	۲۲۰$–۸۷۰$	۲۲۰$–۸۷۰$
افزودن لوله های دریچه‌دار	$/ac	N/A	۵۰$–۲۰۰$	۵۰$–۲۰۰$

هزینه انرژی

هزینه‌های انرژی به شدت به منبع تأمین‌کننده انرژی، منبع آب، روش انتقال آب بین اراضی و توپوگرافی منطقه بستگی دارد. استفاده از لوله‌های آلومینیومی دریچه‌دار که به پمپ‌های بوستر با فشار ۲۱۰kPa (۳۰psi) نیاز دارند برای ۶۰ هکتار زمین مناسب است. به همین شکل، احداث نهرهای آبیاری بدون نیاز به پمپ نیز معمول است. سیستم‌های مؤثر بازگشت رواناب حتماً به ایستگاه پمپاژ نیاز دارند.

هزینه کارگر

هزینه کارگر برای اجرای سیستم‌های آبیاری سطحی بسیار متغیر بوده و به طراحی سیستم، اندازه زمین، اندازه جریان ورودی، میزان خودکار بودن سیستم و عملی بودن عملیات اجرایی در روز بستگی دارد. از جدول ۳-۵ می‌توان به عنوان ابزاری برای برآورد نیازهای کارگری روش‌های گوناگون آبیاری سطحی در شرایط متوسط استفاده نمود. البته باید متوجه بود که شرایط محلی موجب تغییر نیازهای کارگری می‌شوند. مخزن بزرگ و انعطاف‌پذیر آب به کارگر بسیار کمی احتیاج دارد و در صورت راه‌اندازی سیستم بازگشت رواناب، یک نفر آبیار از عهده اداره آبیاری ۲۰۰ -۴۰۰ هکتار برمی‌آید. به طور کلی، هزینه‌های کارگری در سال اول یا دوم که دوره راه‌اندازی سیستم است، بسیار بالا بوده اما با گذشت زمان کاهش خواهد یافت.

جدول ۳-۵. نیاز کارگری روش‌های آبیاری سطحی

روش	نیاز به کارگر در هر آبیاری	
	نفر- ساعت در هکتار	نفر- ساعت در ایکر
کرتی		
- سطح وسیع	۰/۲۵	۰/۱۰
- سطح کوچک	۱/۲۵	۰/۵۰
نواری		
- استاندارد	۰/۶۵	۰/۲۵
- هدایت شده یا تراز	۱/۲۵	۰/۵۰
- نهر تراز	۶/۲۰	۲/۵۰
جریان دائمی غرقابی		
- سطح وسیع	۰/۲۵	۰/۱۰
- سطح کوچک	۱/۲۵	۰/۵۰

ادامه جدول ۳-۵.

روش	نیاز به کارگر در هر آبیاری	
	نفر- ساعت در هکتار	نفر- ساعت در ایکر
شیاری		
- شیب‌بندی سنتی	۴/۹۵	۲/۰۰
- سنتی با لوله سیفون	۱/۲۵	۰/۵۰
- سنتی با لوله دریچه‌دار	۰/۲۵	۰/۱۰
- مکانیزه	۰/۱۰	۰/۰۵
- تراز	۲/۴۵	۱/۰۰
شیاری کوچک		
- نهر خاکی	۶/۲۰	۲/۵۰
- لوله سیفون	۱/۸۵	۰/۷۵
- لوله دریچه‌دار	۰/۵۰	۰/۲۰
- مکانیزه	۰/۱۰	۰/۰۵

هزینه اجرا و نگهداری

هزینه اجرا و نگهداری (به غیر از هزینه کارگری) سیستم‌های آبیاری سطحی شامل تسطیح مجدد به صورت متناوب، احداث مجدد نهرهای درجه ۲، مرزها، سکوها یا پشته‌های خاکی، شیارها، تعویض لوله‌های دریچه‌دار و نگهداری از سیستم توزیع آب می‌شود. به طور کلی، تسطیح مجدد اراضی که قبلاً به دقت تسطیح شده باشند برای آبیاری کرتی، نواری و شیاری هر دو تا سه سال در کشت گیاهان یکساله با هزینه‌ای حدود ۱۵۰ دلار برای هر هکتار انجام می‌گیرد.

عملیات نگهداری از سازه‌های درون اراضی (نهر درجه ۲، مرزها، سکوهای خاکی و شیارها) در دفعات متعدد در طول سال انجام می‌گیرد. برای گیاهان دائمی و نیمه دائم این عملیات، در آغاز، پس از استقرار مجدد گیاه یا هنگامی که به سبب شرایط نامساعد به عملیات نگهداری نیاز باشد، انجام می‌گیرد.

نگهداری از نهرهای مزرعه، لوله‌ها، سازه‌های آبگیر و سازه‌های کنترل آبدهی سیستم، ضروری است. هزینه‌ها به نوع و کیفیت نهرها و سازه‌های مورد نگهداری

بستگی دارند. در مجموع، نهرهای خاکی و سازه‌های کنترل به بیشترین عملیات نگهداری و سیستم‌های لوله به کمترین مقدار آن نیاز دارند.

به عنوان یک راهنمای کلی برای هزینه نگهداری، می‌توان از مقادیر ارائه شده در جدول ۳-۶ استفاده نمود. برای تصحیح این مقادیر باید از تجربه محلی هنگام کاربرد استفاده نمود.

جدول ۳-۶. نمونه‌ای از هزینه‌های اجرا و نگهداری روش‌های آبیاری سطحی

مـورد	**نهر تراز**	**نواری**	**کرتی**
		$/ha/yr	
تسطیح دوره‌ای	٢٥-٣٧	٤٩-٧٤	٤٩-٧٤
نگهداری از سازه‌های مزرعه (نوارها، فاروها و غیره)		١٠-١٢	١٠-١٢
نگهداری از نهرهای خاکی		٢٥-٣٧	٢٥-٣٧
نگهداری از نهرهای سیمانی		١٢-١٧	١٢-١٧
نگهداری از خط لوله		٥-٧	٥-٧
		$/ac/yr	
تسطیح متناوب	١٠-١٥	٢٠-٣٠	٢٠-٣٠
نگهداری از سازه‌های مزرعه (نوارها، فاروها و غیره)		٤-٥	٤-٥
نگهداری از نهرهای خاکی		١٠-١٥	١٠-١٥
نگهداری از نهرهای سیمانی		٥-٧	٥-٧
نگهداری از خط لوله		٢-٣	٢-٣
	نشتی	**شیاری**	**جریان دائمی**
		$/ha/yr	
تسطیح متناوب	٤٩-٧٤	٤٩-٧٤	
نگهداری از سازه‌های مزرعه (نوارها، فاروها و غیره)	١٠-١٢	١٠-١٢	١٠-١٢
نگهداری از نهرهای خاکی	٢٥-٣٧	٢٥-٣٧	٢٥-٣٧
نگهداری از نهرهای سیمانی	١٢-١٧	١٢-١٧	١٢-١٧
نگهداری از خط لوله	٥-٧	٥-٧	٥-٧
		$/ac/yr	
تسطیح متناوب	٢٠-٣٠	٢٠-٣٠	
نگهداری از سازه‌های مزرعه (نوارها، فاروها و غیره)	٤-٥	٤-٥	٤-٥
نگهداری از نهرهای خاکی	١٠-١٥	١٠-١٥	١٠-١٥
نگهداری از نهرهای سیمانی	٥-٧	٥-٧	٥-٧
نگهداری از خط لوله	٢-٣	٢-٣	٢-٣

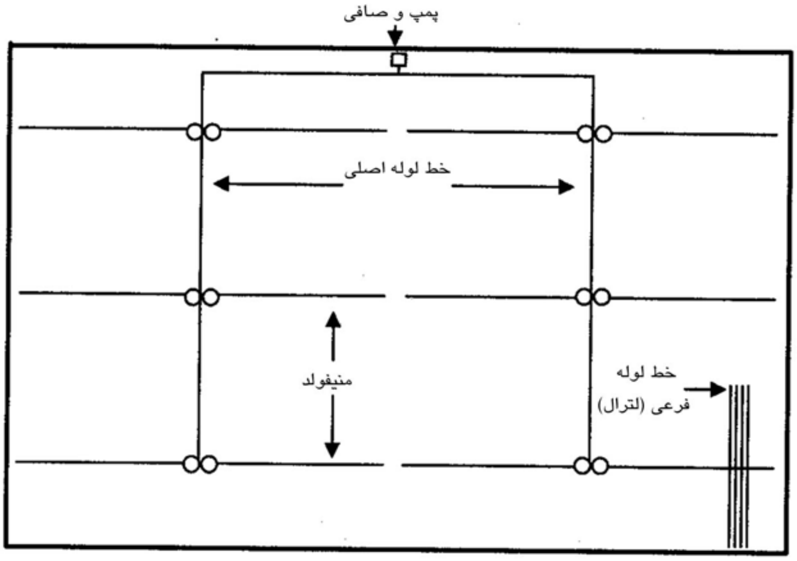
فصل چهارم

آبیاری موضعی/ قطره‌ای

توضیحات

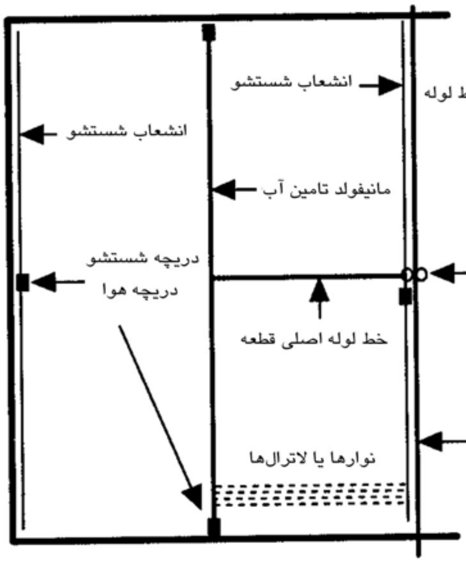
آبیاری موضعی/ قطره‌ای به روش‌های گوناگونی از آبیاری اطلاق می‌شود که در آنها آب مستقیماً در محدوده کوچکی در نزدیکی گیاهان منفرد توسط قطره‌چکان‌ها یا پاشنده‌هایی که در امتداد یک خط توزیع آب مستقر شده‌اند، پخش می‌شود. در هر باغ میوه یا تاکستان به ازای هر درخت یک یا چند وسیله پخش آب وجود دارد. در شکل ۴-۱ یک سیستم آبیاری موضعی/ قطره‌ای به صورت نمادین برای باغات میوه یا تاکستان‌ها نشان داده شده است. در شکل ۴-۲ نیز سیستم میکرو آبفشان در یک باغ بادام مشاهده می‌شود.

برای گیاهان ردیفی (مثل گل کلم، کاهو، فلفل، پنبه) و گیاهان زراعی (یونجه، حبوبات) ابزار پخش آب به اندازه کافی نزدیک گیاه مستقر می‌شود تا نیروی کاپیلاری خاک آب را برای محدوده ریشه هر گیاه فراهم آورد. استفاده از قطره‌چکان برای گیاهان زراعی که در تمام سطح مزرعه پخش می‌شوند به سبب مشکلات موجود در مرطوب نمودن تمام سطح مزرعه و قیمت پایین این محصولات، معمول نیست. طرحی از یک سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی برای گیاهان ردیفی در شکل ۴-۳ مشاهده می‌شود. همه اجزاء سیستم به جز شیرهای هر بلوک، شیرهای شستشوی سیستم و مجاری هوا، دفن شده‌اند. شیرهای هر بلوک در شکل ۴-۴ نشان داده شده‌اند.

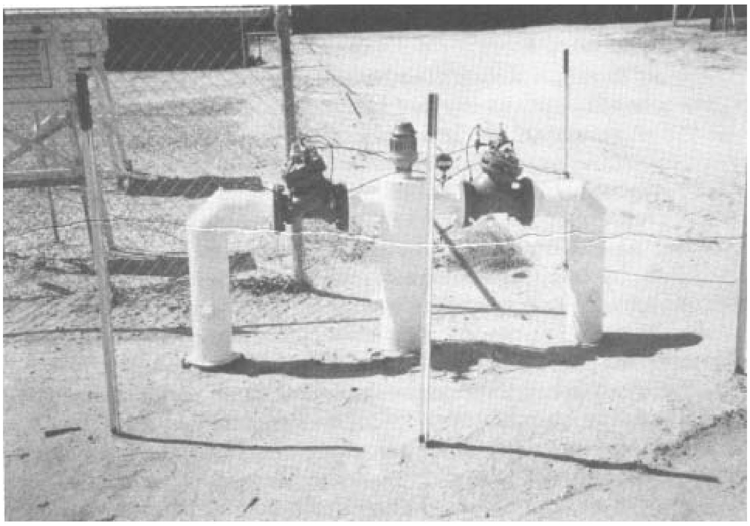

پمپ و صافی
خط لوله اصلی
منیفولد
خط لوله
فرعی (لترال)

شکل ۴-۱. نمایی از یک سیستم آبیاری موضعی/ قطره‌ای در باغات یا تاکستان‌ها

شکل ۴-۲. سیستم مه‌پاش در باغ تازه کاشت بادام. بیکرزفیلد، کالیفرنیا.


انشعاب شستشو
یک قطعه برابر در این سوی خط لوله اصلی مزرعه ایجاد شده است
اندازه قطعه= ۲ تا ۵ هکتار
انشعاب شستشو
مانیفولد تامین آب
دریچه شستشو
دریچه هوا
شیرهای مستقر بر روی زمین برای دو قطعه
خط لوله اصلی قطعه
خط لوله اصلی مزرعه
نوارها یا لاترال‌ها

شکل ۴-۳. نمایی از یک طرح نمادین سیستم قطره‌ای زیرزمینی برای گیاهان ردیفی، ساحل مرکزی کالیفرنیا



شکل ۴-۴. شیرهای قطع و وصل جهت گیاهان ردیفی برای یک سیستم ثابت آبیاری قطره‌ای زیرزمینی

در صنعت آبیاری واژه‌های رایج برای تشریح این سیستم‌ها بین افراد و مناطق مختلف، متفاوت است. به هرحال، آبیاری «قطره‌ای» معمولاً به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که از قطره‌چکان‌هایی با سرعت جریان کم برای توزیع آب بر سطح خاک استفاده می‌کنند. آبیاری «موضعی» غالباً به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که از آبفشان‌های کوچک برای پاشش افقی و عمودی آب به صورت قطرات بسیار ریز[۱] یا بارش[۲] استفاده می‌کنند. برخی افراد در صنعت، بین «میکرو آبفشان»[۳] که دارای جزء متحرکی نیست و «میکرو آبپاش»[۴] که دارای جزء دورانی است، تفاوت قائل می‌شوند. سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای تقریباً همیشه «ثابت» هستند، بدین معنا که تجهیزاتی مانند لاترال‌ها و ابزار پخش آب در طول فصل رشد در یک مکان باقی می‌مانند. این سیستم‌ها را می‌توان به صورت دائمی احداث نمود (به ویژه برای درخت‌ها، تاک‌ها و برای برخی از گیاهان ردیفی) یا می‌توان آنها را به صورت متحرک طراحی نمود و پس از تکمیل یک فصل آبیاری آنها را به مزرعه دیگری منتقل نمود. سایر سیستم‌ها ترکیبی هستند، بدین صورت که شامل یک لوله اصلی توزیع آب، مدفون در زیر خاک با لاترال‌ها و انشعابات قابل حمل، می‌شوند.

برای جلوگیری از گرفتگی آب‌چکان‌ها سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای به آب بسیار تمیز نیازمند هستند. اجزا صافی بیشترین سهم هزینه و نگهداری آبیاری موضعی/قطره‌ای را به خود اختصاص می‌دهند. علاوه بر این، معمولاً برای جلوگیری از گرفتگی تجهیزات در اثر رشد باکتری‌ها و یا رسوبات شیمیایی در لوله‌های فرعی و آب‌چکان‌ها، افزودن مواد شیمیایی به آب آبیاری ضروری است. سرعت جریان برای هر قطره‌چکان یا میکروآبپاش بسیار کم است، با این وجود در برخی از میکروآبفشان‌ها و میکروآبپاش‌ها، قطر پاشنده چنان بزرگ است که می‌توان آنها را

1- Spray

2- Sprinkler

3- Micro sprayers

4- Micro sprinklers

باز هم به عنوان آبپاش‌های ثابت با شدت جریان کم، طبقه‌بندی نمود. دامنه کلی سرعت‌های جریان قطره‌چکان‌ها در جدول ۴-۱ گردآوری شده است.

از آنجا که سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای ثابت هستند، خودکار کردن بسیاری از آنها آسان است. این سیستم‌ها برای مدیران آبیاری که قصد اختلاط کود و آب (کود آبیاری) را درون سیستم آبیاری دارند، مناسب هستند. آب آبیاری معمولاً از طریق قطره‌چکان‌ها یا میکرو آبپاش‌ها به صورت روزانه یا در دفعات متعدد در طول هفته مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی مدیران سیستم را برای دوره‌های ساعتی تنظیم می‌کنند، حتی برخی از این سیستم‌های آبیاری برای آبیاری یکباره کل مزرعه طراحی می‌شوند. به هرحال، با توجه به روند افزایشی استفاده از قطره‌چکان‌هایی با شدت جریان بیشتر (مانند میکرو آبفشان‌ها) یا قطره‌چکان‌هایی با فاصله نصب کمتر (همانند آنهایی که برای گیاهان ردیفی استفاده می‌شوند) معمولاً ضروری است که کل جریان پمپ، بین دو تا هشت قطعه فرعی در یک مزرعه واحد توزیع شود.

جدول ۴-۱. شدت جریان در آب‌چکان‌های نمونه در سیستم‌های آبیاری موضعی/ قطره‌ای

نوع قطره چکان	دامنه تقریبی دبی- (لیتر در ساعت)
نوار قطره چکان مخصوص محصولات ردیفی	۱/۲ — ۰/۵
لاترال قطره چکان مخصوص محصولات ردیفی با قطره چکان‌های با فاصله	۳/۶ — ۱/۲
قطره چکانهای مخصوص باغ/ تاکستان (روی خاک)	۱۱/۰ — ۲/۵
قطره چکانهای مخصوص باغ/ تاکستان (زیر خاک)	۳/۰ — ۱/۳
میکرو آبفشان/ میکروآبپاش مخصوص باغ/ تاکستان	۷۵/۰ — ۲۲/۰

انواع روش‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای

انواع گوناگونی از سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای وجود دارد. برخی از تفاوت‌ها حاصل محدودیت‌های زراعی یا باغی است. برای مثال در حالی که کنترل سرمازدگی برای مرکبات و اواکادو در برخی مناطق بسیار حائز اهمیت است، میکروآبپاش‌ها/ میکروآبفشان‌ها برای کنترل آب و هوا مناسب‌تر از قطره‌چکان‌ها هستند. در باغات بادام قطره‌چکان‌ها مناسب‌تر هستند چرا که آنها آبیاری ردیف‌های متناوب را بدون مرطوب ساختن خاک ردیف‌های مجاور ممکن می‌سازند، در حالی که در میکروآبپاش‌ها/ میکرو آبفشان‌ها این امر ممکن نیست. آبیاری ردیف‌های متناوب به صورت بالا برای بادام حائز اهمیت است چرا که ممکن است در ردیف‌های متناوب گونه‌های مختلفی کشت شده باشند که نیاز به تنش در روزهای متفاوتی قبل از برداشت، داشته باشند. استفاده از میکرو آبپاش‌ها/ میکرو آبفشان‌ها برای گیاهان باغی با سیستم ریشه متراکم و کم عمق مانند اواکادو بهتر از قطره‌چکان‌ها خواهد بود. برعکس، برای درختانی که در مجاورت یکدیگر می‌رویند قطره‌چکان‌ها مناسب‌تر هستند، چرا که با طراحی تعداد زیادی قطره‌چکان برای هر درخت حجم خاک مرطوب شده بیشتر خواهد شد، و در ضمن درخت و تنه آن در شکل پاشش اختلال ایجاد کرده و طراحی آبپاش‌ها را دچار مشکل می‌سازد. مرکبات در مناطقی می‌روید که با هرس کردن درختان از رسیدن شاخه‌ها به زمین جلوگیری می‌کنند؛ میکرو آبفشان‌ها در چنین شرایطی سطح بزرگی را مرطوب می‌سازند. اگر مرکبات به گونه‌ای هرس شوند که شاخه‌ها به زمین برسند، میکرو آبفشان‌ها در حقیقت به قطره‌چکان‌هایی با سرعت جریان بالا تبدیل می‌شوند چرا که آب با برگ‌ها برخورد کرده و پخش نخواهد شد. قطره‌چکان‌ها عموماً در خاک‌های ماسه‌ای سطح کوچکتری را نسبت به خاک‌های لومی یا رسی با مصرف همان مقدار آب مرطوب می‌سازند. بدین ترتیب، استفاده از آبیاری قطره‌ای در خاک‌های ماسه‌ای بسیار گرانتر از خاک‌های با بافت سنگین است. زیرا در خاک‌های ماسه‌ای تعداد بیشتری قطره‌چکان (و گاهی مواقع یک لاترال اضافی برای هر ردیف درخت) برای دستیابی به سطح خیس شده مورد نظر (معمولاً در حد مطلوب ٪۶۰ است)، نیاز است. هزینه سیستم‌های میکرو آبپاش/ میکرو آبفشان در

تمامی خاک‌ها تقریباً برابر است، چرا که سطح خیس شده چنان بزرگ است که حرکت کاپیلاری آب فراتر از محدوده پاشش نخواهد بود.

آبیاری قطره‌ای باغ/تاکستان (روی زمین)

در این سیستم‌ها برای گیاهانی که در ردیف‌های نزدیک به هم کشت می‌شوند (فاصله ردیف‌ها کمتر از ۴ متر) از یک خط لوله برای هر ردیف استفاده می‌شود. برای ردیف‌های با فاصله بیشتر، از دو یا چند خط لوله استفاده خواهد شد. قطره‌چکان‌ها معمولاً در ناحیه خشک مستقر می‌شوند تا حداقل ٪۶۰ حجم محدوده ریشه مرطوب شده و ذخیره رطوبتی کافی برای دوره‌های تبخیر و تعرق زیاد و همچنین تضمینی برای روزهای متمادی از کارافتادگی سیستم وجود داشته باشد. محدوده‌های رطوبتی کوچکتر برای مناطقی طراحی می‌شوند که از آب باران کمک می‌گیرند.

قطره‌چکان‌هایی که در باغات و تاکستان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند معمولاً جدای از خط لوله پلی‌اتیلن تولید می‌شوند و بسته به شکل و طرح قطره‌چکان در کارخانه و یا در مزرعه بر روی لاترال نصب می‌شوند. بیشتر لاترال‌ها از پلی اتیلن و با قطری بین ۱۶ تا ۳۲ میلیمتر ساخته می‌شوند. طول لاترال‌ها نیز بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر متغیر است. در مورد باغات، معمولاً یک لاترال تا انتهای ردیف درختان در سطح خاک و دقیقاً در مجاورت تنه آنها قرار می‌گیرد. درصد کمی از طول لوله (۱/۵ – ۲/۵ درصد) نیز برای خنثی کردن انبساط و انقباض لوله در اثر تغییرات دما به لوله اضافه می‌شود. در طرح‌های جدید به ندرت از لوله اسپاگتی برای انتقال آب از قطره‌چکان به فاصله دورتر از درخت استفاده می‌کنند، هر چند این روش در طرح‌های اولیه بسیار رایج بوده است. پس از بروز مشکلاتی مثل جا به جایی در اثر باد یا گره‌خوردگی در لوله اسپاگتی به مرور زمان، استفاده از این لوله‌ها منسوخ شد. چنانچه یک ردیف قطره‌چکان برای تأمین رطوبت خاک کافی نباشد، معمولاً دو لاترال در دو طرف ردیف درختان و دور از مسیر عبور ماشین‌آلات قرار می‌گیرد.

در تاکستان‌ها استفاده از یک لاترال برای هر ردیف کاشت همواره کافی است چرا که درختان در ردیف کاشت دارای فاصله کم هستند. معمولاً از یک یا دو قطره‌چکان برای هر تاک استفاده می‌کنند. بسته به منطقه و ادوات کاشت/ برداشت، خط لوله را

می‌توان در مجاورت تنه تاک‌ها و در سطح خاک قرار داد و یا آن را در ارتفاعی حدود ۰/۳ متر در هوا معلق ساخت (شکل ۴-۵). معلق‌سازی لاترال‌ها، به داربست و شبکه سیم‌هایی احتیاج دارد تا شاخه‌های مو و خط لوله هر دو بدان متصل شوند. معلق‌سازی لوله‌ها امکان خاک‌ورزی در زیر تاک‌ها را بدون صدمه زدن به لوله و قطره‌چکان‌ها فراهم می‌آورد. اخیراً تلاش‌هایی برای استفاده از دو خط لوله به ازای هر ردیف مو صورت گرفته است. به گونه‌ای که، در هر ردیف برای هر تاک یک قطره‌چکان تعبیه می‌شود. با تغییر متناوب آبیاری بین لوله‌ها (برای مثال، به مدت ۲ هفته از یک لوله و ۲ هفته بعد از لوله دیگر)، کشاورزان قادر به ایجاد تنش در بخش‌های مختلف سیستم ریشه بطور متناوب خواهند بود. برخی کشاورزان بر این باورند که ایجاد تنش متناوب، تعرق را کاهش داده و کیفیت انگور را بدون کاهش محصول افزایش خواهد داد.

