

بسم الله الرحمن الرحيم



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی

دستورالعمل تنظیم برنامه آبیاری در روش آبیاری بارانی

نویسندگان:

علیرضا کیانی و مهدی اکبری

۱۳۹۹

سرشناسه	کبانی، علیرضا، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور	دستورالعمل تنظیم برنامه آبیاری در روش آبیاری بارانی/ نویسندگان علیرضا کبانی و مهدی اکبری؛ مدیر داخلی شیوا پارسانیک؛ ویراستاران ترویجی سعیده اجاقی، نصیبه پورفاتح؛ ویراستار ادبی سمیرا میرنظامی؛ تهیه شده در معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.
مشخصات نشر	کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	۶ص: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)؛ ۱۹×۹/۵ س.م.
شابک	۵-۷۴۲-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی: فیپا	
موضوع	آبیاری بارانی
موضوع	Sprinkler irrigation :
شناسه افزوده	اکبری، مهدی، ۱۳۴۳ -
شناسه افزوده	پارسانیک، شیوا، ۱۳۴۹ -
شناسه افزوده	اجاقی، سعیده، ۱۳۷۱- ویراستار
شناسه افزوده	پورفاتح، نصیبه، ۱۳۶۶ - ویراستار
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
شناسه افزوده	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره	۵۶۱۹: S۶
رده بندی دیویی	۶۳۱/۵۸۷:
شماره کتابشناسی ملی	۷۳۴۹۴۴۰:

ISBN: 978-964-520-742-5

شابک: ۵-۷۴۲-۵۲۰-۹۶۴-۹۷۸



عنوان: دستورالعمل تنظیم برنامه آبیاری در روش آبیاری بارانی
نویسندگان: علیرضا کبانی و مهدی اکبری
مدیر داخلی: شیوا پارسانیک
ویراستاران ترویجی: سعیده اجاقی، نصیبه پورفاتح
ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی
تهیه شده در: معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
صفحه آرا: نرگس بهادر
نمونه خوان: افسانه شایسته
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۹
قیمت: رایگان
مسئولیت درستی مطالب با نویسندگان است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۸۳۰۱ به تاریخ ۹۹/۰۷/۰۸ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، طبقه ۱۲ | تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ | تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴ | کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸

مخاطبان:

♦ کشاورزان و بهره‌برداران، کارشناسان آب و خاک، مروجان
پهنه‌های تولیدی

اهداف آموزشی:

♦ شما پس از مطالعه این دستورالعمل با سامانه‌های
آبیاری بارانی، روش برآورد زمان و مقدار آب آبیاری، با زبانی
ساده و امکاناتی اندک آشنا می‌شوید.

فهرست

صفحه

عنوان

۹	مقدمه
۱۱	کلیاتی از روش‌های آبیاری بارانی
۱۲	اجزاء سیستم آبیاری بارانی
۱۴	انواع روش‌های آبیاری بارانی
۲۲	تعیین زمان آبیاری
۲۳	آشنایی کلی با تشت تبخیر
۳۲	تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشت تبخیر
۳۷	تعیین زمان آبیاری بر اساس اقلیم مناطق
۴۰	تعیین آب مورد نیاز گیاه
۴۰	آب مورد نیاز خالص
۴۱	آشنایی با ضریب گیاهی
۴۳	آب مورد نیاز ناخالص
	چگونگی تنظیم مدت زمان هر نوبت آبیاری برای سامانه‌های آبیاری
۴۴	بارانی ساکن
۴۵	تعیین شدت پاشش آب پاش‌ها
۴۶	تعیین مدت زمان آبیاری
	چگونگی تنظیم مدت زمان هر نوبت آبیاری برای سامانه‌های آبیاری
۴۸	بارانی متحرک
۴۸	آب‌فشان قرقره‌ای
۵۵	آب‌فشان عقربه‌ای و آب‌فشان خطی

مقدمه

برنامه‌ریزی آبیاری نوعی گزینه مدیریتی آب برای جلوگیری از کاربرد آب اضافی و جلوگیری از کاهش عملکرد به واسطه تأمین نشدن آب مورد نیاز گیاه است. بنابراین در برنامه‌ریزی آبیاری باید به سه سؤال زیر پاسخ داده شود:

۱. آیا رطوبت خاک به حدی کاهش یافته است تا نیاز به آبیاری داشته باشد؟ (تعیین زمان آبیاری)
۲. برای کفایت آبیاری به چه مقدار آب نیاز است؟ (تعیین مقدار آب آبیاری)
۳. آب را چگونه در اختیار گیاه قرار بدهیم؟ (روش‌های آبیاری)

به‌طور کلی تنظیم برنامه آبیاری با سه روش امکان‌پذیر است. برخی از روش‌ها به‌دلیل استفاده از روابط مختلف و بعضاً پیچیده، عملاً برای مخاطبان اصلی کارایی لازم را ندارند. استفاده از واکنش طبیعی گیاه، استفاده از واکنش خاک و استفاده از اطلاعات هواشناسی سه شاخص مهم در تدوین و تصمیم‌گیری برای تدوین برنامه آبیاری هستند. بنابراین برای راهبری برنامه آبیاری، حداقل نیاز به شناخت از مراحل رشدی گیاه، خاک و اقلیم است. وضعیت ظاهری

برگ‌های گیاهان شامل شادابی، پیچش و تغییر جهت، تغییر رنگ و پژمردگی سطح برگ‌ها و ترک خوردن خاک، نوعی واکنش به کم‌آبی هستند. شاخص‌های ارائه شده به دلیل بروز ظواهر عینی تا حدی نمایانگر وضعیت رطوبتی خاک و گیاه هستند؛ ولی ضمن اینکه از دقت لازم برخوردار نبوده، شاخص مناسبی برای مقدار آب مورد نیاز گیاهان نیستند.

کلیاتی از روش‌های آبیاری بارانی

در اکثر شرایط اقلیمی کشور که کمبود منابع آبی از دلایل عمده محدودکننده تولیدات کشاورزی است، این روش به دلایل فراوانی که در زیر نام برده شده است، نسبت به روش‌های سطحی در اولویت است:

◀ صرفه‌جویی در مصرف آب؛

◀ بازدهی بیش‌تر؛

◀ امکان استفاده در زمین‌های شیب‌دار؛

◀ شست‌وشوی برگ‌ها؛

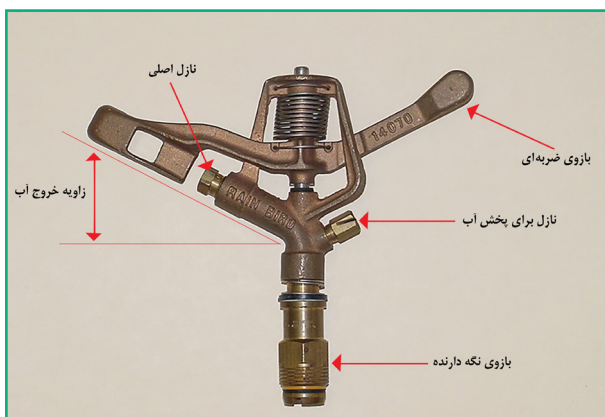
◀ امکان افزایش فتوسنتز گیاه.

در روش آبیاری بارانی می‌توان مقادیر کم آب را که معمولاً در روش‌های مرسوم آبیاری سطحی به‌سختی امکان‌پذیر است، با دقت و کنترل بهتر به کار برد. در زمین تحت آبیاری بارانی نیازی به ایجاد شیار نیست، به‌جز برخی از محصولات نظیر سیب‌زمینی که نیاز به خاک‌دهی پای بوته دارند و در زمین‌های دارای پستی و بلندی که امکان کشت و کار وجود داشته باشد، قابل‌اجراست. روش آبیاری بارانی برای اکثر خاک‌ها مناسب است، ولی در خاک‌های سبک با نفوذپذیری بالا نسبت به روش‌های آبیاری سطحی ارجحیت دارد.

اجزاء سیستم آبیاری بارانی

به طور کلی یک سیستم آبیاری بارانی دارای پنج بخش اصلی به شرح زیر است:

۱. «آب پاش» وسیله‌ای است که در آن خروجی‌هایی (نازل) با قطر بسیار کوچک تعبیه شده است که وظیفه انتقال آب به مزرعه را بر عهده دارند (شکل ۱). آب پاش‌ها به فواصل مشخص روی لوله فرعی مستقر شده، به طوری که آب با فشار از آن خارج می‌شود تا آبیاری مزرعه را انجام دهد. آب پاش‌ها عموماً دارای دو نازل هستند، ولی می‌توانند یک، دو یا سه نازل داشته باشند تا یک دایره کامل یا قسمتی از دایره را آبیاری کنند.



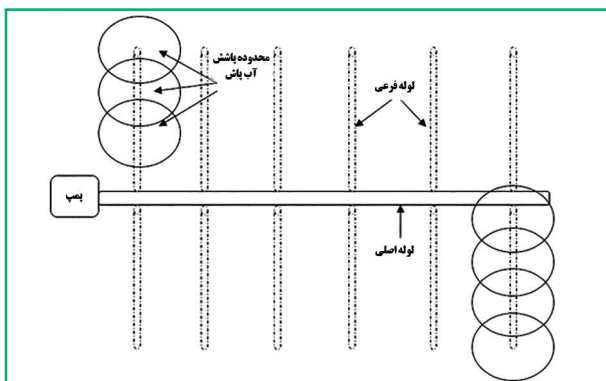
شکل ۱- نمایی از یک آب پاش ضربه‌ای دو نازله

۲. «لوله‌های فرعی» که آب را از لوله اصلی دریافت می‌کنند و آب را به لوله‌های نگهدارنده آب‌پاش‌ها می‌رسانند (شکل ۲). در حقیقت لوله‌های فرعی آب مورد نیاز آب‌پاش‌ها را تأمین می‌کنند. این لوله‌ها هم روی زمین و هم زیر زمین در مزرعه قابل نصب هستند.