شکل ۴-۵. لاترال و قطره‌چکان معلق در یک تاکستان

سیستم‌های آبیاری قطره‌ای باغات و تاکستان‌ها از اوایل دهه ۱۹۸۰ در بسیاری از نقاط جهان در اراضی بزرگ راه اندازی شده است. با بهبود کیفیت تجهیزات امروزه قطره‌چکان‌ها و لوله‌های بسیار خوب و متنوعی در دسترس هستند. در حال حاضر

بیشتر قطره‌چکان‌ها به یکی از دو صورت زیر طراحی و ساخته می‌شوند، «قطره‌چکان با مسیر مارپیچی» و «قطره‌چکان جبران‌کننده فشار». قطره‌چکان‌های با مسیر مارپیچی بیشتر مورد استقبال قرار گرفته‌اند، چرا که مسیرهای عبور نسبتاً طولانی را ایجاد کرده و مشکلات ناشی از گرفتگی مسیر در آنها در مقایسه با قطره‌چکان‌های حلقوی یا خطی کمتر است. قطره‌چکان‌های با مسیر مارپیچی امکان جبران منطقی فشار را فراهم می‌آورند (تغییرات دبی قطره‌چکان تقریباً با ریشه دوم تغییرات فشار متناسب است). از آنجا که قطره‌چکان‌های مارپیچی دارای اجزاء متحرک نیستند، این قطره‌چکان‌ها نسبتاً ارزان قیمت، خوش ساخت و بادوام هستند.

دومین نوع پرمصرف، قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار یا جبران‌کننده فشار است. در این نوع قطره‌چکان یک دیافراگم متحرک اندازه مسیر عبور جریان را با افزایش فشار محدود ساخته و امکان تثبیت دبی را فراهم می‌آورد. انواع و مدل‌های بسیاری از این قطره‌چکان‌های جبران‌کننده فشار موجود هستند. اما تنها برخی از آنها مورد تأیید فنّی بوده و مشخصات مورد نظر را در هنگام خرید و پس از چند سال کارکرد، دارا هستند. برخی از آنها از ویژگی خودشویی بسیار خوبی برخوردارند. به منظور کاهش مشکلات این گونه قطره‌چکان‌ها، خریداران باید خواستار قطره‌چکانی با ضریب تغییرات ساخت بسیار پایین (CV ساخت کمتر از ۰/۰۵) و اطمینان از برقراری رابطه فشار/ دبی براساس یک منحنی از قبل تعیین شده، باشند. ضمانت مناسب و مطمئن برای همان عوامل (CV، دبی متوسط در یک فشار مشخص و چگونگی تغییرات جریان با فشار) برای یک دورهٔ کارکرد ۳-۵ ساله نیز لازم است.

آبیاری قطره‌ای باغ/تاکستان (زیرزمینی)

روش‌های آبیاری قطره‌ای باغ/ تاکستان (زیرزمینی) برای باغات و تاکستان‌ها یک مفهوم نسبتاً جدید است. اراضی تحت پوشش آنها محدود بوده لیکن این روش موضوع تعداد قابل توجهی از مقالات پژوهشی پرطرفدار در زمان چاپ این کتاب بوده است. دلایل فرضی تمایل کشاورزان به آبیاری قطره‌ای زیرزمینی بسیار واضح است؛ در این روش تبخیر از سطح خاک، رشد علف‌های هرز و رطوبت در باغ (و در

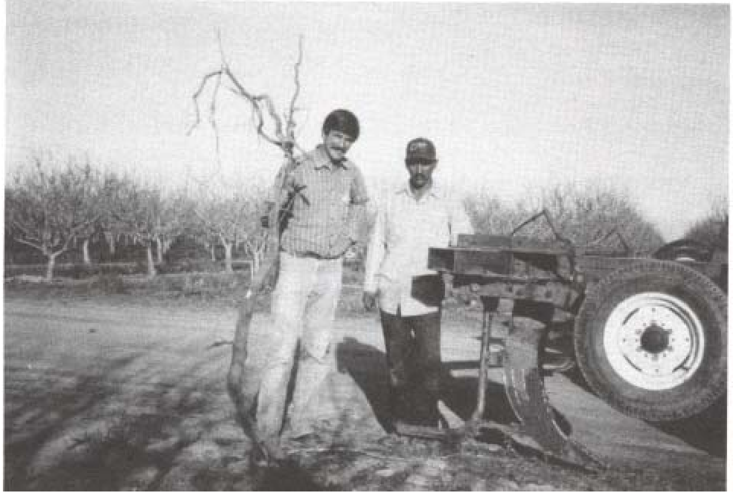
نتیجه مشکلات ناشی از بیماری‌ها) کاهش یافته و امکان حرکت و انجام عملیات زراعی در مزرعه در هر زمان بدون توجه به برنامه آبیاری فراهم می‌شود.

در عمل، معمولاً هیچ یک از مزایای بالا حاصل نمی‌شوند. زیرا به جای پراکنش آرام آب در خاک اطراف قطره‌چکان، آب مستقیماً تحت فعالیت کاپیلاری به سطح خاک می‌رسد. دبی زیاد قطره‌چکان‌ها و پایین بودن هدایت آبی خاک دلایل این امر هستند. هدایت آبی ضعیف خاک غالباً تحت تاثیر کیفیت آب آبیاری قرار می‌گیرد. رفع مشکل کیفیت آب (با استفاده از پلیمرهایی مانند پلی اکریل آمیدها یا تزریق گچ)، استفاده از قطره‌چکان‌هایی با جریان کم و سیستم قطع و وصل آبیاری به صورت خودکار و به مدت کمتر از ۳۰ دقیقه تا یک ساعت، راه‌حل‌های موجود هستند. تجهیزات استفاده از قطره‌چکان‌هایی با دبی کم خلاف روند جریان تاریخی این صنعت است، چرا که برای کاهش مشکلات ناشی از گرفتگی قطره‌چکان‌ها تمایل عمومی به استفاده از قطره‌چکان‌های با دبی بیشتر بوده است. قطع و وصل جریان آب نیز یکنواختی کاربرد آب را در زمان‌های آغاز و قطع جریان به جز در لاترال‌های کوتاه، قطعات کوچک و زمین‌های تخت، برهم می‌زند. برخی از نمونه‌های جدید قطره‌چکان‌ها، دارای یک روزنه کنترل داخلی هستند که از خروج آب از قطره‌چکان در مواقعی که فشار لوله به حدود (۱۴kPa) کاهش می‌یابد، جلوگیری به عمل می‌آورد. این امر در زمین‌های مسطح خیلی مفید خواهد بود.

ممکن است به سبب گرفتگی لوله‌ها در اثر ورود ریشه به قطره‌چکان مشکلات زیانباری برای سیستم ایجاد شود. در زمان انتشار این کتاب تنها فن تائید شده و موجود برای جلوگیری از ورود ریشه به قطره‌چکان استفاده از قطره‌چکان‌های آغشته به تریفلورالین است. هرگونه تزریق تریفلورالین در ایالات متحده باید مطابق با دستورالعمل بر چسب روی آن باشد.

عمق مناسب و محل استقرار لوله آبده نکته ابهام برانگیز دیگری در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرزمینی است. عمق نصب بین ۰/۴۵ تا ۰/۷۵ متر تغییر می‌کند و عمق کمتر رواج بیشتری دارد. محل استقرار لوله‌ها باید به گونه‌ای باشد که تراکم حاصل از عبور چرخ ماشین‌آلات بر لوله‌ها اثر نگذارد. در تاکستان‌های کشت شده برخی از کشاورزان لوله را در خط میانی بین ردیف‌ها نصب می‌کنند. در باغات، کشاورزان شکل‌های مختلفی را تجربه می‌کنند، که از آن جمله می‌توان به لوله‌های

دفن شده در مسیر بین ردیف درختان و استقرار یک لوله روی سطح زمین و در کنار ردیف درختان اشاره کرد. در هنگام استقرار سیستم‌های زیرزمینی در میان گیاهان کشت شده باید احتیاط کرد تا از بروز صدمات جدی به ریشه گیاهان جلوگیری شود (شکل ۴-۶).



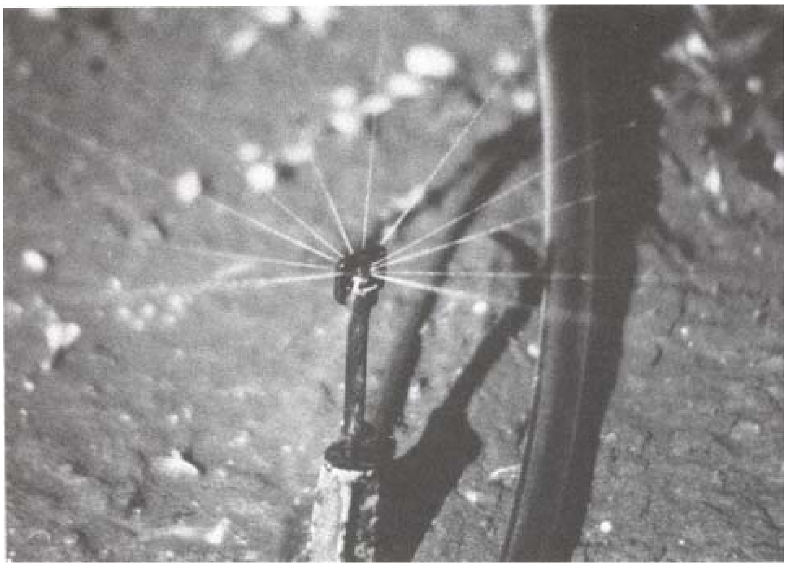
شکل ۴-۶. ریشه‌های کنده شده در اثر عملیات نصب سیستم آبیاری قطره‌ای زیرزمینی در یک باغ پسته

میکرو آبفشان و میکرو آبپاش در باغات/ تاکستان‌ها

سیستم‌های میکرو آبفشان و میکرو آبپاش (در این بخش از آنها تحت عنوان «آبیاری موضعی» یاد می‌شود) در اوایل دهه ۱۹۸۰ مورد استقبال بسیار قرار گرفتند. بسیاری از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در آن زمان به سیستم‌های آبیاری موضعی تبدیل شدند. در بسیاری از موارد مشخص نیست که سیستم آبیاری موضعی بهتر است یا قطره‌ای. در سیستم‌های آبیاری موضعی قطر لوله فرعی بیشتر از سیستم‌های قطره‌ای است، چرا که دبی میکرو آبپاش‌ها در آبیاری موضعی بسیار بیشتر از آبیاری قطره‌ای باشد. به دلیل مشابه طول لوله‌های فرعی در این روش کوتاه‌تر از آبیاری قطره‌ای می‌باشد. به سبب دبی بالای میکروآبپاش‌ها، مزرعه تحت آبیاری موضعی را غالباً به ۶ قطعه یا بیشتر تقسیم می‌کنند که در هر زمان تنها یکی از آنها

آبیاری می‌شود.[1] در حالی که بیشتر مزارع تحت آبیاری قطره‌ای به دو قطعه تقسیم می‌شوند. اثر مستقیم این امر گران‌تر بودن سیستم‌های آبیاری موضعی نسبت به سیستم‌های قطره‌ای است. البته گیاهان با سطح سایه‌انداز بیشتر مانند گردو استثناء هستند، چرا که در چنین شرایطی در آبیاری قطره‌ای به لوله‌های فرعی متعددی برای هر ردیف درخت نیاز است در حالی که در آبیاری موضعی تنها یک لوله برای هر ردیف درخت کافی است.

میکرو آبفشان‌ها و میکرو آبپاش‌ها را با استفاده از یک لوله اسپاگتی به طول ۱/۰-۰/۳ متر به لاترال وصل می‌کنند. این نحوه اتصال امکان تغییرات و جابجایی لاترال را در اثر تغییرات دما و یا اتصال تجهیزات را بوجود می‌آورد و در عین حال لوازم پاشش بدون حرکت در جای خود باقی می‌ماند. قیم‌ها در اشکال گوناگون (با ارتفاعی حدود ۰/۳-۰/۱ متر) برای نگهداشتن میکرو آبفشان‌ها و میکرو آبپاش‌ها بر روی زمین طراحی شده‌اند (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷. میکرو آبفشان در حال آبیاری

---

[1] ۱- تقسیم زمین به ۲ یا ۶ قسمت امر قطعی نیست و به وسعت زمین، آب قابل دسترس، ساعت آبیاری هر بخش از زمین (Zone) و دور آبیاری بستگی دارد [ویراستار].

در آغاز این بخش توضیحاتی در مورد فواید و محدودیت‌های آبیاری موضعی در مقابل آبیاری قطره‌ای ارائه شده است. برتری آشکار سیستم‌های آبیاری موضعی نسبت به آبیاری قطره‌ای عدم نیاز به تصفیه دقیق آب است. چرا که با توجه به قطر بزرگ نازل و طول کم لوله‌ها در مسیر، احتمال گرفتگی لوله کاهش می‌یابد. البته باید توجه داشت که این مزیت فریبنده است چرا که سرعت جریان زیاد در خروجی قطره‌چکان همراه با ذرات سیلت (که طی مرحله تصفیه از آب جدا نمی‌شوند) در لوله موجب ساییدگی نازل‌ها و صفحات پاشش می‌شود. بسیاری از کشاورزان حتی با در اختیار داشتن امکانات تصفیه بسیار خوب (۱۵۰mesh و بهتر) در حال حاضر برای نازل‌ها عمری بین ۶-۸ سال بیشتر در نظر نمی‌گیرند. عمر حقیقی این ابزار به جنس پلیمرهایی که در ساخت نازل‌ها و صفحه‌های پاشش از آنها استفاده شده، همچنین به نوع ترکیبات و میزان تصفیه آب بستگی دارد.

آبیاری موضعی نیز تا حدودی قادر به حفظ گیاهان از سرمازدگی است. علاوه بر آن، در این روش حجم بیشتری از خاک نسبت به سیستم‌هایی با یک قطره‌چکان خیس می‌شود. در برخی مناطق، مقابله با سرمازدگی با استقرار میکروآبفشان‌ها بر روی پوشش گیاهی[1] مرکبات در فصل سرما صورت می‌گیرد. میکروآبفشان‌ها، مجدداً در فصل آبیاری بر روی زمین مستقر خواهند شد. استفاده از سیستم‌های آبیاری موضعی برای مقابله با سرمازدگی باید با دقت بسیار انجام گیرد. چرا که یک سرمای بسیار سخت، دبی خروجی از میکرو آبفشان‌ها را سریعاً از یک وسیله حفاظتی سرما به یک وسیله سرمایش تبخیری تبدیل می‌کند.

کاستی‌های آبیاری موضعی در مقایسه با آبیاری قطره‌ای، شامل هزینه بیشتر آن در برخی از طرح‌ها، تلفات تبخیر بیشتر (در صورتی که آب فراتر از سطح سایه‌انداز پخش شود) و عدم کنترل آسان محدوده مرطوب شده در زمان‌های خاصی از سال می‌شود. برخی از میکرو آبپاش‌ها دارای فشار جبران‌کننده هستند. جبران فشار ممکن است در درون میکرو آبپاش و یا با استفاده از یک زائده کنترل جریان که در ابتدای لوله اسپاگتی نصب می‌شود، صورت گیرد. در حین انتخاب این لوازم باید دقت نمود زیرا کیفیت برخی از آنها چندان مطلوب نیست.

---

[1] Canopy

در پایه یکی از انواع میکروآبفشان‌های موجود در بازار، یک بالن کوچک تعبیه شده است. دبی‌های کم نخست بالن را پر می‌کند. با پر شدن این محفظه، جریان ناگهان از میکرو آبپاش خارج و مخزن تخلیه می‌شود. این نوع قطع و وصل، امکان تبدیل قطره‌چکانی با دبی کم را به یک سیستم میکروآبفشان با دبی زیاد و متناوب را فراهم می‌سازد.

آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی (روی زمین)

آبیاری قطره‌ای سطحی گیاهان ردیفی، از نخستین سال‌های ابداع این روش آبیاری مورد استفاده بوده است. آبیاری قطره‌ای روی سطح زمین، دارای چهار گروه اصلی است.

۱- در خاک‌های شنی مرجانی فلوریدا، لوله قطره‌چکان بخشی از یک «کشت زیر پلاستیکی» است. به گونه ای که نوار قطره‌چکان[1] (شیلنگ‌هایی با دیواره نازک با قطره‌چکان‌هایی در دیواره که به صورت نوار است) در زیر پلاستیکی که برای سبزیجات نصب شده مستقر می‌شود. محل استقرار بسیار حائز اهمیت است. چرا که فعالیت کاپیلاری خاک برای ایجاد جریان روبه بالای آب نسبت به قطره‌چکان‌های مدفون بسیار کم است. دبی قطره‌چکان‌های سیستم‌های نصب شده زیر پوشش پلاستیکی، نسبتاً بالا است.

۲- بسیاری از کشاورزان برای گوجه فرنگی، نخود فرنگی شیرین و گیاهان مشابه از نوارهای قطره‌چکان کم دوام برای یک یا دو فصل کشت استفاده می‌کنند. این کشاورزان غالباً دارای اراضی کوچکی هستند که به سبب حقابه کم و اندازه‌های غیر معمول این زمین‌ها، آبیاری آنها با استفاده از لوازم دیگر بسیار دشوار است. سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی روش ساده‌ای برای آبیاری مکرر این گیاهان پرارزش هستند؛ آنها همچنین مشکلات ناشی از

---

[1] Tape

۱- میکروآبفشان مورد نظر مؤلف همان Pulsator می‌باشد که به جای یک جریان ثابت از میکروآبفشان آب ابتدا وارد یک بالن کوچک شده وقتی فشار در بالن افزایش یافت دریچهٔ خروجی آبفشان باز شده و آب به بیرون فوران می‌کند و تا پر شدن مجدد بالن وقفه ایجاد می‌شود این کار (تپش) باعث می‌شود آب با فشار بیشتری خارج شود و امکان گرفتگی به حداقل می‌رسد [ویراستار].

مرطوب شدن شاخ و برگ درختان و میوه‌ها را که در آبیاری بارانی مرسوم است را ندارند. این سیستم‌ها، به سبب عمر کوتاه، غالباً دارای تجهیزات تصفیه مختصر و کمترین عملیات نگهداری هستند. نوارها اصولاً دارای ضخامت کم (۱۰۰ تا ۴۰۰ میکرون) می‌باشند.

۳- استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای زیر سطحی برای برخی گیاهان خاص مانند کرفس به سبب شرایط برداشت یا سیستم ریشه گیاه، مناسب نیست. به هر حال، امکان تولید محصول و حفظ کیفیت گیاه با مرطوب نمودن مداوم محیط بوسیله آبیاری قطره‌ای وجود دارد. برداشت کرفس با استفاده از تجهیزات سنگین در خاک‌های مرطوب در دو جهت عمود بر هم صورت می‌گیرد. این موجب تراکم خاک و یا تخریب نوارهای دفن شده خواهد شد. سیب زمینی شیرین دارای سیستم ریشه‌ای متراکمی است که مشکلات ناشی از تداخل ریشه آن با نوارهای دفن شده از سایر گیاهان مورد نظر بیشتر است. در سایر گیاهان، برخی از کشاورزان سیستم‌های قابل حمل را به دلایل متعدد ترجیح می‌دهند.

به همین جهت کشاورزان غالباً از نوارهای چند بار مصرف یا سایر شیلنگ‌ها با قطره‌چکان‌های داخلی که می‌توان آنها را از انتهای مزرعه جمع کرد، استفاده می‌نمایند. ادوات تجاری برای جمع‌آوری نوار یا شیلنگ به منظور استفاده مجدد ابداع شده‌اند. به سبب اتصالات متعددی که در شیلنگ بکار برده می‌شود بطور محدود می‌توان از نوارها با طول‌های نسبتاً متفاوت برای دفعات متعدد در اراضی استفاده کرد.

۴- بیشترین سطح زیر کشت در آبیاری قطره‌ای سطحی گیاهان ردیفی، به گونه‌های متعددی از گیاهان کوتاه (گل کلم، کاهو، فلفل، پیاز، ...) تعلق دارد که از سطح مرطوب خاک صدمه نمی‌بینند (برخلاف گوجه فرنگی). کشاورزان فواید آبیاری قطره‌ای را در یافته‌اند اما تمایلی برای سرمایه‌گذاری در مدیریت پیچیده و تجهیزات ویژه‌ای که برای آبیاری قطره‌ای زیر سطحی ضروری است، ندارند. الگوهای گوناگون آبیاری قطره‌ای سطحی کمتر از انواع زیر سطحی آن به تغییرات خاک حساس هستند. همچنین نوارهای قابل حمل

امکان تغییر فاصله بین ردیف‌ها را در زمان تناوب گیاهی فراهم می‌آورند. استقرار نوار در عمق ۳ تا ۵ سانتیمتری زیر سطح خاک معمول است به اندازه‌ای که آنها را در برابر باد حفظ کند. سپس بلافاصله بعد یا قبل از برداشت جمع‌آوری می‌شوند. برخی از این نوارها ۳ تا۱۰ بار (فصل کشت) پیش از نابودی نهایی استفاده می‌شوند. لوله‌های نیمه اصلی و انشعابات ممکن است ثابت یا قابل حمل باشند.

آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی (زیرزمینی)

آبیاری قطره‌ای زیرزمینی در گیاهان ردیفی دارای دو دسته اصلی «تک گیاه» و «دائمی» است که ذیلاً به تشریح آنها می‌پردازیم.

۱- سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرزمینی «تک گیاه» در آبیاری توت فرنگی و نیشکر در ایالات متحده و هاوایی از دهه ۱۹۷۰ اهمیت خاصی پیدا کردند. این سیستم‌ها دارای یک خط اصلی زیر سطحی و یک سیستم لوله‌های نیمه اصلی همراه با سیستم تصفیه دائمی هستند. نوارهای قطره‌چکان در عمق ۲۵-۱۰ سانتیمتری خاک قبل، در حین و یا درست پس از کاشت یا نشاء گیاه دفن می‌شوند. باد و صدمات ناشی از شخم مشکلات کمتری را برای نوارهای دفن شده نسبت به نوارهای سطحی ایجاد می‌کنند.

در مورد توت فرنگی استفاده از نوار قطره‌چکان ایده‌آل است. چرا که بستر توت فرنگی را روی پشته آورده و روی آنها را با پلاستیک می‌پوشانند به نحوی که توت‌ها با خاک مرطوب تماس پیدا نکند و به قارچ مبتلا نشوند. آبیاری قطره‌ای، آبیاری مکرر سیستم ریشه کم عمق و حساس توت‌فرنگی را ممکن ساخته و میوه‌ها را خشک نگاه می‌دارد.

نیشکر، به سبب ارتفاع زیاد ساقه، برای سیستم‌های بارانی متحرک دستی یا آبیاری بارانی چرخدار مناسب نیست. سیستم‌های دوار مرکزی و بارانی خطی قادر به پوشش زمین می‌باشند. اما اندازه نامتعارف زمین و اراضی بسیار ناهموار غالباً مانع کاربرد آنها می‌شود. از آبیاری جویچه‌ای نیز نمی‌توان به شکل مؤثری استفاده نمود چرا که رشد نیشکر چنان وسیع و شدید است که

جویچه‌ها را مسدود می‌سازد. اراضی ناهموار نیز در برخی مناطق استفاده از آبیاری جویچه‌ای را غیر ممکن می‌سازند. به دلایل فوق، نوارهای قطره‌چکان گزینه بسیار خوبی برای آبیاری نیشکر هستند.

در آبیاری توت فرنگی معمولاً نوارها و مالچ‌ها را پس از برداشت محصول و پیش از دیسک زدن بقایای گیاهی در خاک جمع‌آوری و تخلیه می‌کنند. برای نیشکر نیز نمی‌توان نوارها را پیش از برداشت محصول جمع‌آوری نمود بنابراین آنها را تا زمان سوختن همراه با شاخ و برگ گیاه پیش از برداشت در خاک باقی می‌گذارند. در هر دو سیستم توت فرنگی و نیشکر، برای گیاه بعدی از نوار جدید استفاده می‌کنند.