۳. «لوله‌های نگهدارنده آب‌پاش‌ها (رایزرها)» لوله‌هایی با قطر کوچک‌تر هستند که آب را از لوله فرعی دریافت و به آب‌پاش منتقل می‌کنند. رایزرها دارای ارتفاع مختلفی هستند و با استقرار آب‌پاش‌ها در ارتفاع معین از برخورد مستقیم جت خروج آب با گیاهان جلوگیری می‌کنند.

۴. «لوله‌های اصلی و نیمه اصلی» که این شبکه لوله‌ها، آب را برای لوله فرعی فراهم می‌کنند و به‌طور همزمان می‌توانند چند لوله فرعی را آبرسانی کنند.

۵. «دستگاه تأمین‌کننده انرژی و فشار (پمپ)» برای راه‌اندازی سامانه آبیاری، پمپ آب را از مخزن دریافت و فشار مورد نیاز سامانه آبیاری را برای انتقال آن به بخش‌های دیگر فراهم می‌کند.



شکل ۲- نمایی از اجزاء اصلی یک سامانه آبیاری بارانی

انواع روش‌های آبیاری بارانی

به‌طور کلی انواع سامانه‌های آبیاری بارانی به دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. سامانه‌های ساکن. در این سامانه‌ها برای آبیاری یک واحد مشخص، لوله‌های فرعی و در نتیجه آب‌پاش‌های مستقر روی آن‌ها در حین آبیاری حرکت ندارند. به عبارت ساده‌تر آب‌پاش‌ها در حین آبیاری در یک محل ثابت هستند. سامانه‌های ساکن خود به سه گروه متحرک دوره‌ای، سامانه‌های ثابت با آب‌پاش‌های متحرک (جابه‌جاشونده) و کاملاً ثابت تقسیم‌بندی می‌شوند. گروه متحرک دوره‌ای خصوصاً برای مناطقی که فواصل آبیاری حداقل ۷ روزه دارند،

مفید هستند. انتقال لوله‌ها ممکن است به صورت دستی (شکل ۳) یا به صورت مکانیکی (آب‌فشان غلطان، شکل ۴) باشند. در سامانه ثابت با آب‌پاش‌های متحرک، عموماً همه لوله‌های اصلی و فرعی در زیر سطح خاک نصب شده‌اند و برای همیشه ثابت هستند و فقط آب‌پاش‌ها همراه با لوله‌های نگهدارنده آب‌پاش پس از اتمام آبیاری به محل دیگری منتقل می‌شوند. در گروه کاملاً ثابت در فواصل بین آبیاری سیستم جابه‌جا نمی‌شود و در تمام فصل آبیاری در یک مکان ثابت هستند.



شکل ۳- نمایی از یک سامانه آبیاری بارانی ساکن
(متحرک دوره‌ای با جابه‌جایی دستی)



شکل ۴- نمایی از یک سامانه آبیاری بارانی ساکن
(متحرک دوره‌ای با جابه‌جایی مکانیکی (آب‌فشان غلطان))

۲. سامانه‌های متحرک پیوسته. این سامانه‌ها شامل همه روش‌هایی است که به‌طور مداوم مکان‌های آب‌پاش‌ها در حین آبیاری تغییر می‌کند. به عبارت ساده‌تر، آب‌پاش در حین حرکت آبیاری را انجام می‌دهد. در این حالت مساحت تحت آبیاری می‌تواند به‌صورت دایره یا مستطیل باشد. این روش در مقایسه با روش قبلی به‌دلیل اینکه سامانه آبیاری در حال آبیاری جابه‌جا می‌شود می‌تواند

مساحت بیش‌تری در زمان مشخص آبیاری کند و از این نظر سودمندتر است. در این روش نیز دو گروه قابل تمایز وجود دارد.

۱. گروهی که در روی لوله فرعی آن‌ها چندین آب‌پاش به‌طور هم‌زمان آبیاری را انجام می‌دهند و فشار مورد نیاز آب‌پاش‌ها کم است (در حد ۳ اتمسفر). آب‌فشان عقربه‌ای، آب‌فشان خطی و آبیاری بارانی دقیق با انرژی کم جزء این گروه قرار دارند. این دستگاه‌ها از چهار قسمت اصلی بخش مرکزی، بال‌ها، برج‌ها و آب‌پاش‌ها تشکیل شده‌اند. قسمت مرکزی، محلی است که آب مورد نیاز سیستم بعد از پمپاژ وارد دستگاه می‌شود. این قسمت روی سکوی بتونی نصب شده و توسط نبشی‌ها و بست‌های قوی نگهداری می‌شود. در حد فاصل لوله آبده و محور دستگاه معمولاً کنتور اندازه‌گیری قرار دارد و در روی لوله عمودی محل‌هایی برای تزریق کود و سموم شیمیایی تعبیه شده است. در روش آبیاری بارانی عقربه‌ای لوله اصلی زیرزمین قرار دارد و یک لوله فرعی که در فواصل مشخص روی چرخ‌ها مستقر هستند، به‌وسیله یک موتور به‌صورت اتوماتیک و دایره‌وار حرکت می‌کند. آب‌پاش‌ها به فواصل مشخص روی بازوها که همان لوله‌های فرعی سیستم هستند،

قرار دارند (شکل ۵). به‌طور کلی این روش یک دایره را آبیاری می‌کند و به‌طور طبیعی در گوشه‌های زمین مربعی حدود ۲۰ درصد آبیاری صورت نمی‌گیرد. برای حل این مشکل راه‌حلهایی وجود دارد. یکی اینکه در انتهای لوله فرعی تک‌آب‌پاش‌هایی با فشار زیاد روی یک بازو (بوم) قرار می‌گیرد و زمانی که بال دستگاه به گوشه‌های زمین می‌رسد، با روشن شدن پمپ کمکی، آب‌پاش تفنگی انتهای بال دستگاه، شروع به کار می‌کند و بعد از عبور از گوشه زمین، آبیاری قطع می‌شود. این سیستم برای دستگاه‌هایی که با نیروی الکتریکی کار می‌کنند، قابل استفاده است. در روش آب‌فشان عقربه‌ای و آب‌فشان خطی، در داخل مزرعه نباید عوارض و موانع وجود داشته باشد. مزرعه باید دارای شیب کم و یکنواخت باشد. این روش‌های آبیاری برای خاک‌های سبک مناسب‌تر است، چون امکان رواناب در خاک‌های سنگین وجود دارد.



شکل ۵- نمایی از یک سامانه آبیاری بارانی متحرک پیوسته با حرکت دوار (آبفشان عقربه‌ای)

در روش آبفشان خطی لوله اصلی عموماً زیر زمین و لوله فرعی به صورت بازوها روی چرخ‌های یک تریلر قرار دارند. به طور کلی این روش برای اراضی مستطیلی و خاک‌هایی با بافت سبک و نفوذپذیری بالا مناسب‌تر است. در روش آبیاری بارانی با انرژی کم لوله‌های اصلی همان نهر مستقر در کنار مزرعه یا لوله‌های انعطاف‌پذیر هستند. لوله فرعی نیز همانند روش آبفشان عقربه‌ای به طول حدود ۴۰۰ متر (در قطعات ۲۵ تا ۷۵ متری) روی بدنه فلزی به شکل "A" روی چرخ‌ها مستقر هستند و به طور اتوماتیک به صورت خطی در حین آبیاری جابه‌جا می‌شوند. آب‌پاش‌ها تقریباً نزدیک سطح زمین و در فاصله ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری قرار دارند.

کاربرد آن‌ها برای مزارع مستطیلی‌شکل، بدون عوارض، دارای پستی و بلندی یکنواخت و خاک‌های شنی و برای اکثر گیاهان قابل‌استفاده هستند.

۲. گروه دیگر از سامانه‌های آبیاری متحرک پیوسته تنها از یک آب‌پاش با فشار بالا (حدود ۷ اتمسفر) برای آبیاری استفاده می‌کنند. از آنجا که در این گروه آب‌پاش قادر است آب را در حجم زیاد و در زمان مشخصی توزیع کند، به‌سادگی از یک وضعیت به وضعیت دیگر قابلیت جابه‌جایی دارد (شکل ۶) و برای آبیاری تکمیلی مناسب‌تر است. لوله اصلی در روش آب‌فشان قرقره‌ای عمده‌تاً همان حوضچه‌های ذخیره آب یا محل‌های آبگیر دريچه‌دار داخل نهر مزرعه هستند. لوله فرعی دارای یک لوله منعطف است که در انتهای آن یک آب‌پاش بزرگ نصب می‌شود. آب‌پاش در حین آبیاری با سرعت قابل‌تنظیم و به‌صورت اتوماتیک از انتهای مزرعه به سمت ابتدای مزرعه حرکت می‌کند. برای مزارع با شکل مستطیلی و در خاک‌های سبک به‌دلیل جلوگیری از رواناب مناسب‌تر است و تقریباً برای همه گیاهان به‌خصوص زمانی که آبیاری تکمیلی مدنظر باشد، مناسب است. در روش آب‌فشان قرقره‌ای عموماً از یک آب‌پاش استفاده می‌شود؛ ولی کارخانجات سازنده

برای شرایط از مزرعه (آبیاری‌های اول و هنگام جوانه‌زنی گیاهان) که نیاز به کاهش قطرات آب و کاهش شدت نفوذ آب در خاک باشد، استفاده از بوم را توصیه می‌کنند که به‌جای یک آب‌پاش از چندین آب‌پاش با دبی و فشار کمتر در عرض بوم استفاده شده است (شکل ۷).