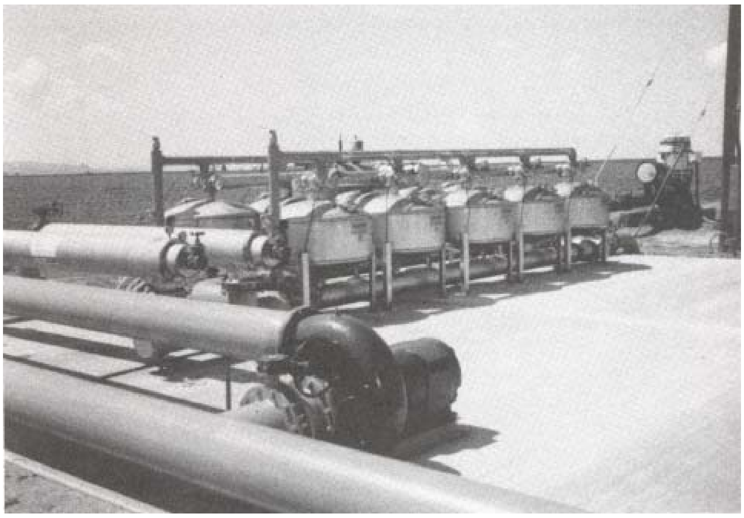
مارچوبه را می‌توان در این دسته قرار داد. هر چند، مارچوبه گیاهی با دوره رشد طولانی است. نگرانی‌هایی در مورد ورود ریشه مارچوبه به سیستم وجود دارد. بنابراین، بسیاری از کشاورزان از قطره‌چکان‌هایی که به مقدار ناچیز علف‌کش ترشح می‌کنند، استفاده می‌نمایند.

۲- آبیاری قطره‌ای زیرزمینی دائم برای گیاهان ردیفی. این سیستم‌ها در جنوب غربی ایالات متحده مورد استقبال بسیار قرار گرفته و از سال ۱۹۹۱ سطح وسیعی از اراضی با این سیستم آبیاری می‌شوند. در سال ۱۹۹۸ حدود ۱۵۰۰۰۰ ایکر از اراضی ایالات متحده با استفاده از این روش آبیاری می‌شدند که اکثراً باغداران مرکبات و پژوهشگران ازآن استقبال کردند. نخستین گیاهانی که با استفاده از این روش آبیاری شدند گیاهان با ارزشی چون گوجه فرنگی، فلفل، کاهو، گل کلم و بروکلی بودند. ده‌ها گیاه دیگر از جمله گندم نیز در تناوب زراعی با این سیستم آبیاری شدند. این روش‌ها معمولاً دارای سیستم‌های دائمی تصفیه آب (شکل ۴-۸)، خط لوله اصلی و اجزاء لوله نیمه اصلی هستند. نوار قطره‌چکان و یا لوله آبده در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری زیر سطح خاک دفن شده و برای دوره کارکرد ۱۰-۶ ساله طراحی می‌شوند. ادوات شخم زنی ویژه‌ای برای جدا کردن گیاهان قدیمی و اختلاط بقایای گیاهی با خاک بدون تخریب یا جابجایی نوار آبده لازم است. سیستم‌های

موفق آنهایی بوده‌اند که صاحبان آنها به مدیریت کل سیستم از جمله فنون حاصلخیزی خاک آشنایی داشته‌اند. این سیستم‌ها به مدیریت قوی و نگهداری ویژه نیازمند هستند. در طول سال‌های اول یا دوم کار، کشاورز باید درصد بسیار زیادی از کل وقت مدیریت را صرف رسیدگی به امور تنها یکی از اینگونه اراضی کنند.

به منظور آبیاری کافی توسط سیستم‌های قطره‌ای در طول دوره جوانه‌زنی یا نشاءکاری استفاده از طرح‌هایی با خصوصیات ویژه که موجب افزایش هزینه سیستم آبیاری قطره‌ای می‌شود، ضروری است. این مسئله به خصوص در طرح‌هایی که دارای قطره‌چکان‌های با دبی حدود ۳ لیتر در ساعت در هر متر لوله آبده، نوارهای با جدار نسبتاً باریک و تنظیم‌کننده‌های فشار در ورودی قطعه باشند، صادق است. فشار در طول دورهٔ جوانه زدن یا نشاءکاری افزایش یافته و دبی‌های زیاد عملاً موجب اشباع سطح خاک و ایجاد رواناب خواهند شد. در بقیه اوقات سال، فشار قطره‌چکان‌های سیستم کمتر بوده در نتیجه سطح خاک نسبتاً مرطوب می‌ماند. اگر این سیستم‌ها توانایی تأمین نیاز آبی گیاهان را در طول دوره جوانه زدن و نشاء کاری نداشته باشند، باید از روش‌های آبیاری بارانی موقت قابل حمل در اراضی استفاده نمود. استفاده از یک سیستم بارانی هزینه‌های اضافی در پی داشته و موجب تأخیر در استقرار گیاه جدید خواهد شد.

علاوه بر این، تمایلاتی برای استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای دائمی در مزارع گیاهان سنتی مانند ذرت، به ویژه در ایالات کانزاس وجود دارد. این سیستم‌ها دارای اعماق دفن نسبتاً زیاد (۴۰ سانتیمتر یا بیشتر) و فواصل زیاد بین قطره‌چکان‌ها (۱۵۰cm) هستند. انتظار می‌رود که تحقیقات مستمر فاصله و عمق نصب مناسب برای سیستم و اقتصادی بودن آنها را مشخص کند.



شکل ۴-۸. فیلترهای شنی در یک سیستم آبیاری قطره‌ای برای گیاهان ردیفی به مساحت ۶۰ هکتار

قابلیت‌ها و محدودیت‌ها

سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای از مزایای مشخص زیر نسبت به سایر روش‌های آبیاری برخوردار هستند:

۱- از آنها می‌توان به شکل مؤثری در زمین‌های شیب‌دار استفاده نمود.

۲- این روش‌ها به کمترین میزان عملیات تسطیح نیازمند هستند. هر چند، برای جلوگیری از مشکلات ناشی از زهکشی سطحی که ممکن است در اثر بارندگی بروز کند و برای استفاده از تجهیزات کاشت ویژه، تسطیح نسبی ضروری گردد.

۳- آبیاری زیاد در اوج نیاز آبی دشوار است. علت این امر عدم طراحی سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای با یک سیستم پمپاژ با ظرفیت زیاد است.[1]

---

[1] ۱- آبیاری قطره‌ای برای دوره حداکثر مصرف در سال در مرحله رشد کامل گیاه طراحی می‌شود لذا آبیاری زیاد نیاز نبوده و مؤلف نظر شخصی خود را ارائه نموده است [ویراستار].

۴- یکنواختی توزیع (DU) سیستم‌های جدید، در اراضی با طراحی عالی، بسیار بالا (۰/۹۳ یا بیشتر) است، چرا که DU در این سیستم‌ها تنها به هیدرولیک و طرح تجهیزات بستگی داشته و به مدیریت، غیر یکنواختی خاک و یا میزان همپوشانی پاشش آبپاش‌ها بستگی ندارد. با تولید قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار توسط صنایع، مقادیر DU در این سیستم‌ها احتمالاً از این دامنه (بزرگتر از ۰/۹۳) فراتر خواهد رفت.

۵- این سیستم‌ها را مشخصاً می‌توان در قطعاتی در اندازه‌ها و اشکال مختلف احداث نمود.

۶- به طور کلی، مشکل خاصی از نظر رواناب وجود ندارد.

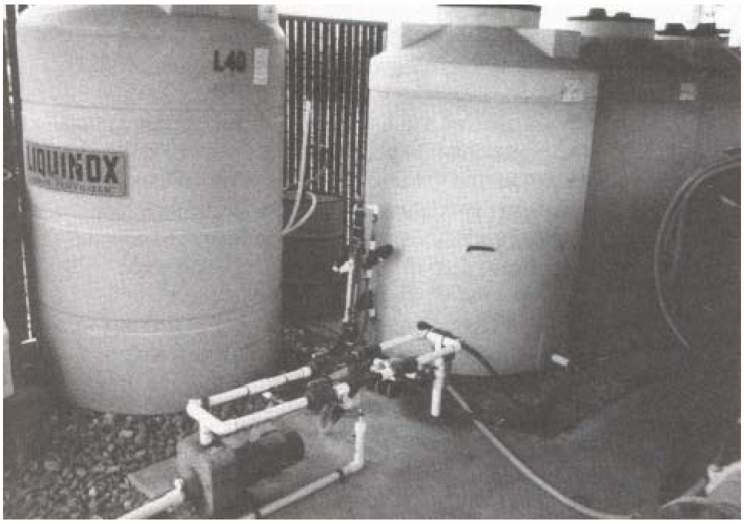
۷- این سیستم‌ها از قابلیت آبیاری با تناوب بالا برخوردار هستند (بدون کاهش DU {آنگونه که در روش‌های آبیاری سطحی روی می‌دهد} یا تلفات تبخیر {آنگونه که در روش‌های آبیاری بارانی روی می‌دهد}). آبیاری با تناوب بالا امکان حفظ رطوبت را در محدوده ریشه که به ویژه در مورد آب‌های شور یا گیاهانی با ریشه‌های کم عمق حائز اهمیت است، فراهم می‌سازد. قابل ذکر است که تناوب‌های خیلی زیاد نیز برای برخی گیاهان مانند کاهو مناسب نیستند.

۸- کودها را می‌توان به صورت مستقیم و یکنواخت در محدوده ریشه گیاه در هر مرحله از رشد در هر روز و به هر اندازه بدون تماس با شاخ و برگ گیاهان بکار برد (شکل ۴-۹).

۹- امکان حفظ رطوبت بخش فوقانی محدوده ریشه و افزایش جذب مواد غذایی همچون فسفر و آمونیوم که عموماً نزدیک سطح خاک متمرکز هستند، وجود دارد.

همانند سایر روش‌های آبیاری، عملکرد خوب به طراحی مطلوب، تجهیزات مناسب و نگهداری سیستم بستگی دارد. به طور کلی، سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای دارای اشکالات زیر هستند:

۱- به سبب عدم تصفیه کافی، شستشوی سیستم و یا تزریق مواد شیمیایی میزان DU با زمان کاهش می‌یابد. در سایر موارد، میزان DU در اثر برخی شرایط پیش‌بینی نشده و غیر معمول همچون رشد حلزون‌ها در لوله یا وجود یک حشره ناشناخته که ترجیح می‌دهد تا در نوع خاصی از قطره‌چکان‌ها تخم‌ریزی کند، به سرعت کاهش می‌یابد. خسارات ناشی از جوندگان در برخی مناطق نیز مشاهده شده است.



شکل ۴-۹. تانک کود برای یک سیستم آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی

۲- این سیستم‌ها نسبت به خسارات ناشی از خرابکاری بسیار حساس بوده و جبران صدمات وقت‌گیر و پرهزینه است.

۳- تلفات تبخیر در برخی طرح‌های آبیاری موضعی که مرتباً سطح بزرگی از خاک‌های لخت را مرطوب می‌سازند، ممکن است بالا باشد.[1]

۴- با وجود آنکه غالباً پتانسیل لازم برای کسب نتایج عالی (صرفه‌جویی در مصرف آب، کارآیی مطلوب مصرف کودها، بهینه‌سازی عملکرد محصول)

---

[1] اصولاً شعاع پاشش آبفشان‌ها متناسب با سطح خیس شده و سایه‌انداز گیاهان بوده و لزومی دیده نمی‌شود که سطح زیاد بدون پوشش را مرطوب کند بنابراین تلفات تبخیر حداقل می‌باشد [ویراستار].

وجود دارد، لیکن دستیابی به آنها تنها با طراحی و مدیریت عالی ممکن است. غالباً چندین سال طول می‌کشد تا آبیارها و کشاورزان مهارت‌های مدیریتی را فرا گیرند. خوشبختانه، بسیاری از کشاورزان کاملاً برای فراگیری فنون اجرایی روش‌های جدید آبیاری آمادگی دارند.

۵- آب برای سیستم باید به صورت مکرر و وابسته فراهم باشد. از آبیاری موضعی/قطره‌ای نمی‌توان برای آبیاری طرح‌هایی که آب طی برنامه‌ای زمان‌بندی شده بین مشترکین توزیع می‌شود (که شامل بیشتر اراضی جهان می‌شود) استفاده نمود، مگر آنکه اراضی دارای منابع آب زیرزمینی باشند.

۶- هزینه انرژی برای راه‌اندازی و اجرای سیستم آبیاری موضعی/ قطره‌ای در اراضی مسطح معمولاً نسبت به هزینه روش‌های آبیاری سطحی (با فرض بازده برابر) بیشتر است. هر چند، بازده کل مصرف انرژی در آبیاری موضعی/قطره‌ای در صورت کاهش استفاده از کود و بهبود محصول می‌تواند بیشتر باشد؛ به طریق مشابه اگر عملیات تسطیح مورد نیاز، کم باشد انرژی مورد نیاز در آبیاری موضعی/قطره‌ای نیز کمتر خواهد بود.

۷- ده‌ها نوع متفاوت از تجهیزات ضروری سیستم وجود دارد (اتصالات، شیرها و ...). سیستم‌ها باید توسط نهادهای تأمین‌کننده قطعات به خوبی پشتیبانی شوند.

۸- برخی از انواع سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای به ویژه برخی سیستم‌های ثابت ردیفی، دارای بیشترین هزینه اولیه در بین روش‌های آبیاری هستند.

۹- در مناطق بسیار خشک با یک سیستم آبیاری قطره‌ای هر چند سال یکبار آبشویی نمک‌هایی که در نزدیکی سطح خاک جمع شده‌اند، مورد نیاز است.

محصولات

در بخش‌های پیشین ملاحظه شد که غالباً نوع گیاه، نوع سیستم آبیاری موضعی/قطره‌ای مورد استفاده را دیکته می‌کند. علاوه بر موارد ذکر شده، کنترل بیماری‌ها نیز غالباً مسأله‌ای بحرانی است. الگوی پاشش میکرو آبفشان‌ها غالباً به منظور کاهش پوسیدگی تنه و ریشه درختان، به ویژه در خاک‌های سنگین که تهویه مهم است، دور از تنه درختان طراحی می‌شود. ثابت نگهداشتن جهت پاشش میکرو آبفشان‌ها طی سالیان متمادی مهم خواهد بود. استفاده از آبیاری قطره‌ای به ویژه برای برخی گیاهان مانند گوجه فرنگی و فلفل موفقیت‌آمیز بوده است چرا که مشکلات فیتوفتورا[1] با سیستم آبیاری قطره‌ای در خاک‌های سنگین کمتر از مشکلات آن با سیستم‌های آبیاری بارانی و جویچه‌ای است. انواع فلفل را با استفاده از آبیاری قطره‌ای در مناطقی با خاک‌های سنگین کشت کرده‌اند. در حالی که کشاورزان در گذشته به سبب مشکلات ناشی از بیماری، کشت فلفل را در این مناطق غیر اقتصادی می‌دانستند. همچنین آبیاری قطره‌ای در برخی از گیاهان مانند گیاهان مرتعی و علوفه در مقیاس بزرگ موفقیت‌آمیز نبوده است. امکان آبیاری موفق این گیاهان وقتی وجود دارد که چرخ‌های ادوات برداشت به گونه‌ای حرکت کنند که مکرراً از روی لوله‌ها/ نوارهای دفن شده عبور نکنند. آبیاری موضعی/قطره‌ای گیاهان با ارزش مانند میوه‌جات و سبزیجات، موفقیت‌آمیز و اقتصادی بوده است. با کاهش ارزش گیاهان زراعی، موفقیت اقتصادی طرح‌ها نیز کاهش می‌یابد.

کشاورزانی که پیش از این با استفاده از روش‌های آبیاری سطحی و یا بارانی گیاهان را آبیاری می‌نمودند، به یک دوره آموزشی برای آبیاری موضعی/قطره‌ای احتیاج دارند. برای مثال هندوانه با آبیاری قطره‌ای سریع‌تر از آبیاری جویچه‌ای جواب می‌دهد. باید دقت کرد، تا از آبیاری بیش از حد چنین گیاهی جلوگیری به عمل آید چرا که سریعاً به رشد رویشی تغییر فاز می‌دهد.

---

[1] 1- Phytophthora

خاک‌ها

از آبیاری موضعی/قطره‌ای تقریباً در تمامی خاک‌ها – از ماسه‌ای مرجانی تا سنگین رسی- استفاده شده است. نوع خاک بر تعداد قطره‌چکان‌های لازم برای هر گیاه، همچنین اتخاذ تصمیمات مقتضی جهت استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و یا آبیاری موضعی، مؤثر است. برای آبیاری درختان، در خاک‌های خیلی ماسه‌ای به سبب محدودیت سطح خیس شده توسط قطره‌چکان‌ها، آبیاری موضعی گزینه برتری نسبت به آبیاری قطره‌ای است.

توپوگرافی

در عمل آبیاری موضعی/قطره‌ای در تمامی توپوگرافی‌ها قابل اجرا است. به همین خاطر این سیستم انعطاف‌پذیرترین روش آبیاری است.

منبع تأمین آب

در مورد منبع تأمین آب آبیاری قطره‌ای، بررسی دو مورد انعطاف پذیری تحویل آب و کیفیت آب علاوه بر نیاز همیشگی به مقادیر کافی آب در طول دوره آبیاری ضروری است. سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای به یک دبی تقریباً پیوسته طی دوره اوج تبخیر و تعرق (ET) احتیاج دارند. همانند آبیاری بارانی، منبع آب باید به اندازه کافی برای تنظیم ساعات کار در روز یا در هفته در تمامی مراحل رشد به منظور هماهنگی با میزان ET، انعطاف‌پذیر باشد. علاوه بر این، اگر خودکار نمودن سیستم مدنظر است، آب باید بر اساس «تقاضای» حقیقی در دسترس باشد. همانگونه که پیشتر در این فصل بیان شد، آب بیشتر پروژه‌های آبیاری براساس برنامه نوبتی تأمین می‌شود، که این امر تکمیل طرح‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای را مشکل می‌سازد. مگر آنکه از آب‌های زیرزمینی به جای منابع سطحی برای تأمین آب استفاده شود.

استخرها، چه از چاه‌ها و یا چه از شبکه‌های آبیاری تغذیه شوند، معمولاً برای تأمین مطمئن آب آبیاری استفاده می‌شوند. دبی خروجی چاه در طول سال با تغییرات سطح ایستابی تغییر خواهد کرد، اما سیستم آبیاری موضعی/قطره‌ای به دبی ثابت برای

آبیاری قطعات زراعی احتیاج دارد. می‌توان با تخلیه آب چاه‌ها در مخزن و سپس برداشت آب از آن، نسبت به رفع مشکل اقدام نمود.

شوری/ کیفیت آب

در سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای می‌توان از آب‌های شورتر نسبت به سایر روش‌های آبیاری استفاده نمود. چرا که این سیستم‌ها قادر به حفظ رطوبت خاک در حد بالایی بوده و در نتیجه تنش اسمزی را کاهش می‌دهند. هر چند، قطره‌چکان‌ها به غلظت مواد جامد در آب بسیار حساس هستند. تصفیه گسترده و پرهزینه منابع آلوده آب ضروری است (برت و استیل، ۱۹۹۴). در برخی موارد، آب آن چنان آلوده است که نیاز به حوضچه‌های رسوب‌گذاری شن و سیلت و یا اکسیداسیون آهن در آب چاه است. از آن مخازن برای تصفیه اولیه، پیش از آغاز مراحل مقرر تصفیه استفاده می‌شود. سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای نسبت به غلظت‌های نسبتاً کم آهن و منگنز (بیشتر از ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر) حساس هستند، چرا که همین مقادیر کم نیز در صورت عدم تصفیه شیمیایی، موجب گرفتگی خواهند شد.

آب و هوا

یکی از مزایای آبیاری قطره‌ای استفاده مستقیم از آب در خاک است. بنابراین، باد هیچ اثری بر توزیع آب نخواهد گذاشت. میکرو آبپاش‌ها و میکرو آبفشان‌ها غالباً دارای ارتفاع بسیار کوتاهی بوده و درون باغات مستقر هستند. بنابراین، اثر باد بر آنها زیاد نخواهد بود. تلفات تبخیر ممکن است از تلفات تبخیر سایر روش‌ها کمتر یا برابر باشد. این به تناوب آبیاری، درصد رطوبت خاک، نوع خاک و موقعیت خاک مرطوب نسبت به سطح سایه‌انداز بستگی دارد.

بازده آبیاری

بازده آبیاری و کاربرد تحت تاثیر سه جزء اساسی است: ۱- یکنواختی توزیع، ۲- مدت زمان واقعی آبیاری در مقایسه با مدت مورد نیاز و ۳- تلفات نامشخص مانند تبخیر و رواناب‌های جمع‌آوری نشده. بررسی عملکرد سیستم آبیاری موضعی/قطره‌ای برخی ضعف‌ها و مزایای ذاتی را نشان می‌دهد. در نهایت، برای بررسی بازده باید مشابه سایر روش‌های آبیاری عمل کرد. طراحی، نصب و مدیریت خوب موجب بازده بهینه خواهد شد. طراحی، نصب و مدیریت ضعیف به بازده نامطلوب منتج می‌شود. سیستم‌های جدید آبیاری موضعی/قطره‌ای را می‌توان با استفاده از مقادیر جدید DU_{lq} سیستم (۰/۸۸ تا ۰/۹۴) طراحی نمود. طراح می‌تواند مقادیر جدید DU_{lq} را تضمین کند و این مقادیر بالاترین DU_{lq}های موجود برای سیستم‌های آبیاری هستند. به هر حال، DU_{lq}های واقعی برای سیستم‌های قدیمی‌تر در مزرعه کمتر است؛ مطالعات انجام گرفته در کالیفرنیا (لیتل، بدون تاریخ؛ کچوما RCD، ۱۹۹۴؛ میشن RCD،۱۹۹۳؛ITRC ۹۹-۱۹۹۷) نشان می‌دهند که میانگین DU_{lq} سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای (۰/۸۵-۰/۷۰) دقیقاً شبیه DU سایر روش‌های آبیاری است. تغییرات جریان در اثر طراحی ضعیف قطره‌چکان‌ها، گرفتگی و اختلاف فشار درون مزارع دلایل اولیه مقادیر کم یکنواختی است. نتیجه نهایی اینکه تنها با طراحی، نصب و نگهداری صحیح، امکان دستیابی به DUهای بالا و حفظ آنها وجود دارد.

در مورد بازده، باید گفت که سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای معمولاً از بازده کاربرد بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار هستند. بخشی از این برتری حاصل امکان برنامه‌ریزی آبیاری در هر زمان و برای هر مدت و بخش دیگر آن حاصل محدودیت در دبی طراحی پمپ‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای است.

برنامه‌ریزی آبیاری

برنامه‌ریزی دقیق سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای بسیار آسان است. در این روش امکان استفاده از مقادیر کم و زیاد آب با یکنواختی یکسان در مقایسه با یکنواختی ضعیف روش‌های آبیاری سطحی وجود دارد. علاوه براین، برنامه‌ریزی

بسیار ساده است، چرا که تنظیم ساعات آبیاری آسان بوده و حجم نفوذ در بیشتر موارد تنها به ساعات آبیاری بستگی دارد و ربطی به ویژگی‌های نفوذپذیری خاک ندارد. نتیجه آنکه با وجود DU ثابت، سهولت برنامه‌ریزی مستقیماً به صرفه‌جویی در حجم قابل توجهی از آب مصرفی، در مقایسه با روش‌های آبیاری پیشین، می‌انجامد.

برخی از کشاورزان به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب، بدون آگاهی قبلی، به کم آبیاری اراضی می‌پردازند؛ بازده سالانه آبیاری در آبیاری موضعی/قطره‌ای به سبب تلفات کم نفوذ عمقی و اعمال کم آبیاری در برخی از اراضی بالای ٪۹۰ است. برنامه مدیریت صحیح آب، به این کشاورزان بهبود DU سیستم و کاهش کم آبیاری را توصیه می‌کند که به کسب بازده سالانه مطلوب در حدود ٪۸۵-۸۰ یا مقادیری ترجیحاً بهتر (بالاتر از ٪۹۰) می‌انجامد.

در آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی، تلفات تبخیر عمدتاً طی مرحله نشاءکاری/ بذرپاشی (بسته به میزان رطوبت خاک و استفاده از میکروآبپاش‌ها) روی می‌دهد. با تهیه پوشش مناسب برای گیاه می‌توان مقدار آن را به صفر رساند. سیستم‌های زیرزمینی و دائمی آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی، معمولاً بر اساس مرطوب‌سازی کمترین سطح خاک بعد از بذرپاشی/ نشاءکاری طراحی می‌شوند.

رواناب غالباً برای سیستم‌های آبیاری موضعی/ قطره‌ای مشکلی ایجاد نمی‌کند. اما در برخی مناطق موجب بروز مشکل در نفوذ آب می‌شود. هر چند درصد رواناب در این مناطق ناچیز است (کمتر از ٪۵).