شکل ۶- نمونه‌هایی از یک سامانه آبیاری بارانی متحرک پیوسته با یک آب‌پاش (آب‌فشان قرقره‌ای)



شکل ۷- نمایی از آبفشان قرقره‌ای دارای بوم

تعیین زمان آبیاری

همان‌طوری که در مقدمه توضیح داده شد، برای تعیین زمان آبیاری شاخص‌های متعددی شامل رطوبت خاک، علائم ظاهری گیاه و شرایط آب‌وهوایی وجود دارد. معمولاً کشاورزان با علائم ظاهری گیاه یا خاک آشنا هستند و با دیدن رنگ و حالت شادابی یا پژمردگی گیاه و ترک‌خوردگی خاک به‌طور تقریبی می‌توانند درباره زمان آبیاری تصمیم بگیرند. همه این موارد و علائم، تحت تأثیر شرایط آب‌وهوایی اتفاق می‌افتد و معمولاً کشاورز زمانی این علائم را در مزرعه مشاهده می‌کند که زمان آبیاری دیر شده است. همچنین تشخیص یکنواختی علائم مشاهده‌شده در تمام مزرعه

کار ساده‌ای نیست. در این نوشتار برای تشخیص زمان، استفاده از تشت تبخیر پیشنهاد شده است. تشت تبخیر به هزینه و امکانات زیادی نیاز ندارد، کشاورز به سادگی می‌تواند از آن استفاده کند و مهم‌تر از همه تغییرات آب‌وهوایی را هم در نظر می‌گیرد. به دنبال آشنایی با تشت تبخیر، روش ساده دیگری که بر مبنای اقلیم منطقه می‌تواند مصرف روزانه اتمسفر (تبخیر- تعرق پتانسیل) را برآورد کند نیز شرح داده خواهد شد.

آشنایی کلی با تشت تبخیر

به‌طور کلی و به زبان ساده، آب مصرفی گیاه (آب مورد نیاز) از دو قسمت تبخیر شامل تبخیر از سطح خاک، سطح شاخ و برگ گیاه و تعرق شامل مقدار آب خروجی از طریق روزنه‌های گیاه تشکیل شده است. البته همه آبی که به‌عنوان آب آبیاری وارد مزرعه می‌شود، در مسیر تبخیر و تعرق گیاه مصرف نمی‌شود. بسته به نوع روش آبیاری بخشی از آب ورودی از منطقه ریشه گیاه و بخشی از انتهای مزرعه از دسترس گیاه خارج می‌شود. بنابراین برای تعیین نیاز آبی گیاه باید مقدار تبخیر و تعرق واقعی را به طریقی برآورد کرد. تبخیر و تعرق واقعی گیاه تحت تأثیر دو عامل اصلی شرایط

آب و هوایی و نوع گیاه (ضریب گیاهی) قرار دارد. ارتباط بین عوامل اشاره شده در رابطه ۱ ارائه شده است.

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (۱)$$

که در این رابطه،

ET_c تبخیر و تعرق گیاه است.

ET_o تبخیر و تعرق در شرایط ایدئال همانند سطح پوشیده

از چمن (پتانسیل) فقط متأثر از شرایط اقلیمی است.

K_c متأثر از نوع گیاه است.

ساده ترین روش برای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل

(ET_o) استفاده از تشت تبخیر است. مقدار تبخیر از سطح

تشت تبخیر، بسیار نزدیک به مقدار تبخیر از سطح مزرعه

پوشیده از چمن (معیار محاسبه ET_o) است. مقدار افت

آب تبخیر شده در یک بازه زمانی مشخص از سطح تشت

(E_p) با در نظر گرفتن ضریب تشت (K_p) مستقیماً به ET_o

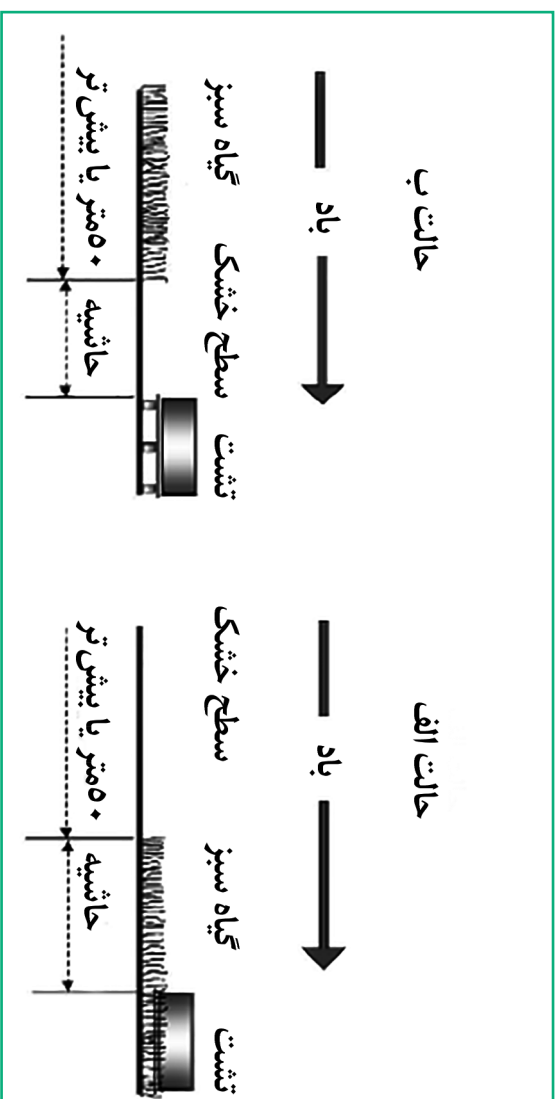
(رابطه ۲) مرتبط می شود.

$$ET_o = K_p \cdot E_p \quad (۲)$$

K_p بستگی به نوع تشت، محل نصب (با یا بدون

گیاه در اطراف آن) و اقلیم (رطوبت و سرعت باد) دارد.