محدودیت‌های ساختاری

کارگر

در آبیاری موضعی/قطره‌ای، بهره‌بردار باید در هنگام شروع کار سیستم از دانش فنی برخوردار باشد. چرا که با راه‌اندازی سیستم، زمان یادگیری و فرصت جبران اشتباه بسیار اندک است. این امر دقیقاً برخلاف سایر روش‌های آبیاری مانند آبیاری بارانی متحرک دستی یا آبیاری جویچه‌ای است، که معمولاً حل مشکلات آنها چندان دشوار

نبوده و می‌توان با صرف نیروی بیشتر نسبت به رفع مشکل پیش از نابودی محصول اقدام نمود. آموزش صحیح و انگیزه زیاد برای تمامی سطوح مدیریت سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای از کشاورز گرفته تا تکنسین ضروری است.

سیستم‌های زیرزمینی و دائمی آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی، به نیروی کارگر ماهر در نخستین مرحله راه‌اندازی پروژه در مزرعه احتیاج دارند. چرا که در این سیستم‌ها تنها تفاوت در روش آبیاری نیست بلکه روش کشاورزی نیز متفاوت است. برای مثال، ادوات شخم‌زنی، فنون کوددهی و برنامه‌ریزی آبیاری با آنچه در کشاورزی معمولی رایج است، فرق می‌کند. کارگران مزرعه باید بیاموزند که به جزئیات بسیار ریز مانند حفظ دقیق مسیر در حین انجام عملیات شخم‌زنی و عدم عبور چرخ‌های تراکتور از انتهای ردیف‌ها، نیز توجه نمایند. با توجه به ضروریات خاص لوله‌های دفن شده در عمق کم، در استخدام نفراتی که مستقیماً تجربه کار در مزرعه را ندارند، باید توجه نمود.

دسترسی به خدمات

مشکل اساسی در برخی مناطق عدم دسترسی به طراحان ماهر، فروشندگان قطعات آبیاری و نصب‌کنندگان است. از آنجا که سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای دارای قطعات زیادی هستند که باید بدون هر گونه نقصی با همدیگر کار کنند، این سیستم‌ها به طراحی و نصب صحیح بسیار حساس هستند. علاوه بر این، دسترسی آسان به انواع قطعات یدکی و وجود افراد ماهر برای نصب و راه‌اندازی آنها ضروری است. اگر قطعات یدکی و متخصصین محلی در دسترس نباشند، راه‌اندازی یک سیستم آبیاری موضعی/قطره‌ای با مشکل مواجه خواهد شد. سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری (به جز دوار مرکزی و خطی) از برنامه آبیاری فشرده‌تری برخوردارند. از آنجا که این سیستم‌ها دارای ظرفیت ذخیره بالایی نیستند، بنابراین در صورت کمبود رطوبت خاک، جبران رطوبت و آبیاری مجدد محدوده ریشه دشوار خواهد بود. مدیران آبیاری غالباً در آبیاری موضعی/قطره‌ای صرفه‌جویی مقدار زیاد آب را پیش‌بینی می‌کنند. در آغاز، تمایل

زیادی به کم آبیاری وجود دارد که معمولاً کاهش محصول و نفوذ ریشه به سیستم‌های قطره‌ای زیر سطحی را به دنبال دارد.

عوامل اقتصادی

کلیات

بحث ذیل اختصاص به تحلیل اقتصادی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی دارد. یک تحلیل اقتصادی باید به بررسی درآمد و یا کاهش هزینه‌های یک پروژه بپردازد. سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی در میلیون‌ها هکتار زمین، بسیار اقتصادی عمل کرده‌اند. چرا که موجب صرفه‌جویی در مصرف نیروی کارگر، کود و آب شده و از سوی دیگر منجر به افزایش محصول و بهبود کیفیت آن شده‌اند. مسلماً چنین نتایجی قابل انتقال از مکانی به مکان دیگر و از کشاورزی به کشاورز دیگر نیست. در مواردی نیز عدم موفقیت سیستم آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی را باید به مشکلات پیش‌بینی نشده در طراحی، نصب و یا به مدیریت ضعیف سیستم نسبت داد.

دو وضعیت کاملاً متفاوت برای بررسی وجود دارد: نخست تبدیل سیستم موجود به سیستم آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی و حالت دوم انتخاب روش آبیاری برای یک قطعه زمین جدید است. اطلاع از عملکرد سیستم فعلی راه‌گشای یافتن راه‌حلی جهت تغییر سیستم‌ها است. بدین ترتیب عملکرد دو سیستم را می‌توان با هزینه تغییر سیستم مقایسه نمود. البته برخی اوقات تغییر سیستم اقتصادی نیست. چرا که باید از سرمایه‌گذاری انجام شده در سیستم پیشین صرف‌نظر نمود.

از سوی دیگر برای یک قطعه زمین جدید، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی غالباً از توجیه اقتصادی برخوردار هستند چرا که عملیات آماده سازی زمین در این سیستم از آبیاری سطحی بسیار کمتر است.

هزینه‌های سرمایه‌ای

هزینه‌های سرمایه‌ای در ایالات متحده امریکا بسیار کمتر از کشورهای در حال توسعه است. چرا که خدمات طراحی و تجهیزات در ایالات متحده به سهولت در

دسترس بوده و هزینه نقل و انتقال نیز اندک است. هزینه‌های ارائه شده در ایالات متحده به صورت زیر است. هزینه طراحی براساس اطلاعات موجود، ابعاد، پیچیدگی پروژه و تعداد قطعات، بین ۳۰۰–۷۵ دلار در هکتار تغییر می‌کند. در صورت کمبود اطلاعات در خصوص منابع آب و نیاز به بررسی بیشتر، این هزینه‌ها افزایش خواهند یافت.

خرید یک سیستم آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی شبیه خرید یک خودرو است. در حالی که برخی از مردم فکر می‌کنند که تهویه مطبوع و شیشه‌های برقی برای یک خودرو ضروری هستند، عده‌ای با یک ماشین دست دوم که هیچ یک از این امکانات را ندارد راضی می‌شوند. به شکل مشابه، همواره باید با آگاهی کافی از محتویات (DU، خدمات پس از نصب، دبی، TDH پمپ و ...) و عملکرد یک سیستم آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی نسبت به خرید آن اقدام نمود. چرا که برای هر نوع سیستم آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی دامنه هزینه‌های سرمایه‌ای لازم بسیار گسترده است. همواره رابطه‌ای بین هزینه‌های اولیه، پمپاژ، نگهداری و بهره‌برداری از سیستم وجود دارد. هزینه‌ها کاملاً به فاصله بین گیاهان و بین ردیف‌ها بستگی دارد. برای مثال یک سیستم میکرو آبفشان برای باغ گردو با فواصل زیاد بسیار ارزان‌تر از راه‌اندازی همین سیستم برای یک تاکستان با ردیف و تراکم گیاهان بیشتر است. دامنه تقریبی هزینه‌های اولیه (مواد، نصب، مالیات) در جدول ۴–۲ مشاهده می‌شود.

جدول ۴–۲. هزینه‌های اولیه تقریبی سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای در ایالات متحده (شامل هزینه طراحی نمی‌شود).

تشریح سیستم	هزینه، (اکر/ دلار) هکتار/ دلار
سیستم قطره‌ای در تاکستان‌ها	(۸۰۰–۱۳۰۰) ۲۰۰۰–۳۲۰۰
سیستم قطره‌ای در باغات – سطحی	(۶۰۰–۱۱۰۰) ۱۵۰۰–۲۷۰۰
سیستم قطره‌ای در باغات – زیر سطحی	(۸۰۰–۱۴۰۰) ۲۰۰۰–۳۵۰۰
میکرو آبیاری در باغات	(۷۰۰–۱۲۰۰) ۱۸۰۰–۳۰۰۰
سیستم قطره‌ای سطحی مخصوص گیاهان ردیفی	(۴۰۰–۱۰۰۰) ۱۰۰۰–۲۵۰۰
هزینه‌های جابجائی سالانه لوله‌ها	(۱۵۰–۳۰۰) ۳۵۰–۷۵۰
سیستم قطره‌ای دائمی زیرزمینی مخصوص گیاهان ردیفی	(۹۰۰–۲۵۰۰) ۲۳۰۰–۶۳۰۰

هزینه‌های انرژی

هزینه پمپاژ که بخش عمده هزینه‌های انرژی را شامل می‌شود، مستقیماً به بازده آبیاری در یک سال، فشار دینامیکی کل سیستم آبیاری (TDH) و نیاز آبی گیاه بستگی دارد. از آنجا که ثابت بودن سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی یک مزیت به شمار می‌رود، غالباً امکان طراحی و خودکارسازی آنها در دوره‌های روزانه یا هفتگی وجود دارد. بازده این سیستم‌ها به سبب ظرفیت‌های کم یا متوسط دبی غالباً بالا است. TDH سیستم‌های آبیاری قطره‌ای یا آبیاری موضعی برای تاکستان‌ها و باغات در اراضی مسطح حدود ۲۸۰-۳۱۰kPa و برای گیاهان ردیفی ۲۱۰-۲۸۰kPa خواهد بود. مقدار TDH به نوع تصفیه و فیلتر انتخابی نیز بستگی دارد. کارشناسان کمیسیون انرژی کالیفرنیا (استیل و برت، ۱۹۹۶) مشاهده کردند که سیستم‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای با طراحی مناسب به دو دلیل اصلی: (i) کاهش استفاده از کود و (ii) تولید محصول بیشتر از بازده انرژی بالاتری برخوردار هستند.

هزینه‌های کارگری

تعیین دقیق هزینه کارگری تقریباً غیر ممکن است، چرا که کاملاً به طراحی، نوع گیاه، کیفیت و شکل مدیریت مالک یا مجری بستگی دارند. البته سیستم‌های با عملکرد بالا (DU بالا، گرفتگی کم در قطره‌چکان) به نیروی کارگری کمتری نیازمند است. به شرطی که سیستم به درستی نصب، دارای تصفیه مناسب، شیرهای شستشو و سیستم شستشوی شیمیایی باشد. علاوه بر این، این سیستم‌ها به نیروی کارگری آگاه و ماهر جهت نگهداری دقیق و دوره‌ای سیستم، نیاز دارند. در ایالات متحده، باغ‌هایی بالغ بر هزار هکتار تنها دارای یک مجری بوده و نیاز موردی به یک گروه تعمیرکار خواهد بود. از طرف دیگر سیستم‌هایی با مشکلات جدی جوندگان، طراحی ضعیف، تصفیه ناکافی و عدم توجه به کود آبیاری احتیاج به فعالیت تمام وقت یک نفر در هر ۱۰۰ha با کمترین عملکرد ممکن (DU در حد ۰/۶) خواهند داشت.

هزینه‌های مدیریتی

در سیستم‌های زیرزمینی و دائمی آبیاری قطره‌ای گیاهان ردیفی و در مزرعه‌ای با ۲۰ قطعه در نخستین فصل سال، ۴۰-۳۰ درصد وقت مدیر صرف راه‌اندازی یک قطعه آبیاری می‌شود. برخی از کشاورزان بر این باورند که بدون انجام این اقدامات، توسعه موفقیت‌آمیز اراضی ممکن نخواهد بود.

هزینه‌های اجرا و نگهداری

همچون هزینه‌های کارگری، هزینه‌های اجرا و نگهداری نیز بسیار متغیر هستند. علاوه بر موارد معمولی چون طراحی، تهیه تجهیزات و نصب صحیح آنها، موارد دیگری در نصب سیستم‌های جدید آبیاری موضعی/قطره‌ای ممکن است مطرح شوند. زنبورهایی که در نوع خاصی از میکرو آبفشان‌ها تخمگذاری می‌کنند، پرندگانی که قطره‌چکان‌هایی با رنگ‌های خاصی را جا به جا می‌کنند، شن‌هایی با چگالی غیر معمول که از چاه‌ها خارج شده و امکان جداسازی آسان آنها توسط فیلترهای شنی یا فیلتر توری وجود ندارد، کرم‌هایی که نوارهای قطره‌چکان را سوراخ می‌کنند و حلزون‌های میکروسکوپی لزج که در چاه‌ها زندگی کرده و موجب گرفتگی صافی‌ها می‌شوند. چنین موارد شگفت‌انگیزی ممکن است هزینه سیستم را افزایش داده و هنگام راه‌اندازی اولیه باید انتظار آنها را داشت. در مجموع، امکان حل آنها با گذشت زمان وجود دارد.

فصل پنجم

آبیاری بارانی

توضیحات

در آبیاری بارانی، آب با استفاده از یک سیستم پمپاژ پرفشار از طریق پاشنده‌ها، آبپاش‌ها یا لوله‌های سوراخدار که موجب پخش آب در هوا می‌شوند، بکار برده می‌شود. فاصله این آبپاش‌ها یا سوراخ‌ها به گونه‌ای است که آب را بطور یکنواخت در سطح مزرعه تحت آبیاری، با استفاده از یک سری آبپاش یا سیستمی با حرکت دائم، پخش می‌نماید. انواع گوناگونی از آبپاش‌ها که هر یک معمولاً ویژه سیستم خاصی است، وجود دارد. اما غالباً امکان استفاده از آنها در چند سیستم دیگر نیز وجود دارد.

آبپاش‌های چرخان[1]

آبپاش‌های چرخان، نواحی اطراف خود را به صورت دایره‌ای آبیاری می‌کنند. قطر دایره‌ای که آبپاش قادر به آبیاری آن است به نوع و زاویه پاشش آبپاش‌ها، اندازه روزنه آبپاش و فشار آب در روزنه بستگی دارد. عمق آبیاری طبیعتاً در نزدیکی آبپاش بیشتر بوده و با افزایش فاصله از آبپاش، کاهش می‌یابد.

با تنظیم فاصله آبپاش‌ها به گونه‌ای که همپوشانی سطوح خیس شده آبپاش‌های مجاور کافی باشد (معمولاً ۶۰ تا ۸۰ درصد)، یکنواختی کارکرد سیستم تأمین می‌شود. کارخانه تولیدکننده آبپاش معمولاً اطلاعات مربوط به عملکرد هر نوع آبپاش، اندازه روزنه و فشار کارکرد بهینه آبپاش را که از آن دبی و قطر پاشش بدست می‌آید، ارائه می‌دهد. این داده‌ها برای انتخاب آبپاش و طراحی سیستم به منظور کسب همپوشانی صحیح آبپاش‌ها ضروری است. شکل کار را می‌توان پس از احداث

---

[1] 1- Rotating head sprinklers

سیستم در زمین آزمایش نمود. ضعف در یکنواختی کاربرد، گاهی در گوشه‌های زمین که امکان همپوشانی وجود ندارد، مشاهده می‌شود. با استفاده از آبپاش‌های تنظیم‌شونده و جهت دادن به آنها در امتداد مرزها، می‌توان نسبت به رفع این مشکل اقدام نمود. در باغات که تداخل درخت‌ها مانع از یکنواختی می‌شود، از آبفشان‌های مخصوصی استفاده می‌کنند.

فشار آب تأثیر بسزایی بر عملکرد آبپاش‌ها دارد. فشارهای بیشتر از مقادیر توصیه شده موجب ریزتر شدن قطرات آب و ریزش آنها در نزدیکی آبپاش و کاهش سطح پاشش خواهد شد. فشار کم نیز به الگوی پاشش سهمی شکل[1] با آبیاری بیش از حد نواحی محیطی می‌انجامد. الگوهای همپوشانی مخروطی پهن که در اثر تأمین فشار مورد نیاز، متناسب با قطر آبپاش بوجود می‌آیند، از یکنواختی پوشش مطلوبی برخوردار هستند.

باد موجب انحراف الگوی کار آبپاش خواهد شد. هرچه سرعت باد بیشتر باشد، انحراف نیز بیشتر خواهد بود. قطرات ریز بیشتر از قطره درشت به این مسئله حساس هستند. بنابراین، باید در طراحی و اجرای سیستم‌های بارانی شرایط باد را در نظر گرفت. معمولاً، این مساله را با کاهش فاصله آبپاش‌ها و کاهش فشار و با استفاده از آبپاش‌ها با زاویه پاشش کم نسبت به سطح افق رفع می‌کنند.

آبپاش‌های چرخان ضربه‌ای را غالباً براساس فشاری که متناسب با اندازه روزنه است و برای کاربرد آب در الگوی همپوشانی توصیه شده، طبقه‌بندی می‌کنند. انجمن آبیاری، آبپاش‌های ضربه‌ای را به صورت زیر دسته‌بندی نموده است:

۱- آبپاش‌های با فشار کم (۳۵ kPa تا ۲۰۰)،

۲- آبپاش‌های با فشار متوسط (۲۰۰kPa تا ۴۰۰)،

۳- آبپاش‌های پرفشار (بیش از ۴۰۰kPa)،

۴- آبپاش‌های با حجم زیاد (بیش از ۵۰۰kPa).

برت و کلر (۱۹۷۷) نیز اقدام به طبقه‌بندی جزئی‌تر آبپاش‌های کم فشار (۳۵kPa تا ۱۴۰) نمودند. طبقه‌بندی مشابهی نیز همراه با موارد کاربرد هر دسته، توسط USDA

---

[1] Donut shaped pattern

ارائه شده است. برای تمامی آبپاش‌ها، بیشینهٔ شدت بارش از شدت بارش متوسط طراحی، بیشتر است.

۱- آبپاش‌های کم فشار (۳۵ kPa تا ۱۰۰).
الف. قطر پاشش ۶ تا ۱۵ متر.
ب. شدت بارش متوسط ۱۰mm/hr
پ. سازگاری- خاک‌های با سرعت نفوذ بیشتر از ۱۲mm/hr و غالباً از آن برای باغات استفاده می‌شود.

۲- آبپاش‌های با فشار ملایم (۱۰۰kPa تا ۲۰۰).
الف. قطر پاشش ۲۰ تا ۲۵ متر.
ب. شدت بارش متوسط ۵ mm/hr
پ. سازگاری – تمامی گیاهان زراعی و سبزیجات.

۳- آبپاش‌های با فشار متوسط (۲۰۰kPa تا ۴۱۰).
الف. قطر پاشش ۲۵ تا ۳۵ متر.
ب. شدت بارش متوسط ۶ mm/hr
پ. سازگاری – گیاهان زراعی، باغات (آبیاری سطح بالای درختان).

۴- آبپاش‌های پر فشار (۴۱۰kPa تا ۶۹۰).
الف. قطر پاشش ۳۵ تا ۷۰ متر.
ب. شدت بارش متوسط ۱۲ mm/hr
پ. سازگاری – گیاهان زراعی، باغات (آبیاری سطح بالای درختان).

۵- آبپاش‌های هیدرولیکی یا آبپاش‌های بزرگ (۵۵۰kPa تا ۸۲۵).
الف. قطر پاشش ۶۰ تا ۱۲۰ متر.
ب. شدت بارش متوسط ۱۶ mm/hr
پ. سازگاری – گیاهان متراکم با پوشش مناسب.

برای آبپاش‌های چرخان ضربه‌ای، نازل‌های مخصوصی موجود است که فاصله پرتاب را برای آبپاش‌های با فشار متوسط وقتی که با فشار ملایم بهره‌برداری می‌شوند حفظ می‌کنند. به این نازل‌ها غالباً «نازل‌های کنترل‌کننده قطرات» (CDS) یا

نازل‌های «پخش‌کننده» گفته می‌شود. سایر نازل‌ها، که تحت عنوان نازل‌های کنترل‌کننده جریان (FCN) طبقه‌بندی می‌شوند، دارای روزنه انعطاف‌پذیری هستند که با افزایش فشار، سطح باز روزنه را کاهش داده و دبی نسبتاً ثابتی را در دامنه وسیعی از تغییرات فشار، حفظ می‌کنند. ترکیب قابلیت‌های پخش‌کننده‌ها و کنترل‌کننده‌های جریان نیز ممکن بوده و امکان آبیاری نسبتاً یکنواختی را در فشارهای کم حتی در اراضی ناهموار فراهم می‌آورد. از این نازل‌ها می‌توان بدون تلفات فشار که در تنظیم‌کننده‌های فشار وجود دارد، استفاده کرد.

آبفشان‌های کم فشار[۱]

نازل‌های با فشار کم و ثابت، آب را در صفحه ای نسبتاً افقی و معمولاً در الگویی دایره‌ای یا نیم دایره‌ای پخش می‌کنند. غالباً از آنها بر روی سیستم دوار مرکزی یا بارانی خطی و یا در باغات استفاده می‌کنند. نازل با پاشش دایره‌ای کامل، موجب می‌شود تا جت آب خروجی از نازل بر روی یک صفحه[۲] پخش شده و در تمامی جهات پرتاب شود. بسته به الگوی توزیع، این صفحه پخش‌کننده ممکن است تخت، کاو، کوژ و یا ترکیبی باشد. این پخش‌کننده می‌تواند ثابت یا با چرخش آرام حرکت کند. سیستم‌های صفحه‌ای متحرک، فاصله پاشش بیشتر و قطرات بزرگتری را می‌سازند. صفحه صاف، مه پاش‌های ریزی را موجب می‌شود در حالی که صفحه شیار خورده، قطرات درشتی تولید می‌کنند. در الگوهای نیم دایره‌ای، جت آب به جای صفحه تخت بوسیله یک سطح خمیده منحرف می‌شود. نازل‌های کم فشار در دامنه فشار ۷۰ تا kPa ۲۰۰ کار کرده و می‌توانند به جای آبپاش‌های ضربه‌ای پرفشار که در آغاز از آنها بر روی سیستم‌های دوار مرکزی و متحرک خطی استفاده می‌شد، جایگزین شود. نازل‌های با پاشش نیم دایره‌ای، امکان هدایت آب را به پشت لترال در حال حرکت یا تغییر جهت پاشش به منظور کاهش شدت پاشش لحظه‌ای را فراهم می‌آورند.

---

[1] 1- Low pressure spray nozzles

[2] 2- Moving plate (PAD)

آبفشان‌ها قطرات کوچکتری نسبت به آبپاش‌های ضربه‌ای تولید می‌کنند. به منظور کاهش انحراف پاشش در اثر باد، نازل‌های پاشش را در سیستم‌های دوار مرکزی و بارانی خطی غالباً بر روی لوله‌های عصایی شکل به طرف پایین و نزدیک به محصول نصب می‌کنند. شعاع پاشش آبفشان‌ها به ویژه اگر بر روی لوله‌های عصایی نصب شوند، از نازل‌های ضربه‌ای کمتر است. در نتیجه، شدت بارش آب در نازل‌های پاششی از آبپاش‌های ضربه‌ای بیشتر بوده و ممکن است از سرعت نفوذ بسیاری از خاک‌ها نیز تجاوز کند. به منظور غلبه بر چنین مشکلی و برای کاهش رواناب، آبفشان‌ها را می‌توان بر روی بوم‌های پاشش نصب کرد تا منطقه وسیع‌تری را با تراکم کمتر مرطوب سازند.

در اراضی شیبدار، تغییرات ارتفاع موجب بروز اختلاف فشار در طول لترال می‌شود. این اختلافات برای سیستم‌های پرفشار چندان حائز اهمیت نیست. اما در سیستم‌های کم فشار، اختلاف ارتفاع موجب تغییرات قابل توجه فشار و دامنه مجاز تغییرات فشار ممکن است فراتر از فشار کارکرد سیستم و بروز غیر یکنواختی‌های نامطلوبی شود. به منظور جبران اختلاف فشار ناشی از تغییرات ارتفاع، غالباً یک تنظیم‌کننده فشار[1] در پایه هر آبفشان سیستم دوار مرکزی و خطی نصب می‌شود.

طرح‌های جدید آبفشان «چرخشی»[2] در حال جایگزینی آبفشان‌های استاندارد هستند. این آبپاش‌ها از سازکار ویژه‌ای برای ایجاد جریان چرخشی آرام بدون ضربه، استفاده می‌کنند. این طرح‌های چرخشی طبیعتاً شعاع پاشش بزرگتری را نسبت به آبفشان‌های عادی ایجاد می‌کنند که از شدت بارش کمتر و همپوشانی یکنواخت‌تری برخوردار هستند. این آبفشان‌های چرخشی در اشکال و با زوایای پاشش گوناگون ارائه شده‌اند.

---

[1] 1- Pressure regulator

[2] 2- Rotator

آبپاش‌های زیردرختی[۱]

آبپاش‌های ضربه‌ای زیردرختی با زاویه پاشش کم یا آبپاش‌های دنده‌ای و آبپاش‌های چرخشی برای حفظ جت آب، زیر میوه و شاخ و برگ درختان در باغات طراحی شده‌اند. فشار کار این آبپاش‌ها بین ۷۰ تا kPa ۳۴۵ بوده و دایره‌ای به قطر ۱۲ تا ۲۸ متر را آبیاری می‌کنند. هنگامی که آبپاش‌ها در فواصل کمتر قرار می‌گیرند (برای هر درخت یک آبپاش)، حفظ یکنواختی به همپوشانی آنها بستگی خواهد داشت. به هر حال، الگوی همپوشانی ممکن است شدیداً به سبب وجود درختان بهم بخورد، مگر آنکه جت آب در زیر شاخ و برگ درختان قرار داشته و یا فاصله درختان از یکدیگر زیاد باشد. در فواصل نصب بسیار زیاد (یک آبپاش برای هر چهار درخت)، امکان عدم همپوشانی وجود دارد.