دامنه تغییرات ضریب تشت حدود $0/3$ برای زمین‌های خشک و 1 برای زمین‌های اشباع است. به عبارت ساده‌تر اگر زمین اشباع باشد، مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل از مزرعه معادل مقدار تبخیر از تشت است و در زمین غیراشباع بسته به درجه خشکی اعدادی کم‌تر از واحد هستند. هرچه خاک خشک‌تر باشد ضریب تشت به $0/3$ نزدیک‌تر می‌شود. معمولاً نصب تشت به دو حالت کلی در مزرعه و در مسیر باد مستقر می‌شود. نصب در زمین پوشش‌دار (حالت الف) و نصب در زمین خشک (حالت ب) (شکل ۸). با توجه به شرایط مختلف از نظر رطوبت نسبی هوا (پایین، متوسط و بالا)، سرعت باد (آرام، ملایم، تند و خیلی تند) به تفکیک دو حالت الف و ب مقادیر ضریب تشت تبخیر در جدول ۱ به‌عنوان یک راهنمای کلی ارائه شده است.



شکل ۸-۸- نمایشی از حالت‌های نصب تشتت تبخیر در مزرعه

جدول ۱- مقدار ضریب تشت تبخیر به صورت تابعی از رطوبت نسبی، سرعت باد و محل استقرار آن در مزرعه

تشت (الف) تشت مستقر در اراضی با پوشش گیاهی کوتاه				تشت
میانگین رطوبت نسبی (درصد)	فاصله تشت از پوشش گیاهی بالادست در جهت وزش باد (متر)	پایین (کمتر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	بالا (بیشتر از ۷۰)
آرام (کمتر از ۲)	۱	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵
	۱۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۵
	۱۰۰	۰/۷	۰/۸	۰/۸۵
	۱۰۰۰	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۸۵
ملایم (۲ تا ۵)	۱	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵
	۱۰	۰/۶	۰/۷	۰/۷۵
	۱۰۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸
	۱۰۰۰	۰/۷	۰/۸	۰/۸
تند (۵ تا ۸)	۱	۰/۴۵	۰/۵	۰/۶
	۱۰	۰/۵۵	۰/۶	۰/۶۵
	۱۰۰	۰/۶	۰/۶۵	۰/۷
	۱۰۰۰	۰/۶۵	۰/۷	۰/۷۵
خیلی تند (بیشتر از ۸)	۱	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵۰
	۱۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶
	۱۰۰	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵
	۱۰۰۰	۰/۵۵	۰/۶	۰/۶۵

ادامه جدول ۱- مقدار ضریب تشت تبخیر به صورت تابعی از رطوبت نسبی،
سرعت باد و محل استقرار آن در مزرعه

تشت مستقر در اراضی خشک و آیش				تشت
پایین (کم تر از ۴۰)	متوسط (بین ۴۰ تا ۷۰)	بالا (بیش تر از ۷۰)		میانگین رطوبت نسبی (درصد)
			فاصله تشت از اراضی خشک آیش بالادست در جهت وزش باد (متر)	سرعت باد (متر بر ثانیه)
۰/۷	۰/۸	۰/۸۵	۱	آرام (کم تر از ۲)
۰/۶	۰/۷	۰/۸	۱۰	
۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵	۱۰۰	
۰/۵	۰/۶	۰/۷	۱۰۰۰	
۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸	۱	ملایم (۲ تا ۵)
۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷	۱۰	
۰/۵	۰/۶	۰/۶۵	۱۰۰	
۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶	۱۰۰۰	
۰/۶	۰/۶۵	۰/۷	۱	تند (۵ تا ۸)
۰/۵	۰/۵۵	۰/۶۵	۱۰	
۰/۴۵	۰/۵	۰/۶	۱۰۰	
۰/۴	۰/۴۵	۰/۵۵	۱۰۰۰	
۰/۵	۰/۶	۰/۶۵	۱	خیلی تند (بیش تر از ۸)
۰/۴۵	۰/۵	۰/۵۵	۱۰	
۰/۴	۰/۴۵	۰/۵	۱۰۰	
۰/۳۵	۰/۴	۰/۴۵	۱۰۰۰	

مثال ۱- تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از اعداد

تشت تبخیر

مقدار تبخیر از تشت در طی ۵ روز متوالی ۵، ۴، ۳/۵، ۵/۵ و ۴ میلی متر اندازه گیری شده است. تشت تبخیر در زمین خشک نصب شده است و فاصله آن تا اراضی سبز بالادست در جهت باد حدود ۲۰ متر است. میانگین سرعت باد و رطوبت نسبی هوا در این ۵ روز به ترتیب برابر ۲/۵ متر بر ثانیه و ۷۵ درصد ثبت شده است؛ در این حالت مقدار تبخیر روزانه چند میلی متر است. خلاصه محاسبات در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- خلاصه برآورد تبخیر تعرق پتانسیل مثال ۱