فواره‌های کوچک و آبفشان‌های کم فشار برای خیس کردن نواحی بین درختان طراحی شده‌اند. محدوده‌ای به قطر ۵ تا ۱۲ متر را پوشش داده و در دامنه فشارهای کم کار می‌کنند. دبی آبپاش‌ها بین ۳۰ تا ۵۷۰ لیتر در ساعت متغیر و معمولاً با یکدیگر همپوشانی ندارند.

لوله سوراخدار[۲]

لوله‌های سوراخدار آب را از روزنه‌های کوچک به قطر ۱/۵ mm یا کمتر می‌پاشند. روزنه‌ها به صورت چند ردیف در امتداد لوله به منظور تأمین نوار لازم خیس شده و یکنواختی کافی با همپوشانی حدود ۱ تا ۲ متر نصب شده‌اند. آنها عرضی بین ۳ تا ۱۵ متر را در پاسخ به تغییرات فشار ۳۰ تا kPa ۱۳۰، پوشش می‌دهند. در چنین فشارهای پایینی، جت آب به افشانه[۳] تبدیل نمی‌شود. چنین شرایطی منجر به شدت بارش بسیار کم mm/hr ۱۲ شده و امکان استفاده از این سیستم را برای خاک‌هایی با سرعت نفوذ بالا محدود می‌سازد. خطوط آبپاش که شامل ردیف ساده‌ای از روزنه‌های کوچک است و بسته به فشار، جت آب یا افشانه تشکیل می‌دهند، ممکن

---

[1] Undertree sprinklers

[2] Perforated pipe

[3] Spray

است ثابت یا قابل حمل با دست یا دارای چرخش مکانیکی باشند. آنها ممکن است شدت بارش کم با جت و شدت بالا با نازل‌های آبفشان داشته باشند. از آنها اصولاً برای گیاهان ویژه و تزئین فضای سبز بزرگراه‌ها استفاده می‌کنند. این روش درصد بسیار کوچکی از زمین‌های تحت آبیاری بارانی را شامل می‌شود.

انواع سیستم‌های بارانی

در سیستم‌های آبیاری بارانی از یک یا چند نوع آبپاش که در بالا اشاره شد، استفاده می‌شود. آب بوسیله یک سیستم لوله‌کشی در آبپاش‌ها توزیع می‌شود. حمل آن می‌تواند با نیروی انسانی یا نیروی ماشین صورت گیرد. روش‌های گوناگونی برای طبقه‌بندی سیستم‌های بارانی ارائه شده است. یک روش طبقه‌بندی روشی است که براساس پوشش کل زمین انتخاب می‌شود.

سیستم قابل حمل دستی[1]/ سیستم بال قابل حمل[2]

سیستم‌های متحرک دستی شامل یک یا چند لوله فرعی هستند. بال‌ها شاخه‌هائی از خط لوله هستند که در امتداد آن آبپاش‌هایی به فواصل منظم نصب شده‌اند. خطوط لوله سوراخدار هم به عنوان لوله فرعی و هم به عنوان آبپاش عمل می‌کنند. بال‌ها معمولاً آلومینیومی بوده و دارای اتصال سریع نر و مادگی با قابلیت نصب سریع در هر سر لوله هستند. طول هر شاخه لوله معمولاً ۶، ۹ یا ۱۲ متر است. بال تا تأمین حجم آب مورد نظر در یک محل ثابت می‌ماند و سپس از سیستم جدا شده و به محل بعد منتقل می‌شود. پس از اینکه بال تمام مزرعه را طی نمود، سیستم مجدداً جدا شده و به نقطه آغازین منتقل می‌شود. در صورت استقرار منبع آب و خط لوله اصلی در وسط مزرعه، با نصب یک یا چند بال نصفه در هر طرف لوله اصلی که به دور زمین بچرخند نیز می‌توان آبیاری را اداره کرد. از آنجا که تنها نیمی از آب مورد نیاز مزرعه در هر قسمت لوله اصلی توزیع می‌شود، استقرار بال‌ها در دو انتهای مخالف

---

[1] Hand move portable

[2] Lateral move portable

مزرعه در این آرایش، امکان کاهش قطر لوله اصلی را فراهم می‌آورد. در اراضی بزرگ از تعداد زیادی بال با نصف طول استفاده می‌کنند. نمونه‌هایی از سیستم‌های متحرک دستی در شکل‌های ۵-۱ و ۵-۲ مشاهده می‌شوند.

معمولاً از آبپاش‌های ضربه‌ای چرخان برای آبیاری گیاهان زراعی استفاده می‌کنند. آبفشان‌های پلاستیکی غیر ضربه‌ای جدید نیز به ویژه در مواردی که سیستم ثابت طراحی شود، به مرور مورد استقبال قرار گرفته‌اند. آبپاش بر روی یک پایه نصب می‌شود تا بر فراز محصولات در حال رشد کار کند. پایه را می‌توان روی بال‌ها نصب نمود. طول قطعات لوله متناسب با فاصله مورد نظر بین آبپاش‌ها انتخاب می‌شود. این سیستم از هزینه اولیه پایینی برخوردار است، اما برای آبیاری به کارگران بسیاری نیاز دارد. از این سیستم می‌توان در تمامی توپوگرافی‌ها و برای بیشتر گیاهان استفاده نمود. در مورد برخی از گیاهان، مانند ذرت و هنگام رشد کامل، مشکلات جابجایی سیستم به حدی است که جابجایی آنرا غیر ممکن می‌سازد. در خاک‌های بدون پوشش و سنگین، جابجایی بسیار دشوار است. چرا که آبیار باید از میان خاک‌های مرطوب عبور کند.

شکل ۵-۱. نمونه‌ای از یک سیستم بارانی متحرک دستی

شکل ۵-۲. سیستم بارانی متحرک دستی. بین لوله‌های فرعی حدود ۲۰۰ متر فاصله وجود دارند.

تنها راه حل مناسب برای بهره‌برداری و بهبود DU، جابجائی یک در میان بال‌هاست. با تغییر موقعیت در هر آبیاری، لوله به صورت یک در میان نسبت به حالت قبل قرار می‌گیرد. این اقدام طی دو دوره آبیاری، فاصله بین بال‌ها را نصف می‌کند. برای استفاده از تغییر موقعیت لوله‌ها، احتیاج به افزایش نیروی کارگر نیست.

بال آبیاری با بکسل انتهایی[1]

طراحی و عملکرد سیستم بال با بکسل انتهایی مشابه سیستم قابل حمل دستی است. تفاوت اصلی در روش جابجایی بال از یک ایستگاه به ایستگاه بعد است. لوله‌ها با اتصالات نر و مادگی به گونه‌ای به یکدیگر متصل شده‌اند که می‌توان با جابجایی انتهایی آنها بدون انفصال اتصالات، نسبت به انتقال سیستم اقدام نمود. خط لوله بر روی پایه حائل یا چرخ‌های کوچکی در امتداد لوله مستقر می‌شود. پس از تکمیل یک نوبت آبیاری، بال به اندازه نصف عرض زمین در امتداد لوله مرکزی و در جهت مخالف مزرعه در مسیری زیگزاگ کشیده می‌شود. نوبت‌های متوالی با جابجایی بال

---

[1] End-tow lateral

به ابتدا و انتهای لوله مرکزی ایجاد می‌شود. نواری از زمین به عرض ۷۰ متر باید برای پیشروی زیگزاگ مانند خط لوله موجود باشد. در این نوار معمولاً چمن یا یولاف کشت می‌شود. در صورت کشت گیاهان علوفه‌ای مانند ذرت، در هر نوبت جابجایی باید نواری به پهنای سه یا چهار ردیف کشت بدون پوشش رها شده یا گیاهان کوتاه در آن کشت شود. نمونه‌ای از یک سیستم بال آبیاری با بکسل انتهایی در شکل ۵-۳ مشاهده می‌شود.

شکل ۵-۳. سیستم بارانی بال آبیاری با بکسل انتهایی

سیستم بکسل انتهایی برای اراضی مربع یا مستطیل شکل با توپوگرافی نسبتاً یکنواخت بسیار مناسب است. همچنین انطباق این سیستم برای گیاهان متراکم بیشتر از گیاهان ردیفی است. هزینه اولیه سیستم‌های بکسل انتهایی سنتی نسبت به سیستم‌های قابل حمل دستی به سبب مقاومت بیشتر لوله‌های جانبی و نر و مادگی‌ها، قدری بیشتر است. هزینه سیستم جابجایی مکانیکی این سیستم در میان سایر روش‌های آبیاری بارانی بسیار پایین است. با این وجود، این سیستم برای جابجایی لوله‌ها به تراکتور احتیاج دارد. به منظور جلوگیری از وارد آمدن خسارت به لوله و پایه‌های آبپاش و کاهش هزینه‌های نگهداری تا حد ممکن باید در جابجایی بال دقت

کافی مبذول داشت. روش بارانی با کشش انتهائی به تدریج منسوخ شده است. در برخی طرح‌های جدید از لوله‌های پلاستیکی استفاده می‌شود. در این روش، سیستم به صورت سیستم‌های ثابت شبکه‌بندی می‌شود اما امکان جابجایی آنها از انتهای زمین وجود دارد.

سیستم چرخان جانبی[1] یا آبفشان چرخدار[2]

سیستم چرخان جانبی یا آبفشان چرخدار یکی از انواع سیستم‌های متحرک است. در این سیستم، آبیاری با روشی مشابه سیستم متحرک دستی انجام می‌گیرد. خط لوله جانبی بر روی چرخ‌هایی سوار شده که به عنوان محور سیستم خواهد بود. در هر اتصال لوله‌های آلومینیومی، یک آبپاش وجود دارد. ارتفاع چرخ به محصولی که توسط این سیستم آبیاری می‌شود، بستگی دارد. چرخ‌ها باید از ارتفاع کافی برای استقرار بال برفراز گیاهان تحت آبیاری، برخوردار باشند.

در تعداد معدودی از سیستم‌ها، به ازای هر اتصال لوله یک آبپاش اضافی در انتهای یک «لوله ضمیمه» نصب می‌گردد. با چرخش لوله گشتاوری، نوع خاصی از اتصال نر و مادگی و واشر امکان حرکت خطوط لوله را در امتداد سیستم متحرک فراهم می‌سازد. چنین ترکیبی امکان دوبار آبیاری مسیر را در هر نوبت با استفاده از یک خط لوله چرخدار معمولی فراهم می‌نماید.

امکان فرو رفتن چرخ‌ها در برخی خاک‌های مرطوب وجود دارد. گیاهان بزرگ نیز مقاومت قابل توجهی در برابر چرخ‌ها ایجاد می‌نمایند. بنابراین در صورت محسوس بودن نیروی مقاومت، لوله‌های با قطر بزرگتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیشترین ارتفاع کاربردی لوله گشتاوری (Torque-tube) به حدود یک متر محدود می‌شود.

نیروی محرکه مورد نیاز سیستم آبیاری معمولاً توسط یک موتور بنزینی تأمین و در وسط خط لوله نصب می‌شود. نیروی محرکه، سیستم را از یک ایستگاه به ایستگاه بعد منتقل می‌کند. متصدی سیستم با بستن شیر هیدرانت روی خط آبرسان، آب را قطع کرده و به سمت شاسی وسط لوله به منظور روشن کردن موتور حرکت می‌کند. در این هنگام آب موجود در سیستم از طریق شیرهای خودکار تخلیه که در زیر هر

---

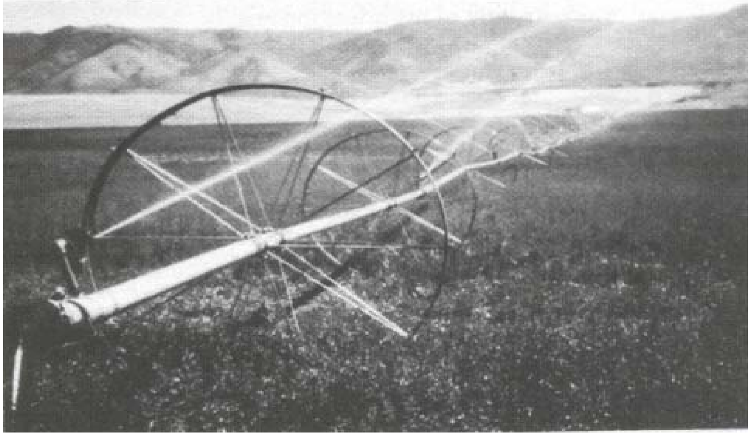
[1] Side roll wheel line

[2] Wheel move roll line

آبپاش نصب شده‌اند، خارج می‌گردد. با استقرار سیستم در مکان جدید، لوله خرطومی یا آلومینیومی مجدداً وصل شده و آبپاش‌ها شروع به کار می‌نمایند.

فاصله جابجائی مضربی از محیط چرخ‌های سیستم است. اگر از پایه‌های (رایزرهای) مجهز به وزنهٔ تعادل استفاده نمی‌شود، باید هنگام استقرار سیستم آبپاش‌ها را در وضعیت سر بالا قرار داد. استفاده از رایزرهای مجهز به وزنه تعادل، موجب انعطاف‌پذیری سیستم در هنگام استقرار در مکان جدید می‌شود. اما لوله جانبی باید در محدوده به علاوه یا منهای ۹۰ درجه نسبت به موقعیت عمودی پایه آبپاش قرار گیرد. آبپاش‌ها معمولاً در نقطه‌ای میان دو چرخ قرار می‌گیرند. اتصال بال آبیاری به خط آبرسان معمولاً با استفاده از یک اتصال نر و مادگی آلومینیومی سریع و یک لوله کوتاه خرطومی انجام می‌گیرد. نمونه‌ای از یک سیستم آبفشان چرخدار در شکل ۵-۴ نشان داده شده است. مانند سیستم قابل حمل دستی، استقرار آبپاش‌ها در موقعیت بینابینی در هر آبیاری موجب بهبود یکنواختی و همپوشانی می‌شود.

سیستم‌های آبفشان چرخدار به وزش بادهای شدید حساس هستند. اگر احتمال وزش چنین بادهایی وجود دارد، باید نسبت به اتصال چرخ‌ها به زمین اقدام و سیستم دائماً در حال بهره‌برداری باشد. اگر این اقدامات صورت نگیرد، باد می‌تواند این دستگاه را در مسیر طولانی جابجا کند.



شکل ۵-۴. سیستم آبفشان چرخدار

سیستم لوله فرعی با حرکت جانبی[1]

این سیستم در مزرعه همانند سیستم آبفشان چرخدار حرکت می‌کند. وجه تفاوت این سیستم با روش آبفشان چرخدار، اسکلت فلزی است که چرخ‌ها بر روی آن سوار شده و از لوله فرعی محافظت می‌کند. در این روش لوله آبرسان به آبپاش‌ها، بر خلاف سیستم آبفشان چرخدار، نمی‌چرخد. یک میله انتقال، نیروی موتور را به هر چرخ منتقل کرده و موجب پیشروی سیستم در مزرعه می‌شود. به منظور افزایش سطح زیر پوشش در هر دور آبیاری، در پشت لوله جانبی از لوله‌های دنباله[2] شامل ۱۰ آبپاش استفاده می‌نمایند. با استفاده از این سیستم، می‌توان عرض پوشش را تا ۱۰۰ متر افزایش داد. عرض پوشش به تعداد آبپاش‌های موجود بر روی لوله‌های دنباله بستگی دارد. چرا که می‌توان آبپاش‌ها را به سادگی در نزدیکی یکدیگر قرار داده و در مقایسه با سیستم‌های تک لوله به یکنواختی بیشتر و تبخیر کمتر دست یافت. برای بازگرداندن سیستم به محل اولیه، به نیروی کارگر برای جداسازی و اتصال دوباره لوله‌های دنباله و فرعی نیاز است. نمونه‌ای از یک سیستم لوله فرعی با حرکت جانبی در شکل ۵-۵ نشان داده شده است. در تمام نقاط جهان سیستم‌های آبفشان چرخدار به سبب سادگی و مزایای مکانیکی جایگزین این سیستم‌ها شده‌اند.

شکل ۵-۵. سیستم لوله فرعی با حرکت جانبی

---

[1] Side move lateral

[2] Trailing line

هر دو سیستم آبفشان چرخدار و لوله فرعی با حرکت جانبی برای اراضی با شکل منظم و توپوگرافی نسبتاً ملایم مناسب هستند. این سیستم‌ها همچنین برای گیاهان متراکم و ردیفی کوتاه کاربرد بیشتری دارند. نیروی کارگر مورد نیاز برای سیستم‌های آبفشان- چرخدار حدوداً نصف نیروی مورد نیاز سیستم‌های دستی است. لزوم بازگشت سیستم به ابتدای مزرعه پس از اتمام یک دور آبیاری برای آبیاری بعد یکی از معایب این سیستم‌ها است. علیرغم وجود شیوه‌های جدیدتر در آبیاری خطی، این شیوه آبیاری امروزه هم مورد توجه است.

دستگاه بارانی قرقره‌ای[1] و بوم چرخان[2]

دستگاه قرقره‌ای و بوم چرخان، سیستم‌های فشار قوی با حجم بالای آب هستند. در هر دو سیستم میزان کاربرد آب به طرح آبپاش، فشار آب و سرعت پیشروی بستگی دارد. مقدار آب مورد استفاده در یک آبیاری با استفاده از سرعت حرکت سیستم تنظیم می‌شود. هر دو سیستم بالا برای مدت زمان مشخصی به صورت متحرک عمل کرده و سپس به موقعیت جدید منتقل می‌شوند. لیکن از آنها عمدتاً به عنوان سیستم‌های انتقال ممتد استفاده می‌کنند.

دستگاه قرقره‌ای شامل یک آبپاش فشار قوی با دبی بالا است که بر روی یک ارابه نصب می‌شود. آب از طریق یک لوله قابل انعطاف از خط لوله اصلی آبرسان تأمین می‌شود. در برخی طرح‌ها که آب بوسیله یک کانال روباز تأمین می‌شود، پمپ و نیروی محرکه نیز بر روی شاسی سوار خواهند شد. شاسی معمولاً بوسیله وینچ یا یک قرقره متحرک و مجموعه‌ای از کابل‌ها درون مزرعه جابجا می‌شود. هنگام استفاده از لوله پلی‌اتیلن، لوله به دور یک قرقره بزرگ پیچیده شده و ارابه حامل آبپاش را درون مزرعه می‌کشد. قرقره جمع‌کننده کابل یا قرقره لوله بوسیله یک سازکار (مکانیزم) آبی و یا بوسیله یک موتور کار می‌کند. باید مسیری برای عبور ارابه و لوله قابل انعطاف آبرسان در نظر گرفت. نیروی لازم برای غلبه بر اصطکاک در لوله قابل انعطاف آبرسان قابل ملاحظه است. دستگاه قرقره‌ای معمولاً مجهز به یک آبپاش نیمه دورانی است که ۷۵ تا ۸۰ درصد محیط دایره را طی می‌کند. این نوع

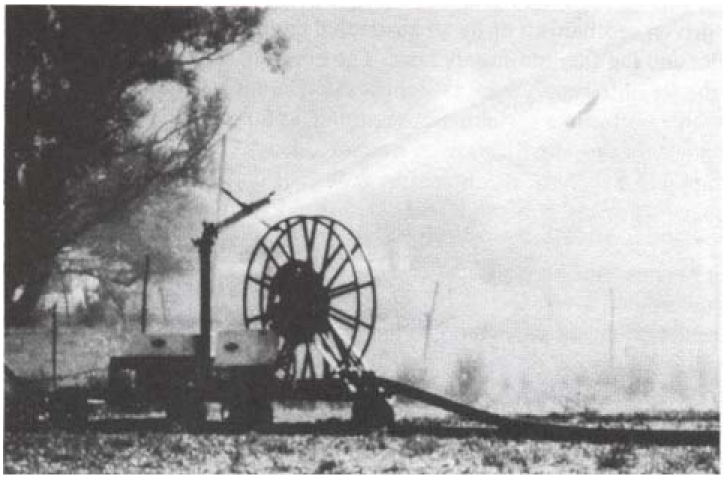
---

[1] 1- Traveling gun

[2] 2- Rotating boom

پاشش، یکنواختی کاربرد آب را بهبود بخشیده و نوار خشکی را در جلو آبپاش گان[1] متحرک برای حرکت آن بر جای می‌گذارد. الگوی پاشش در این روش به آسانی تحت تأثیر باد قرار می‌گیرد. نمونه‌ای از یک دستگاه قرقره‌ای در شکل ۵-۶ نشان داده شده است.

بوم چرخان شامل یک بال است که به دور سیستم آبرسان مرکزی که بر روی یک تریلر چهار چرخ نصب شده است، می‌چرخد. نیروی جت آب خارج شده از نازل‌ها که بر روی لوله نصب شده‌اند، سیستم را می‌چرخاند. این سیستم‌ها با عرض پوشش از ۳۰ تا ۷۵ متر موجود است. بخش مکانیکی سیستم بوم چرخان در معرض مشکلات ناشی از باد قرار داشته که الگوی پاشش را تا حدودی تحت تأثیر قرار می‌دهد. نمونه‌ای از یک بوم چرخان در شکل ۵-۷ نشان داده شده است. از هر دو این سیستم‌ها می‌توان برای آبیاری بیشتر گیاهان استفاده نمود. به دلیل بزرگی قطرات آب و شدت پخش بالا، این سیستم‌ها برای خاک‌های درشت بافت با نفوذپذیری زیاد و محصولاتی که به خوبی زمین را می‌پوشانند مناسب هستند. میزان یکنواختی آبیاری در این سیستم‌ها چندان بالا نیست. اما برای آبیاری تکمیلی و گیاهان با ارتفاع بلند مناسب هستند.



شکل ۵-۶. نمونه‌ای از یک دستگاه آبیاری بارانی قرقره‌ای

---

[1] Big gun

شکل ۵-۷. نمونه‌ای از یک سیستم بوم چرخان

سیستم دوار مرکزی[1]

سیستم دوار مرکزی که حرکت آن به صورت خودکار انجام می‌گیرد، شامل یک بال آبیاری[2] است که بر روی برج‌های چرخداری[3] به فاصله ۳۰ تا ۶۰ متر از یکدیگر نصب شده است. همانگونه که بیان شد، حرکت برج‌ها در زمین خودکار است و بال که آبپاش‌ها بر روی آن نصب می‌شوند به دور محور مرکزی یا نقطه اتکا در مرکز زمین تحت آبیاری می‌چرخد. آب از نقطه اتکا به درون بال وارد می‌شود. سرعت حرکت با جعبه کنترل مستقر بر روی برج آخر که دارای بیشترین فاصله از نقطه اتکا است، تعیین می‌شود. جعبه کنترل، حرکت یا توقف سایر برج‌ها را تنظیم می‌کند تا هماهنگی کامل بین کلیه برج‌ها برقرار گردد. برای حرکت دادن برج‌ها از سیلندرهای آبی، جت‌های گردان، موتورهای الکتریکی، هوای فشرده یا موتورهای هیدرولیکی استفاده

---

[1] 1- Center pivot system

[2] 2- Lateral (spans)

[3] 3- Towers

می‌شود. کاربرد موتورهای الکتریکی بسیار متداول‌تر از سایر موارد بوده و به ندرت از موتورهای هیدرولیکی استفاده می‌شود.

معمولاً، زمان چرخش سیستم به طول ۴۰۰ متر (۱۲۰۰ فوت) بین ۱۲ تا ۱۲۰ ساعت برای هر دور متغیر است. میزان تأمین آب ثابت بوده و بسته به قدرت پمپ و طراحی سیستم تعیین می‌شود. میزان مصرف آب با ازدیاد طول بال افزایش می‌یابد. هرچه بال بلندتر باشد، انتهای بال سریع‌تر حرکت کرده و در هر دور، منطقه وسیع‌تری آبیاری خواهد نمود. متعاقباً، میزان مصرف آب مورد نیاز در انتهای بال‌های بلندتر برای پوشش سطح مورد نظر در یک دور، بیشتر خواهد بود. در صورت عدم طراحی مناسب و اداره صحیح سیستم، غالباً میزان مصرف زیاد آب در خروجی انتهایی باعث بروز رواناب، می‌شود. عمق آب آبیاری مورد استفاده در یک آبیاری به سرعت حرکت بال بستگی دارد. در معمول‌ترین حالات عمق آب آبیاری ۱۲ تا ۲۵ میلیمتر با دوره چرخش ۰/۵ تا ۳ روز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که، بال حول یک دایره می‌چرخد، گوشه‌های زمین آبیاری نمی‌شوند. به همین خاطر، از ابزار ویژه‌ای برای کاهش سطح اراضی آبیاری نشده در گوشه‌ها استفاده می‌شود[1]. با کمک این ابزار می‌توان یک سطح ۶۵ هکتاری آبیاری نشده را به حدود ۳ تا ۴ هکتار کاهش داد. در عین حال می‌توان از آبپاش‌های ثابت یا آبیاری قطره‌ای برای پوشش گوشه‌ها استفاده نمود.