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
محل استقرار تشت	متوسط تبخیر (میلی متر در روز)	فاصله تشت از پوشش گیاهی (متر)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	متوسط رطوبت نسبی (درصد)	ضریب تشت	تبخیر تعرق پتانسیل (میلی متر در روز)
زمین خشک (حالت ب)	۴/۴	۲۰	۲/۵ (ملایم)	۷۵ درصد (بالا)	۰/۶۹	۳/۰۴

توضیحات جدول ۲

- ▶ ستون ۱: با توجه به محل استقرار تشت حالت ب انتخاب می شود.
- ▶ ستون ۲: میانگین ۵ روز تبخیر است.
- ▶ ستون های ۳ ، ۴ و ۵: مشخصات پارامترهای اثرگذار در ضریب تشت است که راهنمای استفاده از اعداد جدول ۱ هستند.
- ▶ ستون ۶: با توجه به ستون های قبلی مقدار ضریب تشت با میان یابی از جدول ۲ به دست آمد.
- ▶ ستون ۷: نیز مطابق معادله ۲ از حاصل ضرب ستون ۲ و ستون ۶ به دست آمد.

در این روش تبخیر آب مستقیماً با اندازه‌گیری کاهش ارتفاع آب از داخل یک تشت در بازه زمانی مشخص (مثلاً روزانه) به دست می‌آید. ایستگاه‌های هواشناسی هر روز دو بار $۶/۳۰$ صبح و $۶/۳۰$ بعدازظهر ارتفاع آب را اندازه‌گیری می‌کنند. روش استاندارد در کشور استفاده از تشت تبخیر کلاس A است. این تشت دارای استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر داخلی $۴۷/۵$ اینچ ($۱۲۰/۶$ سانتی‌متر) و ارتفاع ۱۰ اینچ ($۲۵/۴$ سانتی‌متر) است. تشت تبخیر روی یک شبکه چوبی که از سطح زمین فاصله دارد، در داخل مزرعه نصب می‌شود. شبکه چوبی از انتقال حرارت خاک به تشت جلوگیری می‌کند و همچنین ارتفاع نصب آن باعث تبادل هوا و عبور بدون مانع باد از انتهای تشت می‌شود تا میزان تبخیر در تشت همانند تبخیر در محیط باشد. سطح آزاد آب به‌وسیله نشانه چاهک یا استوانه کوچک سوراخ‌دار تعیین می‌شود و پس از ۱۲ ساعت که در اثر تبخیر، سطح آب پایین رفت با پیمانه آن‌قدر آب ریخته می‌شود تا به سطح ارتفاع قبل برسد. مقدار تبخیر برابر است با مقدار آب ریخته‌شده به تشت با توجه به ابعاد تشت، که هر لیتر آب که به تشت اضافه یا برداشت می‌شود معادل $۰/۸۷$ میلی‌متر است. در اثر بارندگی ممکن است سطح آب بالاتر از

سطح آب در دیده‌بانی قبلی باشد. در این حالت باید با پیمانه آب از تشت برداشت کنیم تا به سطح قبلی برسد. بنابراین ارتفاع تبخیر برابر با تفاوت مقدار باران از مقدار آب برداشت‌شده از تشت است. اما اگر در مدت دو دیده‌بانی باران ببارد، ولی سطح آب پایین‌تر از سطح نشانه قرار گیرد، بایستی مقداری آب به داخل تشت اضافه کرد تا سطح آب به سطح نشانه قبلی برسد. در این حالت مقدار تبخیر برابر با مجموع آب اضافه‌شده با پیمانه و باران نازل‌شده در طی دو دیده‌بانی است.

تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشت تبخیر

برای تعیین زمان آبیاری ابتدا تشت تبخیر در کنار مزرعه نصب می‌شود. در داخل تشت تا ارتفاع حدود ۲۰ سانتی‌متر آب ریخته می‌شود، ۵ سانتی‌متر از لبه بالایی تشت برای احتمال بارندگی خالی از آب است. اندازه‌گیری‌ها در داخل استوانه کوچک انجام می‌شود، به دلیل اینکه نوسانات آب در اثر عوامل بیرونی مانند باد در درون استوانه کوچک، کم‌تر از آب داخل تشت است. برای مشخص کردن زمان آبیاری ابتدا باید اطلاعات کلی از نوع گیاه و واکنش گیاه به آب در مراحل مختلف را کسب کرد. اکثر گیاهان در مراحل اولیه به‌جز برای سبز و استقرار گیاه و انتهایی رشد به آب کم‌تر و

در دوران گل دهی به آب بیش‌تری نیاز دارند. به همین دلیل فواصل آبیاری در اوایل و انتهای رشد می‌تواند بیش‌تر و در مراحل گل دهی کم‌تر در نظر گرفته شود.