دستگاه دوار مرکزی برای آبیاری بیشتر محصولات زراعی مناسب بوده و می‌توان از آنها برای آبیاری تاکستان‌ها و باغ‌های میوه با درختان پا کوتاه نیز استفاده نمود. از آنجا که فاصله میان برج‌های متحرک ۳۰ تا ۶۰ متر است، زمین تحت آبیاری باید نسبتاً عاری از هر گونه مانعی (برای مثال، ساختمان‌ها، دکل‌های انتقال برق فشار قوی و سایر موانع) باشد. طول دستگاه از ۱۰۰ تا ۸۰۰ متر متغیر بوده و طول معمول مورد استفاده ۴۰۰ متر است.

به منظور غلبه بر برخی موانع محدودکننده در طراحی این سیستم‌ها، نوآوری‌های بسیاری مانند ایجاد پل‌های باریک بر روی آبگذرها و دالان‌های ویژه در حصارها

---

[1] Corner system

صورت گرفته است. این سیستم‌ها از هزینه اولیه متوسطی نسبت به سایر روش‌های آبیاری بارانی برخوردار بوده و به نیروی انسانی بسیار کمی برای بهره‌برداری نیاز دارند. این دستگاه‌ها هر از چند گاهی به سرویس و نگهداری و تصفیه خوب آب نیاز داشته و گذشته از تمامی این موارد راه‌اندازی، استفاده و همچنین خودکار نمودن آنها بسیار آسان است.

مقاومت خاک تحت آبیاری، باید برای تحمل وزن چرخ‌های سیستم کافی باشد. به منظور استفاده از سیستم در خاک‌های مختلف، لاستیک‌های مخصوص و مسیرهای ویژه‌ای برای عبور چرخ‌ها طراحی شده‌اند. معمولاً به منظور خشک ماندن مسیر عبور چرخ‌ها در حین حرکت، آبپاش‌ها بیشتر برای آبیاری ناحیه پشت چرخ‌ها طراحی می‌شوند تا زمین زیر چرخ‌ها.

استفاده از آبپاش‌های فشار ضعیف مستقر بر روی پایه‌های عصائی مجهز به یک تنظیم‌کننده فشار برای هر آبپاش رو به رشد است. اطلاعات دقیق‌تر در مورد اینگونه آبپاش‌ها در بحث بعدی در مورد سیستم‌های حرکت خطی ارائه شده است. نمونه‌ای از یک سیستم آبیاری دوار مرکزی در شکل ۵-۸ نشان داده شده است.

شکل۵-۸. نمونه‌ای از یک سیستم آبیاری دوار مرکزی (سنترپیووت)

سیستم‌های بارانی خطی[1]

سیستم بارانی خطی شامل یک بال است که بر سیستم برج‌های حامل و کنترل کننده‌های مسیر حرکت مشابه سیستم دوار مرکزی، نصب شده است. فرآیند انتقال آب به بال در حال حرکت، همانند سیستم قرقره‌ای یا بوم چرخان، بوده و بدین منظور از لوله‌های قابل انعطاف یا کانال‌های روباز برای تأمین و برداشت آب استفاده می‌شود. روش‌های گوناگون دیگری نیز از انواع اتصالات مکانیکی خودکار تا خطوط انتقال زیرزمینی مجهز به خروجی‌های سطحی در فواصل مشخص، در دسترس است. این سیستم‌ها برای آبیاری اراضی مستطیل شکل و عاری از موانع طراحی شده‌اند. مهمترین برتری این سیستم، پوشش تمام سطح زمین، داشتن ضریب یکنواختی کاربردی بالا و میزان کمتر مصرف آب در انتهای خروجی‌ها نسبت به سیستم دوار مرکزی است. در طراحی این سیستم‌ها از انواع گوناگون آبپاش‌ها و نازل‌ها با فشارهای متفاوت استفاده می‌شود. امروزه، صنعت تولید این سیستم‌ها به سمت استفاده از پایه‌های عصائی و آبپاش‌های کم فشار دقیق[2](LEPA) یا مه پاش‌های در ارتفاع پایین[3](LESA) متمایل شده است. استفاده از هر دو آبپاش در سیستم‌های آبیاری بارانی خطی و دوار مرکزی مرسوم است. در شکل ۵-۹ یک سیستم بارانی خطی همراه با آبپاش‌های نصب شده بر روی بوم، مشاهده می‌شود. سیستم‌های بارانی خطی که در آنها از آبپاش‌های LEPA/LESA استفاده شده است، در شکل‌های ۵-۱۰ و ۵-۱۱ مشاهده می‌شوند.

در سیستم‌های LEPA از پایه‌های عصائی و آبفشان‌های کم فشار (که هر یک دارای یک تنظیم‌کننده فشار است) نزدیک سطح زمین برای توزیع یکنواخت آب درون جویچه‌های مسدود استفاده می‌شود. توزیع آب، مشابه سیستم‌های معمول انجام می‌گیرد. اما توزیع آن نزدیک سطح خاک موجب کاهش تلفات تبخیر که در سیستم‌های بارانی رایج است، می‌شود. آبیاری با بازده بالا به نفوذپذیری خاک یا

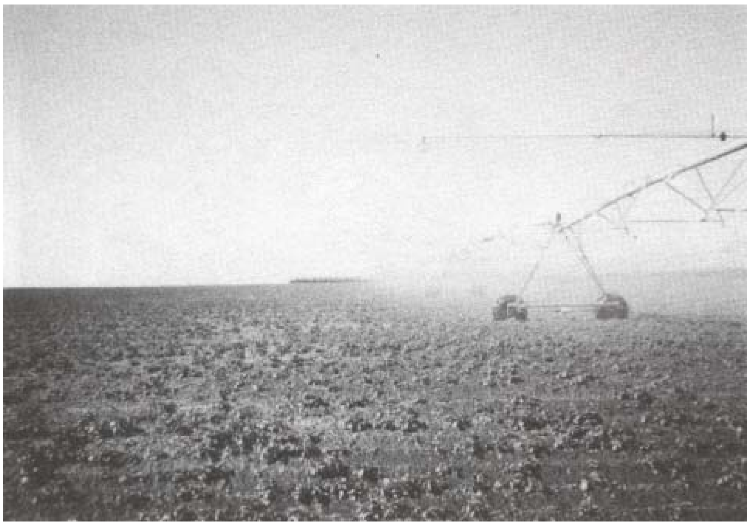
---

[1] Linear move (lateral move) systems

[2] Low energy precision application

[3] Low elevation spray application

ذخیره کافی در حوضچه‌های کوچک ایجاد شده در جویچه‌ها به منظور جلوگیری از رواناب و عدم یکنواختی در طول شیار بستگی دارد.



شکل ۵-۹. نمونه‌ای از یک سیستم بارانی خطی که آبپاش‌ها بر روی بوم سوار شده‌اند (از اوایل دهه ۹۰ استفاده از این نوع بوم‌ها در اکثر سیستم‌ها منسوخ شد).

در سیستم‌های LESA از لوله‌های عصائی استفاده می‌شود. لیکن آبفشان‌ها در نزدیکی سطح خاک مستقر می‌شوند. در این سیستم به سبب مصرف زیاد آب، نیاز به توزیع آب درون جویچه‌های مسدود شده می‌باشد. سیستم‌های LESA آب را بر روی سبزینه گیاهان می‌پاشند. در حالی که در سیستم‌های LEPA آب مستقیما بر سطح خاک پاشیده می‌شود. از سیستم‌های LESA نمی‌توان برای آبیاری گیاهان پابلند و متراکم استفاده نمود. چرا که امکان گیر کردن آبپاش‌ها در میان سبزینه گیاهان وجود دارد. در مجموع، این سیستم‌ها برای آبیاری گیاهانی چون پیاز و سیب زمینی بسیار مناسب هستند.

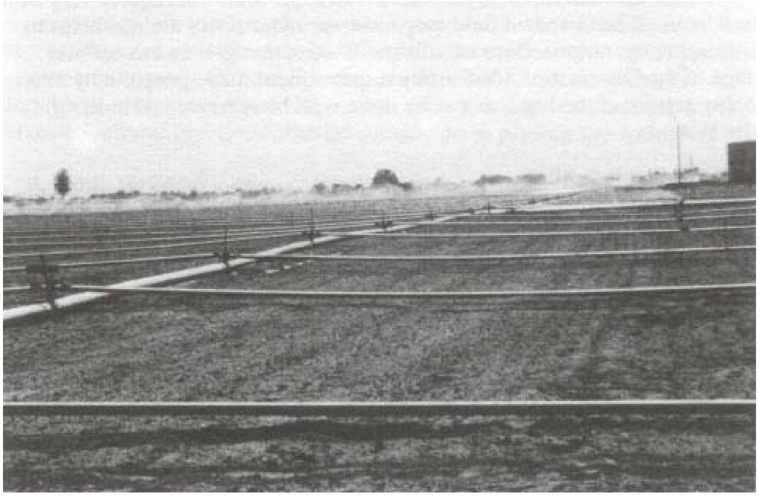
شکل ۵-۱۰. یک نمونه سیستم بارانی خطی مجهز به آبفشان‌های LEPA

شکل ۵-۱۱. یک نمونه سیستم بارانی خطی مجهز به آبفشان‌های LEPA در مزرعه پیاز

سیستم‌های بارانی ثابت[1]

یک سیستم آبیاری بارانی ثابت شامل یک خط لوله اصلی و خطوط لوله‌های فرعی است که در تمام یا بخشی از فصل رشد محصول، بر جای خود باقی می‌مانند. این سیستم به لوله‌های اصلی و فرعی کافی برای پوشش تمام سطح تحت آبیاری احتیاج دارد. در صورت استقرار لوله‌های اصلی و فرعی در زیر خاک و بر جای ماندن آنها از فصلی به فصل بعد، به سیستم مورد استفاده سیستم ثابت دائم اطلاق می‌شود. در صورت استقرار سیستم روی سطح خاک، به آن سیستم ثابت قابل حمل گفته می‌شود. سیستم‌های ثابت قابل حمل معمولاً پس از کاشت گیاه مورد نظر نصب شده و دقیقاً پیش از برداشت محصول جمع‌آوری می‌شوند. نمونه‌ای از یک سیستم بارانی ثابت آلومینیومی قابل حمل در شکل ۵-۱۲ مشاهده می‌شود.

همچنین از سیستم‌های ثابت قابل حمل برای جوانه زدن بذرها و خزانه گیاهان استفاده می‌شود. البته پس از استقرار گیاه از سایر روش‌های آبیاری استفاده خواهد شد. پس از تکمیل جوانه‌زنی، می‌توان سیستم قابل حمل را به زمین دیگری منتقل نموده و آبیاری را با استفاده از روش‌های سطحی یا قطره‌ای ادامه داد.



شکل ۵-۱۲. یک نمونه سیستم آبیاری بارانی ثابت با لوله‌های آلومینیومی قابل حمل در مزرعه هویج

---

[1] 1- Solid set systems

در صورت استقرار لوله‌های اصلی و فرعی در زیر زمین به منظور ایجاد یک سیستم دائم، علاوه بر حفاظت از سیستم راه‌اندازی شده در برابر ماشین‌آلات مزرعه‌ای، در بهره‌برداری مزرعه‌ای نیز تسهیلاتی ایجاد می‌شود.

در آبیاری با سیستم ثابت قابل حمل، در ابتدا و انتهای فصل رشد نیروی کارگر مورد نیاز است. اما نیاز سیستم به نیروی کارگر در طول دوره رشد به کمترین حد ممکن می‌رسد. استفاده از لوله‌های پلیمری جدید در خطوط فرعی و همچنین بکارگیری تجهیزات ساخته شده از مواد بازیافتی، موجب کاهش هزینه این نوع سیستم‌ها شده است. این تجهیزات عموماً در کناره‌های مزرعه مورد استفاده قرار گرفته و در نتیجه برای جمع‌آوری تجهیزات احتیاج به ورود به مزرعه نیست.

سیستم‌های ثابت، برای آبیاری گیاهانی که به آبیاری مداوم و سبک احتیاج دارند بسیار مناسب بوده و می‌توان از آنها برای تعدیل آب و هوا نیز استفاده نمود. در مواقعی که منابع آب موجود برای پوشش منطقه وسیعی کافی باشند، با آبیاری مداوم و یا متناوب و با مصرف کم آب می‌توان گیاهان کشت شده را از سرمازدگی و یا گرمای بسیار شدید حفظ نمود. به هر حال، در چنین شرایطی مصرف آب خیلی بیشتر از تبخیر و تعرق محصولات کشت شده خواهد بود. به منظور بهبود یکنواختی کاربرد آب در کناره‌های مزرعه، غالباً در مجاور مرزهای زمین تحت آبیاری از آبپاش‌های تنظیم‌شونده، استفاده می‌شود. همچنین می‌توان با مورب ساختن پایه آبپاش‌های حاشیه‌ای به نتیجه مشابهی دست یافت. در سیستم‌های ثابت، تلفات تبخیر در هوا از سیستم‌هایی که فقط دارای یک خط لوله آبیاری هستند، کمتر است.

گاهی با استفاده از یک سری شیر، کارکرد سیستم بارانی ثابت اصلاح می‌شود. در چنین سیستمی، در هر بال از آبپاش‌ها به صورت انتخابی و متناوب نه هم زمان، استفاده خواهد شد. برای مثال، نخستین آبپاش در هر بال برای مدت زمان مشخصی کار خواهد کرد. پس از آن این آبپاش‌ها متوقف شده و آبیاری با دومین آبپاش نصب شده بر روی بال‌ها ادامه خواهد یافت. در چنین سیستمی، یک شیر نوبتی برای هر آبپاش نصب خواهد شد. این شیرها با استفاده از تغییر فشار آب و یا دستگاه‌های کنترل هوایی یا الکتریکی متصل به کنترل‌کننده‌های خودکار درون مزرعه، فعال می‌شوند. کنترل‌کننده‌ها را می‌توان با استفاده از تانسیومترهای رطوبتی که در نقاط

کلیدی مزرعه نصب می‌شوند، نیز فعال نمود. در این سیستم، آب ورودی، به درون بال‌های متعددی توزیع شده که امکان استفاده از لوله‌های بسیار باریک‌تری را در بال‌ها فراهم می‌آورد.

هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای ایجاد سیستم‌های ثابت بالا است. لیکن، نیاز به نیروی کارگری در حین آبیاری بسیار کم است. در صورت استفاده از این سیستم‌ها برای آبیاری گیاهان غیر ردیفی، پایه (رایزر) آبپاش‌ها به موانعی در مقابل عملیات معمول کشاورزی تبدیل می‌شوند. چرا که به سبب تثبیت آبپاش‌ها با فواصل معین در مزرعه، امکان بهبود یکنواختی توزیع آب آبیاری با تغییر مکان خطوط لوله‌های فرعی، آنگونه که در سیستم‌های بارانی قابل حمل دستی یا متحرک ممکن است، وجود ندارد.

سیستم‌های آبیاری بارانی زیر درختی باغات[1]

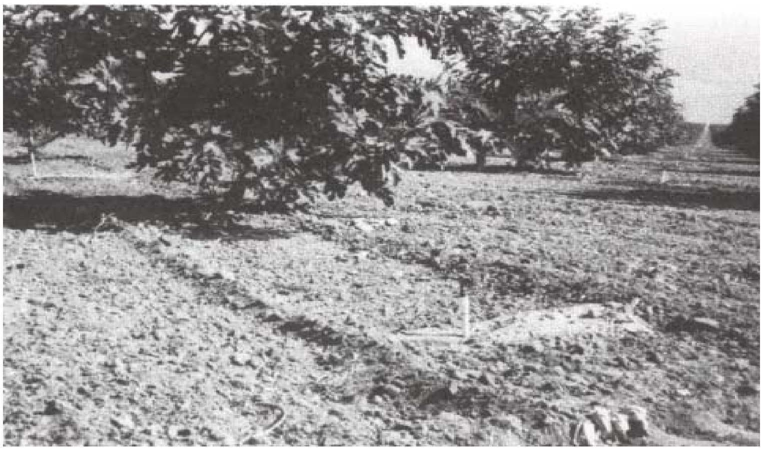
این سیستم‌ها به صورت دائمی و یا قابل حمل طراحی شده و ممکن است دارای همپوشانی کامل بوده و یا با استفاده از هر آبپاش یک تا چهار درخت را بدون همپوشانی آبیاری کنند. می‌توان از آبپاش‌هایی با زاویه چرخش کوچک یا آبفشان‌های کوچک چرخشی استفاده نمود. معمولاً، آبپاش‌های چرخشی برای آبیاری بدون همپوشانی استفاده شده و ممکن است از آنها به صورت ثابت یا قابل حمل بر روی لوله‌های متحرک نیز استفاده کنند. در صورت نصب دائمی می‌توان از آنها به صورت معمول و مکرر استفاده کرد یا می‌توان با استفاده از نمونه‌های خودکار آنها به صورت متناوب و مکرر کمبود رطوبتی خاک را همانند آنچه در آبیاری موضعی/قطره‌ای روی می‌دهد، جبران کرد. از آنجا که این سیستم‌ها سطح وسیع‌تری از کل خاک مزرعه را نسبت به روش‌های آبیاری موضعی/قطره‌ای مرطوب می‌سازند، می‌توان از آنها با تکرارهای کمتر استفاده کرد. در شکل ۵-۱۳ نمونه‌ای از یک سیستم آبیاری بارانی زیردرختی باغات مشاهده می‌شود.

آبپاش‌های ثابت را معمولاً با فواصل مشخص بر روی خطوط انتقال آب در ردیف‌های یک در میان، و همچنین به صورت یک در میان در بین درختان باغ نصب می‌کنند. در هنگام استفاده از آبپاش‌های با چرخش زیاد و آبپاش‌های با شعاع پرتاب

---

[1] Undertree orchard sprinkler systems

کم، سیستم طراحی شده برای آبیاری درختان با فاصله زیاد که امکان هرس کردن آنها در بالای جت آب وجود دارد، بسیار مناسب است. در غیر این صورت تداخل درختان موجب انحراف شدید الگوی پاشش آبپاش‌ها خواهد شد. همچنین خیس شدن بسیاری از میوه‌ها یا تنه برخی از درختان خاص ممکن است صدماتی و یا مشکلات ناشی از بیماری‌ها را افزایش دهد. به منظور جلوگیری از پاشش آب به تنه درختان، شکننده فواره[1] برای برخی آبپاش‌ها موجود است. آب شور ممکن است توسط برگ درختان جذب شده و موجب ریزش برگ‌های آنها شود. در صورت استفاده از آبپاش‌هایی با دایره پاشش کوچکتر، کاشت درختان با فاصله کمتر و عدم دخالت آنها در الگوی پاشش امکان‌پذیر است. در تمامی موارد، به منظور کاهش خیس شدن شاخ و برگ و تداخل سایه‌انداز درختان، باید از آبپاش‌هایی با زاویه پرتاب کم نسبت به سطح افق استفاده کرد. هنگام نصب آبپاش‌ها باید عملیات زراعی و الزامات آن را در نظر گرفت.



شکل ۵-۱۳. نمونه‌ای از یک سیستم آبیاری بارانی زیر درختی باغات

در برخی موارد از سیستم آبپاش‌های قابل حمل که آنها را «شیلنگ‌کش» می‌خوانند، استفاده می‌شود. لیکن، امروزه در ایالات متحده به جای بیشتر این سیستم‌ها از

---

[1] Stream splitters

سیستم‌های آبیاری بارانی موضعی/قطره‌ای استفاده می‌شود. در سیستم‌های شیلنگ‌کش، معمولاً ۲ تا ۵ آبپاش به ترتیب بر روی یک شیلنگ PVC انعطاف‌پذیر با قطر کوچک نصب شده‌اند که با اتصال به یک خروجی، ردیف‌های متعددی را (معمولاً ۲ تا ۴ ردیف) تحت پوشش قرار می‌دهند. می‌توان از لوله‌های قابل حمل به جای شیلنگ‌های آبیاری استفاده نمود. اما جابجایی لوله‌ها در باغات قدیمی دشوار بوده و استفاده از آنها معمول نیست.

همپوشانی الگوی پاشش از یک سو و تداخل احتمالی درختان از سوی دیگر موجب آبیاری بیش از حد برخی قسمت‌ها و خشک ماندن قسمت‌های دیگر می‌شود. حتی یک درخت نیز می‌تواند به تنهایی موجب بروز چنین ناهماهنگی شود. عمق آب آبیاری در مناطق همپوشانی آبپاش‌ها باید در طراحی سیستم و مدیریت آن مدنظر قرار گیرد. در صورتی که میزان مصرف آب فراتر از متوسط طراحی باشد، امکان نفوذ عمقی بیش از حد در این مناطق وجود دارد. اگر دامنه تغییرات مصرف آب در منطقه ریشه یک درخت زیاد نباشد و نسبت به زمان نیز ثابت باشد، الگوی جذب مطابق این تغییرات تنظیم خواهد شد. اگر عمق آب آبیاری از درختی به درخت دیگر تغییر کند، تنظیم الگوی جذب موجب کاهش عدم یکنواختی کاربرد آب نشده و بازده کمتری حاصل خواهد شد.

استفاده از آبپاش‌های بدون همپوشانی، که تقریباً تمام سطح موجود بین چهار درخت یا فقط سطح زیر یک درخت را پوشش می‌دهند، امکان آبیاری با بازده بسیار بالا و نفوذ عمقی بسیار ناچیز را فراهم می‌آورد. از آنجا که الگوی مصرف این آبپاش‌ها در گوشه‌های اراضی تحت آبیاری به حدود صفر کاهش می‌یابد، سطح قابل توجهی از اراضی تحت آبیاری بدون نفوذ عمقی باقی می‌مانند. با انتخاب مناسب آبپاش‌ها یا تنظیم صحیح آنها، امکان حفظ یکنواختی عمق آب در خاک، کنترل نفوذ عمقی و کاهش تلفات آب به کمترین مقدار ممکن، در بخش محدودی از اراضی که بیش از حد طراحی، آبیاری می‌شوند، وجود دارد. از آنجا که در این سیستم‌ها تمامی توده خاک مرطوب نمی‌شود، تعداد دفعات آبیاری باید نسبت به سیستم‌هایی که در آنها تمامی

توده خاک مرطوب می‌شود، افزایش یابد. اداره و نگهداری سیستم‌های آبیاری بارانی زیردرختی بسیار ساده است.

سیستم‌های آبیاری بارانی روی درختی باغات[1]

رایزرهای بلند بر فراز درختان، امکان استفاده از آبپاش‌های معمولی را فراهم می‌آورد. به منظور کاهش مشکلات ناشی از دخالت درختان که هنگام استفاده از آبپاش‌های با شعاع پرتاب کم روی می‌دهد، باید از آبپاش‌های با شعاع پرتاب زیاد استفاده نمود به گونه‌ای که قطرات آب تقریباً عمودی سقوط کنند. ارتفاع نسبی پایه آبپاش‌ها با رشد درختان تغییر کرده و احتمال استفاده از پایه‌هایی با ارتفاع متفاوت در یک باغ وجود دارد.

از این سیستم می‌توان برای کنترل آب و هوا در باغات و تاکستان‌ها و برای خنک کردن گیاهان به منظور به تأخیر انداختن گلدهی‌های غیر عادی که غالباً تحت تأثیر سرمازدگی قرار می‌گیرند، استفاده نمود. همچنین در مواقع بسیار گرم، خنک‌سازی باغات با این سیستم میسر است. در فصل سرما به منظور جلوگیری از خطرات سرمازدگی با استفاده از آبیاری بارانی، پوشش نازکی از یخ بر روی گیاه ایجاد شده و از کاهش دمای گیاه تا حدود خطرناک پیشگیری می‌کنند. افزایش وزن پوشش یخی ممکن است موجب قطع اندام هوایی گیاه شده و استفاده بیش از حد از آب نیز منجر به ایجاد خاک‌های بسیار مرطوب و یا افزایش سطح آب زیرزمینی می‌گردد.

قابلیت‌ها و محدودیت‌ها

به دلیل وجود انواع مختلف سیستم‌های آبیاری بارانی، بیان کلی قابلیت‌ها و محدودیت‌های این سیستم‌ها دشوار است. به هرحال، برخی قابلیت‌های عمده آنها عبارتند از:

١- برنامه‌ریزی آبیاری نسبتاً ساده است، چرا که سیستم میزان قابل پیش‌بینی مصرف آب را دیکته می‌کند.

---

[1] Overtree orchard sprinkler systems

۲- از آنجا که فاصله آبپاش‌ها، اندازه آبپاش‌ها و فشار سیستم تماماً در مرحله طراحی تعیین می‌شوند، گزینه‌های مدیریتی اینگونه سیستم‌ها بسیار مشخص است. برخلاف آبیاری سطحی، مدیریت اینگونه سیستم‌ها بیشتر بر نگهداری و برنامه‌ریزی تأکید دارد تا ارائه راهبردهایی برای حفظ یکنواختی توزیع.

۳- عملیات تسطیح مورد نیاز بسیار ناچیز است. این امر در بسیاری از کشورهای در حال توسعه که در آنها قطعات اراضی کوچک بوده و عملاً امکان تسطیح اراضی وجود ندارد، بسیار حائز اهمیت است.

۴- نیاز برخی سیستم‌های آبیاری بارانی به نیروی کارگر، به ویژه در سیستم دوار مرکزی، بسیار ناچیز است.

برخی از محدودیت‌های کلیدی سیستم‌های آبیاری بارانی عبارتند از:

۱- این سیستم‌ها به انرژی پمپاژ بیشتری نسبت به روش‌های آبیاری سطحی و آبیاری موضعی/قطره‌ای احتیاج دارند.

۲- تصفیه آب در روش‌های آبیاری بارانی باید بیشتر از روش‌های آبیاری سطحی صورت گیرد (البته کمتر از آبیاری موضعی/قطره‌ای).

۳- برخی از سیستم‌های بارانی (به ویژه سیستم‌های متحرک دستی) از نظر جابجایی به نیروی کارگر قابل توجهی نیاز دارند. گاهی اوقات یافتن آبیار کارآمد دشوار است.

۴- در صورت شوری آب آبیاری نمی‌توان از روش‌های آبیاری بارانی که در آنها برگ گیاهان نیز خیس می‌شوند، استفاده نمود.

محصولات

تقریباً امکان آبیاری تمامی محصولات به روش بارانی وجود دارد. در انتخاب نوع سیستم باید مشخصات گیاه، به ویژه ارتفاع آن مورد بررسی قرار گیرد. برای مثال، آبیاری ذرت و سایر گیاهان پا بلند با یک سیستم آبیاری بارانی چرخدار ممکن نیست. همچنین محصولاتی وجود دارند که آبیاری آنها با استفاده از سیستم‌های بارانی مطلوب نیست. برای مثال، اگر بخش فوقانی گیاه پیاز خیس شود در موقع خشک

شدن بی رنگ می‌گردد. در صورت استفاده از آبیاری بارانی، پوسیدگی گوجه فرنگی و علوفه‌های سبز به شدت افزایش خواهد یافت.

گاهی اوقات از سیستم‌های آبیاری بارانی برای جوانه‌زنی بذرها و پوشش زمین با گیاهانی مانند چمن و یونجه استفاده می‌شود. استفاده از این سیستم‌ها برای پیش آبیاری خاک‌هایی با سرعت نفوذ اولیه بالا، معمول است. آبیاری سبک و مکرر در روش‌های آبیاری سطحی اقتصادی نبوده و اجرای آن نیز دشوار است. در حالی که امکان اجرای آن به سادگی در سیستم‌های بارانی وجود دارد.

با استفاده از این سیستم‌ها می‌توان صدمات ناشی از تغییرات دما، مانند دماهای بسیار بالا یا سرمازدگی را کاهش داد. طراحی ویژه‌ای برای تسهیل در استفاده مداوم از آب مورد نیاز است.

خاک‌ها

در بیشتر خاک‌ها می‌توان از یکی از انواع روش‌های آبیاری بارانی استفاده نمود. به هر حال، امکان استفاده مناسب از سیستم‌های آبیاری بارانی در خاک‌هایی که سرعت نفوذ نهایی در آنها از ٣ میلیمتر در ساعت کمتر است وجود نداشته و پیش‌بینی اقداماتی به منظور افزایش نفوذ یا غرقاب‌سازی یکنواخت سطح به منظور کنترل رواناب، ضروری است.

به منظور حصول یکنواختی، سرعت نفوذ نهایی خاک‌ها در دوره آبیاری، باید از ١/٣ شدت بارش متوسط آبپاش‌ها، بزرگتر باشد. می‌توان با اعمال تدابیر خاصی بر روی زمین، مانند پوشش خاک با مالچ یا شکل‌دهی به خاک سطحی امکان استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی را در خاک‌هایی که سرعت نفوذ آنها بسیار کمتر از شدت بارش آبپاش‌ها است، فراهم نمود. غرقاب‌سازی سطح خاک با استفاده از روش‌هایی همچون کشت در امتداد خطوط تراز یا استفاده از سدهای کوچک در جویچه‌ها، امکان استفاده از سیستم‌های آبیاری بارانی با سرعت پخش زیاد را در خاک‌های با نفوذپذیری کم فراهم می‌سازد.

توپوگرافی

توپوگرافی منطقه تحت آبیاری بارانی می‌تواند از اراضی بسیار مسطح تا شیب‌های قابل توجه و شدید تغییر کرده و همچنان آبیاری اراضی با استفاده از یکی از انواع سیستم‌های آبیاری بارانی موجود، ممکن باشد. در شرایط عادی تسطیح اراضی مورد نیاز نیست. در صورت نیاز به زهکشی سطحی، تسطیح شیب زمین یا هموار کردن آن تا حدودی لازم است. در برخی موارد، تسطیح زمین برای انجام عملیات زراعی زود هنگام در ابتدای بهار مفید بوده و به برداشت محصول به سبب کاهش یا حذف مناطق مرطوب، کمک می‌کند.

در مجموع، استفاده از آبیاری بارانی در انواع توپوگرافی‌هایی که برای کشاورزی مناسب می‌باشد، امکان‌پذیر است. با وجود این، عملیات زراعی، آبراهه‌ها، زهکشی ضعیف برخی قسمت‌های مزرعه و ... موجب اعمال محدودیت‌هایی می‌شوند. سیستم‌های متحرک دستی و سیستم‌های ثابت برای آبیاری اراضی شیب‌دار و زمین‌های لغزنده بسیار مناسب هستند. از میان سیستم‌های متحرک مکانیکی، تنها سیستم آبیاری دوار مرکزی برای اراضی شیب‌دار و زمین‌های لغزنده مناسب است. سایر سیستم‌های متحرک مکانیکی با محدودیت‌های بیشتری مواجه هستند. تجهیزات کنترل جریان و تنظیم کننده‌های فشار برای نصب بر روی هر آبپاش ابداع شده و در دسترس است.

از سیستم‌های آبیاری بارانی بر روی خاک‌هایی که توپوگرافی‌های متغیر دارند، در خاک‌های کم عمق که تغییر شکل سطحی داشته یا کاربرد مؤثر روش‌های آبیاری سطحی بر روی آنها میسر نیست، استفاده می‌شود.

منبع آب

برای طراحی یک سیستم آبیاری بارانی با بیشترین بازده و کمترین هزینه، وجود یک منبع آب با دبی ثابت و برای تمام مدت شبانه روز ضروری است. در استفاده از منابع آب که به صورت نوبتی در اختیار سیستم قرار می‌گیرند، طراحی ظرفیت اضافی برای سیستم یا سیستم ذخیره در سطح مزرعه ضروری است که هر دو مورد موجب افزایش هزینه‌های سیستم خواهد شد. با وجود ضرورت دسترسی تمام

وقت به منبع آب، انعطاف‌پذیری سیستم در برابر تغییرات مدت زمان تأمین آب به منظور تنظیم برنامه آبیاری، ضروری است.

شوری/ کیفیت آب

شوری آب آبیاری عامل مؤثری در انتخاب روش آبیاری است. امکان شستشوی نمک از خاک با استفاده از آبپاش‌هایی با یکنواختی بالا وجود دارد. در این شیوه در مقایسه با روش‌های غرقابی آب کمتری مورد نیاز است. چرا که در شرایط غیر اشباع، آب به درون خلل و فرج ریزتر خاک نفوذ خواهد کرد. این امر در مناطقی که سفره زیرزمینی به سطح زمین نزدیک باشد، بسیار حائز اهمیت است. البته روش انتخاب شده برای نمک‌زدائی به خاک و توپوگرافی نیز بستگی دارد.

بسیاری از گیاهان به جذب نمک‌های حل شده در آب آبیاری از طریق برگ‌های خود حساس هستند. احتمال ریزش برگ‌ها در صورت تماس چنین آبهایی با برگ‌ها وجود دارد. در شرایط رطوبت کم هوا، محلول موجود در سطح برگ‌ها به سبب بروز پدیده تبخیر در فاصله بین دوره‌های آبیاری غلیظ‌تر خواهد شد. آبیاری در شب تا حدودی به رفع این مشکل کمک خواهد کرد. همچنین توصیه می‌شود تا در چنین شرایطی از آبپاش‌هایی با چرخش یک دور در دقیقه یا سریع‌تر استفاده شود و از کاربرد آبپاش‌های با شدت بارش کم پرهیز شود.

به منظور جلوگیری از انسداد نازل آبپاش‌ها، تصفیه منابع آب‌های سطحی به منظور حذف مواد جامد ضرورت دارد. هرچه دبی آبپاش‌ها کمتر باشد، تصفیه دقیق‌تری لازم است. به منظور کاهش فرسایش آبپاش‌ها و رسوب‌گیری لوله‌های فرعی، آب‌های حاوی رسوبات باید پیش از ورود به سیستم از حوضچه‌های رسوب‌گیر عبور کنند.

آب و هوا

آب و هوا عامل مؤثری در انتخاب روش آبیاری است. در مناطقی با بارندگی فراوان و هوای مرطوب، سیستم‌های آبیاری بارانی برای تکمیل آبیاری محصولات کشت شده بسیار مناسب هستند. در حالی که رطوبت بسیار کم هوا موجب تبخیر مستقیم قطرات آب پیش از برخورد با سطح زمین می‌شود و بر آبیاری بارانی اثر می‌گذارد.

به هر حال می‌توان از باد به عنوان مشخص‌ترین عامل آب و هوایی مؤثر بر انتخاب روش آبیاری و نوع سیستم آبیاری بارانی نام برد. دستگاه بارانی قرقره‌ای با فشار زیاد و بوم‌هائی که برای پوشش سطح بیشتر طراحی شده‌اند، جهت استفاده در مناطقی که وزش بادهای شدید در آنها معمول است، توصیه نمی‌شوند. در چنین شرایطی الگوی پاشش به شدت منحرف خواهد شد. استفاده از آبپاش‌های LEPA و LESA بر روی سیستم‌های آبیاری دوار مرکزی و خطی عملاً حساسیت سیستم را به باد برطرف می‌کنند.

بازده سیستم

بازده نهایی هر یک از سیستم‌های آبیاری بارانی (جدول ۵-۱) به عوامل گوناگونی بستگی دارد. در عمل، بسته به نوع سیستم انتخاب شده، طراحی سیستم و نحوه بهره‌برداری از آن، دامنه بازده آبیاری از بسیار کم تا بسیار زیاد تغییر می‌کند. برنامه‌ریزی آبیاری در هر یک از انواع روش‌های آبیاری بارانی مشخصاً ساده بوده و سیستم‌های آبیاری دوار مرکزی، خطی و ثابت ساده‌ترین سیستم‌ها برای برنامه‌ریزی هستند. تلفات تبخیر نیز متغیر و بسته به نوع آبپاش، ارتفاع مسیر پرتاب، شرایط آب و هوایی، میزان خیس شدن اندام‌های هوایی گیاه و عوامل متعدد دیگر، بین ۱ تا ۱۰ درصد تغییر می‌کند. در صورت طراحی و اداره صحیح یک سیستم آبیاری بارانی، رواناب در این سیستم‌ها صفر یا بسیار ناچیز خواهد بود.

بنابراین، یکنواختی توزیع سیستم‌های آبیاری بارانی به عنوان یک عامل کلیدی در تعیین بازده پتانسیل عملکرد سیستم مطرح است. سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت که عملکرد آنها به همپوشانی در دو جهت بستگی داشته و حرکت نمی‌کنند (سیستم‌های ثابت در آبیاری گیاهان زراعی) مشخصاً دارای کمترین DU هستند. اساسی ترین عوامل مؤثر بر DU این سیستم‌ها عبارتند از (۱) یکنواختی میزان جریان که به تغییرات فشار، تغییرات اندازه آبپاش‌ها، گرفتگی و فرسودگی آنها بستگی دارد و (۲) یکنواختی همپوشانی. همپوشانی نامطلوب، بیشتر از سایر عوامل بر DU این سیستم‌ها اثر می‌گذارد.

جدول ۵-۱. بازده کاربرد (AE_{lq}) قابل حصول در سیستم‌های آبیاری بارانی

نوع سیستم	بازده عملی کاربرد سیستم
متحرک دستی، بال با بکسل انتهایی و آبفشان چرخدار	۶۵ – ۸۵٪
بارانی قرقره‌ای و بوم	۶۰ – ۷۵٪
دوار مرکزی- خطی	۷۵ – ۹۰٪
ثابت با حرکت جانبی	۷۰ – ۸۰٪
LEPA	۸۰ – ۹۳٪
زیردرختی باغ (بدون همپوشانی)	۸۰ – ۹۳٪

در مرتبه بعد، بیشترین مقدار DU در سیستم‌هایی حاصل می‌شود که آبپاش‌ها در موقعیت چهار ضلعی قرار می‌گیرند. با تغییر محل یک در میان بال‌ها در هر آبیاری، امکان بهبود قابل توجه یکنواختی همپوشانی، در خلال دو آبیاری وجود دارد.

بهترین DU، در سیستم‌های بارانی خطی و دوار مرکزی با طراحی و نگهداری مناسب، بدست خواهد آمد. با فرض حرکت آهسته ماشین‌ها، عدم یکنواختی در همپوشانی تنها در یک جهت و فقط بین خود آبپاش‌ها روی خواهد داد. عدم یکنواختی در جهت دوم (در جهت حرکت سیستم)، با حرکت مداوم سیستم برطرف خواهد شد. از آنجا که امکان استقرار آبپاش‌ها با فاصله کم وجود داشته و عموماً از تنظیم کننده‌های فشار استفاده می‌شود، مقدار DU_{lq} (یکنواختی توزیع در چارک پایین) در چنین روش‌های آبیاری به بیش از ۰/۹۰ نیز خواهد رسید.

بیشترین مقادیر DU در سیستم‌های ثابت دائمی نصب شده در باغات روی می‌دهد. اگر فاصله بین آبپاش‌ها در این سیستم کم باشد (یک آبپاش برای هر درخت یا دو آبپاش برای سه درخت)، الگوی همپوشانی بر یکنواختی توزیع آب بین گیاهان اثر نخواهد گذاشت.

بنابراین، تنها عامل مؤثر بر DU عدم یکنواختی میزان جریان است. از آنجا که این سیستم‌ها دائمی هستند، تصفیه آب به منظور پیشگیری از گرفتگی روزنه‌ها و فرسودگی خطوط لوله نسبتاً آسان است. همچنین امکان کنترل اختلاف فشار در

مراحل اولیه طراحی نیز وجود دارد. معمولاً مقادیر DU_{lq} برای سیستم‌های آبیاری بارانی زیردرختی با طراحی و مدیریت مناسب حدود ۰/۹۳-۰/۹۵ است.

برنامه‌ریزی آبیاری

برنامه‌ریزی آبیاری در سیستم‌های آبیاری بارانی نسبتاً ساده است. اما در مقایسه با روش‌های آبیاری سطحی و آبیاری موضعی/قطره‌ای از تفاوت‌های اساسی برخوردار است. حتی در میان روش‌های مختلف آبیاری بارانی نیز تفاوت‌های اساسی وجود دارد.

در سیستم‌های بارانی متحرک دستی و بارانی چرخدار طول دوره آبیاری مشخصاً ۱۲ یا ۲۴ ساعت (کمتر از زمان حرکت) است. در نتیجه، عمق کاربرد آب با توجه به همان مدت زمان تنظیم شده تعیین می‌گردد. در یک برنامه‌ریزی صحیح آبیاری باید فرصت کافی جهت انطباق SMD با عمق واقعی کاربرد آب (تنظیم شده برای تأمین بازده مورد نظر) وجود داشته باشد. در حالی که در آبیاری موضعی/قطره‌ای دقیقاً برخلاف روش فوق عمق کاربرد آب و زمان با SMD تنظیم می‌شوند.

در حالی که میزان مصرف آب در سیستم‌های آبیاری دوار مرکزی و خطی ثابت است، از سرعت‌های پیشروی متفاوتی برخوردار هستند (که به ساعت آبیاری متغیر می‌انجامد). این سیستم‌ها برای تکمیل یک آبیاری به مدت زمان کمتری احتیاج دارند. برنامه‌ریزی، شامل محاسبه ساعات مورد نیاز در یک آبیاری یا ساعات مورد نیاز در یک هفته برای تأمین عمق آب آبیاری مورد نظر می‌شود. در برنامه‌ریزی سیستم‌های متحرک مانند دوار مرکزی و خطی لازم است تا میان مزایای SMDهای کوچک که موجب افزایش درصد تلفات تبخیر از شاخ و برگ خیس می‌شوند و SMDهای بزرگتر که درصد تلفات تبخیر را کاهش می‌دهند اما موجب افزایش پتانسیل رواناب می‌شوند، تعادل ایجاد کرد.

ملاحظات ساختاری

کارگر

نیاز سیستم‌های آبیاری بارانی به کارگر بسته به میزان خودکار بودن و مکانیزه بودن تجهیزات، متغیر است. سیستم‌های قابل حمل دستی به کمترین میزان مهارت ممکن و بیشترین نیروی کارگر احتیاج دارند. در حالی که سیستم‌های بارانی چرخدار به نیروی کارگر کمتر ولی با مهارت فنی بیشتر نیاز دارند. سیستم‌های ثابت قابل حمل به نیروی کارگر کمتر اما دانشی مشابه سیستم‌های قابل حمل دستی نیازمند هستند. سیستم‌های دوار مرکزی و خطی و LEPA به مهارت قابل توجهی برای بهره‌برداری احتیاج دارند لیکن نیروی کارگر مورد نیاز بسیار محدود است. در واقع، نیاز اصلی به نیروی کار در مدیریت و نگهداری سیستم است. سیستم‌های ثابت دائمی به کمترین نیروی کارگر نیازمند هستند. در جدول ۵-۲ نیاز هر یک از روش‌های گوناگون آبیاری بارانی به نیروی کارگر، ارائه شده است.

دسترسی به خدمات

نیاز سیستم به خدمات غیر محلی بسته به میزان پیچیدگی تجهیزات، متغیر است. کلیه سیستم‌ها به امکانات نگهداری، چه درون مزرعه و چه خارج از آن، برای تعمیر لوله‌ها نیازمند هستند. روش‌های مکانیکی مانند تجهیزات دوار مرکزی و خطی به خدمات الکترونیکی و مکانیکی نیازمند هستند. امکان تأمین این خدمات از مؤسسات خدماتی خارج از مزرعه وجود دارد. در عین حال، می‌توان با آموزش افرادی که در مزرعه فعالیت دارند، نیز نسبت به تأمین برخی از این خدمات اقدام نمود.

جدول ۵-۲. نیاز سیستم‌های آبیاری بارانی به نیروی کارگر

	کارگر اجرایی	
نوع سیستم	**نفر- ساعت به ازای هکتار- میلیمتر**	**نفر- ساعت به ازای اکر-اینچ**
جابجائی دستی بال آبیاری	۰/۰۱۷	۰/۱۷۵
بال آبیاری با بکسل انتهایی	۰/۰۱۰	۰/۱۰۳
آبفشان چرخدار	۰/۰۱۲	۰/۱۲۳
بال آبیاری با حرکت جانبی	۰/۰۱۰	۰/۱۰۳
بارانی قرقره‌ای	۰/۰۰۷	۰/۰۷۲
دوار مرکزی	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰
دوار مرکزی با سیستم گوشه	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰
بارانی خطی آبگیری از نهر	۰/۰۰۲	۰/۰۲۱
بارانی خطی آبگیری از لوله	۰/۰۰۲	۰/۰۲۱
بارانی ثابت قابل حمل	۰/۰۱۰	۰/۱۰۳
بارانی ثابت دائمی	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰

عوامل اقتصادی

هزینه‌های سرمایه‌ای

در جدول ۵-۳ حدود هزینه‌های سرمایه‌ای بر پایه ارزش دلار ایالات متحده در سال ۱۹۹۵ برای روش‌های گوناگون آبیاری بارانی، ارائه شده است.

هزینه انرژی

نیاز انواع سیستم‌ها به انرژی متفاوت است. به جز انرژی لازم برای انتقال آب تا ارتفاع کافی از سطح زمین به منظور تأمین فشار ثقلی لازم، تمامی سیستم‌ها به نوعی منبع انرژی برای فعالیت پمپ‌ها احتیاج دارند. سیستم‌های LEPA با مصرف ۱۰۰ تا ۱۴۰ کیلو پاسکال، از کمترین مصرف انرژی برخوردارند. سیستم‌های آبیاری دوار مرکزی و خطی بسته به نوع آبپاش‌ها به فشار ۱۷۰ تا ۵۵۰ کیلوپاسکال نیازمند

هستند. سیستم‌های ثابت به ۱۷۰ تا ۳۳۰ کیلوپاسکال احتیاج دارند. سیستم‌های آبیاری بارانی قرقره‌ای به ۶۹۰ تا ۸۲۵ کیلوپاسکال نیاز دارند. می‌توان از نیروی برق، گازوئیل، دیزل، پروپان مایع یا گاز طبیعی به عنوان منبع تأمین انرژی استفاده کرد. استفاده از انرژی خورشیدی و انرژی بادی مراحل آزمایشی خود را طی کرده و هنوز از نظر اقتصادی به صرفه نیستند.

به دلیل تفاوت قیمت انرژی در مناطق مختلف، تعیین هزینه واقعی انرژی ممکن نیست. می‌توان از مقادیر ارائه شده در جدول ۵-۴ و یا استفاده از قیمت مناسب واحد انرژی، برای برآورد هزینه انرژی استفاده کرد. تمامی اعداد جدول ۵-۴ برپایه ٪۷۵ بازده پمپ و آبدهی یک میلیمتر در هکتار برای فشار معین تعیین شده‌اند.

جدول ۵-۳. دامنه هزینه سرمایه‌ای سیستم‌های آبیاری بارانی

نوع سیستم	مساحت زیر آبیاری		دامنه هزینه سرمایه‌ای	
	هکتار	اکر	هکتار/ دلار	اکر/ دلار
جابجائی دستی بال آبیاری	۶۵	۱۶۰	۴۵۰–۶۷۵	۱۷۵–۲۷۵
بال آبیاری با بکسل انتهایی	۶۵	۱۶۰	۶۰۰–۹۵۰	۲۵۰–۴۰۰
بال چرخدار دستی	۶۵	۱۶۰	۸۰۰–۱۱۰۰	۳۲۵–۴۵۰
آبفشان چرخدار	۵۰	۱۲۰	۹۵۰–۱۳۵۰	۴۰۰–۵۵۰
بارانی قرقره‌ای	۵۰	۸۰	۹۵۰–۱۲۰۰	۴۰۰–۵۰۰
دوار مرکزی	۵۰ — ۸۰	۱۲۵ — ۲۰۰	۷۰۰–۱۱۰۰	۲۷۵–۴۵۰
دوار مرکزی با سیستم گوشه	۶۰	۱۵۰	۹۵۰–۱۲۰۰	۴۰۰–۵۰۰
بارانی خطی آبگیری از نهر	۱۳۰	۳۲۰	۱۱۰۰–۱۳۰۰	۴۵۰–۵۲۵
بارانی خطی آبگیری از لوله	۱۳۰	۳۲۰	۱۶۰۰–۲۰۵۰	۶۵۰–۸۲۵
بارانی ثابت قابل حمل	۶۵	۱۶۰	۲۷۰۰–۳۲۵۰	۱۱۰۰–۱۳۰۰
بارانی ثابت دائمی	۶۵	۱۶۰	۲۳۰۰–۳۵۰۰	۹۲۵–۱۴۰۰

جدول ۵-۴. نیاز سیستم‌های آبیاری بارانی به انرژی

نوع سیستم	نیاز به انرژی	
	کیلو وات- ساعت به ازای هکتار- میلیمتر	**کیلو وات- ساعت به ازای اکر-اینچ**
جابجائی دستی بال آبیاری	۲/۱ – ۰/۹	۲۱/۶ – ۹/۲
بال آبیاری با بکسل انتهایی	۲/۱ – ۰/۹	۲۱/۶ – ۹/۲
بال چرخدار دستی	۲/۱ – ۰/۹	۲۱/۶ – ۹/۲
آبفشان چرخدار	۲/۱ – ۱/۱	۲۱/۶ – ۱۱/۳
بارانی قرقره‌ای	۴/۹ – ۳/۵	۵۰/۴ –۳۶/۰
دوار مرکزی	۲/۳ – ۰/۹	۲۳/۷ – ۹/۲
دوار مرکزی با سیستم گوشه	۲/۴ – ۱/۰	۲۴/۷ – ۱۰/۳
بارانی خطی آبگیری از نهر	۲/۳ – ۰/۹	۲۳/۷ – ۹/۲
بارانی خطی آبگیری از لوله	۲/۶ – ۱/۲	۲۶/۷ – ۱۲/۳
بارانی ثابت قابل حمل	۲/۱ – ۰/۹	۲۱/۶ – ۹/۲
بارانی ثابت دائمی	۲/۱ – ۰/۹	۲۱/۶ – ۹/۲

هزینه کارگر

نیاز سیستم‌های مختلف به کارگر برای بهره‌برداری از شبکه متفاوت است. می‌توان از نیازهای کارگری ارائه شده در جدول ۵-۲ برای برآورد هزینه‌های کارگری سیستم‌های مختلف استفاده کرد. نیازهای ذکر شده بر اساس نفر- ساعت به ازای هکتار- میلیمتر عمق ناخالص ارائه شده‌اند.

هزینه مدیریت

طول زمان مدیریت به صورت جداگانه محاسبه نشده است. هزینه‌های کارگری ذکر شده در جدول ۵-۲، بیشتر هزینه‌های مدیریتی را به جز هزینه مربوط به تصمیمات زمان آبیاری و مقدار آب مورد استفاده، پوشش می‌دهند. هزینه متوسط برای چنین

سطوح مدیریتی بسته به طول فصل رشد و دقت مدیریت آبیاری مورد نیاز، بین ۱۲ تا ۲۵ دلار در هکتار در هر فصل زراعی، تخمین زده می‌شود.

هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

هزینه‌های بهره‌برداری در هزینه‌های انرژی و کارگر لحاظ شده‌اند. متوسط هزینه‌های نگهداری سالانه با در نظر گرفتن درصدی از هزینه سرمایه ای اولیه برآورد خواهد شد.

هزینه نگهداری سیستم‌های LEPA مشابه سیستم‌های بارانی خطی است. هزینه‌های نگهداری که بر اساس عمر مؤثر تجهیزات برآورد شده‌اند و شامل نگهداری پمپ‌ها و خطوط لوله اصلی می‌شوند، در جدول ۵-۵ ارائه شده‌اند.

جدول ۵-۵. متوسط هزینه‌های نگهداری سالانه سیستم‌های آبیاری بارانی

نوع سیستم	عمر سیستم - سال	نگهداری (درصد از هزینه سرمایه‌ای)
جابجائی دستی بال آبیاری	۱۵	۲
بال آبیاری با بکسل انتهایی	۱۰	۳
بال چرخدار دستی	۱۵	۲
آبفشان چرخدار	۱۰	۶
بارانی قرقره‌ای	۱۵	۶
دوار مرکزی	۱۵	۵
دوار مرکزی با سیستم گوشه	۱۵	۶
بارانی خطی آبگیری از نهر	۱۵	۶
بارانی خطی آبگیری از لوله	۱۵	۶
بارانی ثابت قابل حمل	۱۵	۲
بارانی ثابت دائمی	۲۰	۱
بارانی شلنگ پیچ باغ	۱۵	۳

هزینه‌های زراعی ویژه

برخی سیستم‌ها به هزینه‌های زراعی ویژه نیازمند هستند. سیستم‌های آبیاری بارانی دوار مرکزی و یا خطی در خاک‌هایی با نفوذپذیری کم به وسایل شخم برای ایجاد حوضچه‌های کوچک با هزینه سالانه معادل ۱۷ دلار در هر هکتار احتیاج دارند. سیستم‌های LEPA نیز به تجهیزات احداث جویچه نیازمند هستند. در استفاده از سیستم‌های ثابت برای آبیاری گیاهان ردیفی عملیات زراعی ویژه‌ای مورد نیاز است. دستگاه بارانی قرقره‌ای در برخی گیاهان به نگهداری سیستم کشش ارابه در مسیر حرکت، احتیاج دارند.

فصل ششم

آبیاری زیرزمینی – مدیریت سفره آب

توضیحات

مدیریت سفره آب زیرزمینی (آبیاری زیرزمینی) با کنترل سفره، از طریق یک سیستم زهکشی زیرزمینی صورت می‌گیرد. در این سیستم، آب مستقیماً از طریق صعود کاپیلاری از ناحیه اشباع خاک که آن را سفره آب یا سفره آب معلق می‌خوانند، در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. یا اینکه با مرطوب ساختن خاک از طریق بالا و پایین بردن سریع سطح سفره زیرزمینی، گیاه آبیاری می‌شود. این روش معمولاً در مناطق مرطوب که زهکشی نیمرخ خاک برای توسعه ریشه‌ها ضروری است یا برای تولید محصول سودمند قلمداد می‌شود و یا هنگامی که زهکشی از نظر تردد ماشین‌آلات برای کشت یا برداشت محصول از سود اقتصادی برخوردار باشد، قابل اجرا است. در طول فصل آبیاری، سفره آب در ارتفاعی بالاتر از سطح آب زهکشی سطحی یا لوله زهکش قرار می‌گیرد. با استفاده از یک یا چند سازه کنترل آب در یکی از زهکش‌های اصلی یا لوله جمع‌کننده که معمولاً به سیستم سرریز یا پمپ مجهز است، کنترل می‌شود. با مصرف آب توسط گیاهان، پر کردن مجدد سیستم با استفاده از یک چاه یا آب‌های سطحی ضروری است.

قابلیت‌ها و محدودیت‌ها

محصولات زراعی

سیستم‌های آبیاری زیرزمینی برای آبیاری بیشتر محصولات زراعی و باغات با ریشه‌های متوسط تا عمیق مناسب هستند. از آنجا که آب از طریق سفره زیرزمینی تأمین شده و به منطقه ریشه منتقل می‌شود، بین عملیات آبیاری یا سیستم آبیاری با عملیات سطحی یا زراعی مورد نیاز برای گیاهان در سطح مزرعه تداخلی بوجود نخواهد آمد.

خاک‌ها

اجرای چنین سیستم آبیاری در خاک‌هایی که به سرعت زهکشی می‌شوند و در آنها سطح سفره آب زیرزمینی نسبتاً بالا است، توصیه می‌شود. از این روش، به منظور پیشگیری از تخریب خاک‌های آلی که در هنگام افت شدید سطح سفره زیرزمینی برای مدت زمان قابل توجهی، به سهولت اکسیده می‌شوند، استفاده می‌شود. به منظور کنترل نماتدها در دوره محدودی از فصل خواب گیاهان، سطح سفره زیرزمینی تا حد اشباع کامل در خاک‌های آلی بالا آورده می‌شود.

خاک‌های درشت دانه که معمولاً از ظرفیت نگهداری کم آب و هدایت هیدرولیکی نسبتاً بالا در شرایط اشباع برخوردار هستند، برای این نوع سیستم‌های آبیاری بسیار مناسب هستند. در صورت زهکشی نیمرخ خاک در بخشی از سال، چون از این سیستم دو منظوره (آبیاری و زهکشی) استفاده می‌شود، کار انجام شده اقتصادی‌تر خواهد بود.

توپوگرافی

اراضی هموار تا شیب‌های ملایم یکنواخت برای تسهیل در طراحی، آرایش شبکه و مدیریت یک سیستم آبیاری زیرزمینی مطلوب بوده، اما اجباری نیستند. سیستم زهکشی زیرزمینی باید به گونه‌ای طراحی شود که کمترین شیب مثبت را برای زهکش به همراه داشته باشد. همچنین می‌توان سیستم زهکش را بر روی خطوط تراز قرار داد و در همان حال کانال یا لوله جمع‌کننده را همراه با سازه‌های کنترل بر روی شیب تندتر مستقر نمود.

هیچگونه محدودیتی از نظر شکل زمین برای اجرای این سیستم وجود ندارد زیرا سیستم آبیاری زیرزمینی، مستقل از هر گونه آرایش کاشت گیاهان زراعی و باغات است.

تأمین آب سیستم

میزان تأمین آب بر اساس میزان تبخیر و تعرق به علاوه تلفات نفوذ عمقی و جانبی طراحی می‌شود. از آنجا که اجرای این گونه سیستم‌ها در محل‌هایی امکان‌پذیر است که حفظ سفره آب در نزدیکی سطح زمین، حداقل برای مدتی از سال وجود داشته باشد، تلفات ناشی از نشت عمقی چندان لحاظ نخواهد شد. با افزایش وسعت زمین، تلفات ناشی از نفوذ جانبی کم اهمیت‌تر می‌شود. اجرای این سیستم‌ها در اراضی ۴۰ هکتاری و بزرگتر عملی است. محاسبه تلفات ناشی از نفوذ عمقی و جانبی نیز امکان‌پذیر است. از آنجا که آب به زیر سطح خاک تزریق می‌شود، تلفات ناشی از تبخیر مستقیم حداقل خواهد بود.

شوری / کیفیت آب

تاکنون، در مدیریت سفره آب زیرزمینی، استفاده از آب با شوری قابل توجه در مناطق حساس به شوری به عنوان منبع تأمین آب این سیستم‌ها، توصیه نشده است. این سیستم‌ها غالباً در مناطق مرطوب که آب آبشویی لازم برای رفع شوری با بارش‌های طبیعی تأمین می‌گردد، راه‌اندازی می‌شوند. این مورد باید با توجه به بررسی‌های دقیق انجام شده در هر محل به صورت جداگانه لحاظ شود.

آب و هوا

از آنجا که در سیستم‌های آبیاری زیرزمینی تأمین آب و توزیع آن در زیر سطح خاک صورت می‌گیرد، این سیستم‌ها تحت تأثیر باد یا شرایط تبخیر شدید قرار نمی‌گیرند. امکان کنترل سرمازدگی و همچنین خنک‌سازی گیاهان با تبخیر وجود ندارد. از آنجا که این سیستم‌ها در خاک‌های مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرند، مسألهٔ خیس شدن مفرط خاک در دوره‌های بارندگی شدید، وجود خواهد داشت. با در نظر گرفتن تجهیزات کافی برای زهکشی اراضی در هنگام طراحی یا با مدیریت مناسب سرریزهای کنترل‌کننده سطح آب زیرزمینی در مواقع مورد نیاز، می‌توان از بروز چنین مشکلاتی پیشگیری نمود.

بازده آبیاری

براساس اطلاعات موجود، تا زمانی که حفاظت آب مورد توجه طراح باشد، آبیاری زیرزمینی در زمره یکی از روش‌های با بازده بسیار بالا قلمداد می‌گردد (برای مثال، بازده کاربری ۸۰ درصد یا بیشتر در واحد اندازه زمین زراعی که از ۸ اینچ آب پمپ شده، ۶ تا ۷ اینچ صرف تبخیر و تعرق مفید گیاه می‌شود). به طور قطع، چنین اعداد بالایی، به وجود یک سفره زیرزمینی نزدیک به سطح خاک و عدم حرکت جانبی آب به خارج از مرزهای مزرعه بستگی دارد.

ملاحظات ساختاری

کارگر

پس از راه‌اندازی سیستم آبیاری زیرزمینی نیاز این گونه سیستم‌ها به نیروی کارگر بسیار ناچیز یا صفر است. خودکار نمودن این سیستم به سادگی ممکن است. امکان حفظ سفره آب ثابت حداقل برای دوره‌های مشخص فصل زراعی با استفاده از یک شناور یا تعدادی الکترود که یک پمپ برقی را خاموش یا روشن می‌کنند، وجود دارد. می‌توان با تنظیم ارتفاع سرریزهای کنترل‌کننده سطح سفره در زمان مناسب نسبت به تغییر سطح سفره آب در صورت نیاز با رشد گیاهان اقدام نمود. برای برخی گیاهان یا فنون مدیریتی، نیازی به تغییر ارتفاع سرریزهای کنترل‌کننده از آغاز تا پایان فصل زراعی نیست. به جای آنکه این سیستم تنها به صعود کاپیلاری وابسته باشد، می‌توان از روشی دیگر برای مرطوب ساختن خاک اقدام نمود. بدین ترتیب که سفره آب زیرزمینی را به سرعت (یک روزه) بالا آورده و سپس نسبت به زهکشی سریع آن اقدام نمود.

مهارت‌های مدیریت

همانند سایر سیستم‌های آبیاری، این سیستم‌ها نیز به مهارت‌های مدیریتی خاصی نیازمند هستند. این مهارت‌ها بیشتر به درک رابطه آب- خاک- گیاه مربوط می‌شوند. به منظور مدیریت مؤثر سیستم، بررسی مداوم رطوبت خاک یا سطح سفره آب در مزرعه ضروری است.

دسترسی به خدمات

تجهیزات خدماتی به جز در مورد نگهداری پمپ و سیستم چاه، در سایر موارد از اهمیت چندانی برخوردار نیستند. بازسازی یا پاکسازی یک سیستم لوله زیرزمینی مسدود شده که به ندرت روی می‌دهد، یا نگهداری از نهرهای تغذیه و زهکشی، دشوارترین خدمات ممکن هستند.

عوامل اقتصادی

هزینه سرمایه‌ای

هزینه توسعه در ابتدا به هزینه تسطیح اراضی و هزینه نصب لوله‌های زیرزمینی تغذیه- زهکشی از ۳۰۰ تا ۷۵۰ متر در هکتار با توجه به فاصله زهکش‌ها، بستگی دارد. این هزینه از ۵۰۰$/ha (حداقل طول لوله بدون صافی) تا ۲۵۰۰$/ha (حداکثر طول لوله با صافی) تغییر می‌کند. در خاک‌های نفوذپذیر و پایدار آلی، می‌توان از زهکش‌های روباز نیز با هزینه‌ای حدود ۲۵۰$/ha به صورت مؤثر استفاده کرد.

به منظور حصول اطمینان از توانایی سیستم در حفظ سفره آب در عمق مطلوب، فاصله بین زهکش‌های زیرزمینی برای یک سیستم آبیاری زیرزمینی کاهش خواهد یافت. کاهشی به اندازه ۲۰ درصد منطقی است. به منظور اجرای سیستمی با هزینه متوسط، انتخاب فاصله ۲۰m برای زهکش‌ها به همراه یک فیلتر نایلونی باریک پیچیده شده به دور لوله به قیمت ۳/۲$ در هر متر، هزینه‌ای معادل ۱۹۰۰$/ha در پی خواهد داشت. احداث خروجی زهکش همراه با سازه کنترل حدود ۵۰$/ha هزینه در بر خواهد داشت. راه‌اندازی یک چاه برای ۴۰ha هزینه‌ای معادل ۶۰۰۰$ را خواهد داشت (با فرض احداث ۱۰۰ متر چاه با هزینه متری ۶۰ دلار). هزینه پمپ یا موتور مورد نیاز برای تأمین آب مصرفی به میزان ۷/۶ ha-mm در روز برای ۴۰ha زمین و قدرتی معادل ۲۵kW (۳۰ اسب بخار) جمعاً ۴۰۰۰$ یا ۱۰۰$/ha خواهد بود.

کل هزینه سرمایه‌ای مورد نیاز حدود ۲۲۰۰$/ha برآورد می‌شود. قابل ذکر است که هزینه زهکش‌های زیرزمینی حدود ٪۸۵ هزینه کل را شامل می‌شود. انتخاب فواصل بیشتر در خاک‌های با نفوذپذیری بیشتر به شکل قابل توجهی کاهش می‌یابد.

هزینه انرژی

دبی پمپاژ مورد نیاز در دوره اوج مصرف از میزان تبخیر و تعرق (مثلاً حدود ۷/۵ mm/day) که در حدود ۳۵ لیتر در ثانیه برای یک مزرعه ۴۰ هکتاری برآورد می‌شود، تجاوز نخواهد کرد. برای تأمین دبی ۴۴ لیتر در ثانیه و ارتفاع پمپاژ ۴۵ متر، ۲۰kW (۲۶/۵hp) انرژی مورد نیاز خواهد بود. در نتیجه، برآورد زمان پمپاژ برای تأمین ۲۰۰mm آب آبیاری در ۴۰ha معادل ۵۱۶ ساعت است. در مناطقی که کنترل دائمی سفره آب در سطوح بالا اساس کار سیستم تلقی می‌گردد، هزینه انرژی مورد نیاز سیستم معادل ٪۲۰ هزینه بالا خواهد بود.

هزینه کارگر

از آنجا که کارگر و مسائل مرتبط با آن یک مورد مدیریتی بوده و تنها برای سرپرستی اجرای طرح مورد استفاده قرار می‌گیرد، هزینه کارگر کمترین رقم را در پی خواهد داشت. بازرسی سیستم پمپاژ، تنظیم سرریزها و اندازه‌گیری موردی شرایط رطوبت خاک در نقاط مختلف مزرعه، از جمله مواردی است که باید انجام گیرند. تأمین سوخت موتورهای گازی یا دیزلی پمپ‌ها ضروری است.

هزینه مدیریت

مدیریت در این نوع سیستم بسیار حائز اهمیت است. اما در برآورد هزینه سیستم باید به هزینه مدیریت، به عنوان مخارج کلی مدیریت عمومی مزرعه نگریست.

هزینه بهره‌برداری و نگهداری

هزینه عمده بهره‌برداری به هزینه پمپاژ آب آبیاری مربوط می‌شود. همانگونه که در بالا ذکر شد، حداکثر ۵۱۶ ساعت پمپاژ با قدرت ۲۰kW (۲۶/۵ hp) حدوداً kWh ۱۱۷۰۰ برآورد می‌شود. با در نظر گرفتن ۷ سنت به ازای هر کیلو وات ساعت، هزینه‌های اجرایی برای ۴۰ha زمین در یک فصل ۸۲۰ دلار یا حدود ۲۰ دلار در هکتار خواهد بود.

هزینه سرمایه یا توسعه برای این‌گونه سیستم‌ها باید بر پایه یک دوره طولانی گردش سرمایه، حداقل ۲۰ ساله محاسبه شود. از بعد نگهداری یا اداره سیستم، نهر جمع‌کننده و سازه‌های مرتبط با آن حدوداً هر پنج سال، به هزینه‌ای معادل ۵۰۰ دلار یا ۲/۵ دلار در هکتار در سال نیازمند هستند. محاسبه ۲/۵ دلار در هکتار در سال نیز برای پوشش هزینه نگهداری پمپ و چاه مورد نیاز است.

منابع:

ASAE. (1990). Standards 1990. Standards, Engineering Practices and Data. 37th Edition. ASAE. St. Joseph, MI 49085.

Burt, C.M, A.J. Clemmens, T.S. Strelkoff, K.H. Solomon, R.D. Bliesner, L.A. Hardy, T.A. Howell, and D.E. Eisenhauer. (1997). Irrigation Performance Measures : Efficiency and Uniformity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 123 (6) : 423-442.

Burt, C.M. and J. Keller. (1997). Very Low – Pressure Sprinkler Irrigation, NSAE Paper No. 76-2517.

Burt, C.M. and S.W. Styles, (1994). Drip and Microirrigation for Trees, Vines, and Row Crops. Irrigation Training and Research Center (ITRC) , Dept. of BioResource and Agricultural Engineering, Cal Poly, San Luis Obispo, CA 93407.

Burt, C.M., R.E. Walker, S.W. Styles, and J. Parrish. (1995). Irrigation System Evaluation Manual – rev. 1995 for Windows. Irrigation Training and Research Center (ITRC), Dept. of BioResourse and Agricultural Engineering, Cal Poly, San Luis Obispo, CA 93407.

Cachuma RCD. (1994). Final Report – Irrigation Water Management Program Santa Barbara and San Luis Obispo Counties. Cachuma Resource Cons. District, Santa Maria, CA 93454.

Clemmens, A.J. and A. Dedrick. (1981). Estimating Distribution Uniformity in Level Basins. Trans of the ASAE 24(5) : 1177-1180, 1187.

Hart, W.E. (1961). Overhead Irrigation Pattern Parameters. Agric. Engr. July. 354-355.

Hart, W.E. and W.N. Reynolds. (1965). Analytical Design of Sprinkle Systems. ASAE Transactions 8(1): 83-85, 89.

ITRC. 1997-99. Results of On-farm Irrigation Evaluations for Distribution Uniformity. Unpublished results of field evaluations in

California and Oregon. Irrigation Training and Research Center. California Polytechnic State University. San Luis Obispo, CA 93407.

Keller, J. and R.D. Bliesner . 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold Publishing. New York. 652 p.

Kemper, W.D., D.C. Kincaid, R.V.Worstell, W.H. Heinemann, T.J. Trout, and J.E. Chapman. (1985). Cablegation Systems for Irrigation: Description, Design, Installation, and Performance. USDA/ARS. ARS-21. 208 p.

Kubota (1986). Kubota Surge Flow System. Cat. No. 971-4563. Information brochure by Kubota America Corp. Los Angeles, CA.

Little, G.E. (no date). Distribution Uniformity Variability of Pressure Irrigation Systems for Orchards. Unpublished M.S. Thesis. Univ. of Calif., Davis.

Merriam, J.L. (1966). A Management Control Concept for Determining the Economical Depth and Frequency of Irrigation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 9(4) : 492-498.

Merriam, J.L. and J. Keller. (1978). Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management. Utah State University, Logan, Utah.

Mission RCD. (1993). A Summary of Agricultural Irrigation System Evaluations in Northern San Diego County – 1983-1992. Mission Resource Cons. District. Fallbrook, CA.

On-Farm Irrigation Committee, Irrigation and Drainage Division, ASCE. (1978). Describing Irrigation Efficiency and Uniformity. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE. 104 (1) : 35-41.

On-Farm Irrigation Committee, Irrigation and Drainage Division, ASCE. (1984). Recommended Irrigation Schedule Terminology. Proceedings of the Specialty Conference, ASCE, July 24-26. Flagstaff, AZ. pp 219-221.

Styles, S.W., and C.M. Burt. (1996). Evaluation of Subsurface Drip Irrigation on Peppers. Cal Poly Irrigation Training and Research Center. Report submitted to the California Energy Commission.

Replogle, J.A., J.L. Merriam, L.R. Swarner, and J.T. Phelan (1981). Farm Water Delivery Systems. Chapter 9 of Design and Operation of Farm Irrigation Systems, American Society of Agricultural Engineers Monograph 3, M. E. Jensen, ed. ASAE, St. Joseph, MI. pp. 332-341.

Replogle, J.A. and J.L. Merriam. (1980). Scheduling and Management of Irrigation Water Delivery Systems. Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers Second National Irrigation Symposium, Oct 20-23. Lincol, NE.

USDA Natural Resources Conservation Service. (1997). National Engineering Handbook, Part 652, Irrigation Guide.

Zimbelman, D.D., Editor. (1987). Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. Proceedings of a Symposium of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, July 28-30, Portland, OR. pp. 18-72.

اختصارات:

AE	Application efficiency
AE_{lq}	Application efficiency, low quarter
AR	Advance ratio
B/C	Benefit cost ratio
CDS	Controlled droplet size
CRF	Capital recovery factor
CV	Coefficient of variation
D_{avg}	Average depth of water accumulated in all elements
d_{lq}	Average low quarter depth
DU	Distribution uniformity
$DU_{low\ half}$	Distribution uniformity, low half
DU_{lq}	Distribution uniformity, low quarter
EAE	Equivalent annualized cost factor of escalating energy
EAL	Equivalent annual labor
ET	Evapotranspiration
i	Annual interest rate
IE	Irrigation efficiency
IS	Irrigation sagacity
ITRC	Irrigation Training and Research Center
LEPA	Low energy precision application
LESA	Low elevation spray application
L	Length dimension
LQ	Lower quarter
MAD	Management allowable deficit
n	Economic life of a component
PAE_{lq}	Potential application efficiency, low quarter
SMD	Soil moisture deficit
T	Time dimension
T_a	Time of application
T_{adv}	Time of advance
T_i	Time of infiltration at lower end
T_r	Time of recession
TDH	Total dynamic head
UC	Christiansen uniformity coefficient

لیست انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره	نام کتاب
۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
۲	تحلیلی بر راندمانهای 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
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
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 ـ 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	لوح فشرده 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
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 برمبنای تقاضا
۷۸	تاریخ آب و آبیاری استان کرمان
۷۹	لوح فشرده مجموعه مقالات راهکارهای مدیریت خشکسالی (Workshop on Drought Management Strategies)
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	تحلیلی بر مسائل و مشکلات ساخت کانال‌های آبیاری در ایران
۸۵	اصول 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
۹۳	مجموعه مقالات کارگاه سیستم زهکشی زیر پوشش کانال‌ها

Selection of Irrigation Methods for Agriculture

A. J. CLEMMENS, C. M. BURT

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

Working Group on "On –Farm Irrigation Systems"

ISBN: 964 – 6668 – 52 – 6

Translated By:

A. M. Liaghat   A. Zamyadi

Edited By:

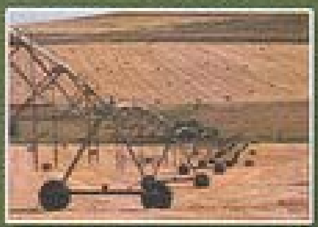
N. Valizadeh

Selection of Irrigation Methods for Agriculture

Environmental and Water Resources Institute (EWRI)

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

No.: 85 - 2005



شابک: ۹۶۴-۶۶۶۸-۵۲-۶
6668 - 52 - 6

۶۲۶/۸۱
۴۱۷ ب
۲ن

ICID•CIID

EWRI