مثال ۲- تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشت تبخیر

اطلاعات یک منطقه نشان می‌دهد که زمان آبیاری برای گیاه تابستانه سویا در مراحل اولیه رشد بعد از اینکه تبخیر تجمعی در چند روز متوالی به عدد ۹۰ میلی‌متر و در مرحله گل و غلاف به عدد ۵۰ میلی‌متر رسید، زمان مناسب آبیاری است. البته دامنه اعداد اشاره‌شده با توجه به توصیه محققان هر منطقه که کار پژوهشی با تشت انجام دادند، قابل‌اصلاح است. در این رابطه مهم سادگی تعیین زمان آبیاری با استفاده از تشت تبخیر است.

فرض می‌شود که گیاه سویا در ۱۵ خرداد کاشته شده و از ۱۵ مرداد به گل می‌رود. آبیاری مراحل قبلی انجام شده است و می‌خواهیم از ۱۵ مرداد تاریخ آبیاری بعدی را تعیین کنیم. در این مزرعه تشت تبخیر کلاس A مستقر شده است و هر روز ساعت هشت صبح مقدار کاهش سطح آب داخل تشت به وسیله پیمانه یک لیتری جبران می‌شود. اطلاعات مربوط به مقدار تبخیر روزانه از تشت تبخیر در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- اطلاعات مقدار تبخیر از تشت و بارندگی در مردادماه برای یک مزرعه سویا

تاریخ (۱)	بارش (۲) (میلی متر)	آب ریخته شده یا برداشت شده از تشت (۳)		مقدار تبخیر (۴) (میلی متر در روز)	تبخیر تجمعی (میلی متر) (۵)	توضیح (۶)
		لیتر	میلی متر			
۱۵/۱۵	-	-	-	-	-	آبیاری انجام شده است.
۱۵/۱۶	۰	۶	۵/۲	۵/۲	۵/۲	
۱۵/۱۷	۰	۵/۵	۴/۸	۴/۸	۱۰	
۱۵/۱۸	۰	۸	۷	۷	۱۷	
۱۵/۱۹	۶	۱/۵	۱/۳	۷/۳	۲۴/۳	
۱۵/۲۰	۰	۵	۴/۴	۴/۴	۲۸/۷	
۱۵/۲۱	۰	۷/۵	۶/۵	۶/۵	۳۵/۲	

ادامه جدول ۳- اطلاعات مقدار تبخیر از تشت و بارندگی در مردادماه برای یک مزرعه سویا

تاریخ (۱)	بارش (۲) (میلی متر)	آب ریخته شده یا برداشت شده از تشت (۳)		مقدار تبخیر (۴) (میلی متر در روز)	تبخیر جمعی (۵) (میلی متر)	توضیح (۶)
		میلی متر	لیتر			
۱۵/۲۲	۰	۷/۵	۶/۵	۶/۵	۴۱/۷	
۱۵/۲۳	۱۰	-۸/۵	-۷/۴	۲/۶	۴۴/۳	
۱۵/۲۴	۰	۶	۵/۲	۵/۲	۴۹/۵	زمان آبیاری
۱۵/۲۶	۰	۷	۶/۱	۶/۱	۶/۱	
۱۵/۲۷	۰	۴	۳/۶	۳/۶	۹/۷	

توضیح جدول ۳

◀ ستون ۱: تاریخ‌های اندازه‌گیری، در تاریخ ۱۵ مرداد آبیاری انجام شده است و محاسبات آبیاری بعدی از ۱۶ مرداد شروع شده است.

◀ ستون ۲: مقدار بارش روزانه.

◀ ستون ۳: با توجه به افت سطح آب در داخل تشت با پیمانه یک لیتری به تشت آب اضافه شده است تا سطح آب به مقدار روز قبل برسد، در این ستون مقدار آب ریخته‌شده به تشت بر مبنای لیتر و میلی‌متر برآورد شده است. همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، برای تشت تبخیر کلاس A هر لیتر آب از داخل تشت معادل $0/87$ میلی‌متر است.

◀ ستون ۴: مقدار به‌صورت روزانه با توجه به مقدار بارش است. ملاحظه می‌شود که در تاریخ ۱۹ و ۲۳ مرداد دو پدیده بارش اتفاق افتاد. در تاریخ ۱۹ مرداد مقدار بارش از سطح آب روز قبل بالاتر نرفته است و $1/5$ لیتر به سطح آب تشت اضافه شده تا به سطح روز قبل برسد. در این حالت مقدار تبخیر روزانه ($1/3$ میلی‌متر) با مقدار باران (6 میلی‌متر) جمع شده است و در ستون ۴ معادل $7/3$ میلی‌متر یادداشت شده است. در تاریخ ۲۳ مرداد 10 میلی‌متر باران بارید و

از سطح آب داخل تشت در روز قبل بالاتر رفته است و مجبور شدیم مقدار ۸/۵ لیتر (۷/۴ میلی متر) از سطح آب برداشت کنیم. مقدار تبخیر روزانه از تفاوت مقدار باران و تبخیر یعنی برابر ۲/۶ میلی متر برآورد شد.

◀ ستون ۵: مقدار تبخیر تجمعی از تشت است که هر روز با روز قبل جمع می شود. همان طوری که ملاحظه می شود، مقدار تبخیر تجمعی در تاریخ ۲۶ مرداد به عدد ۴۹/۵ میلی متر (معیار زمان آبیاری) می رسد که نشانه زمان آبیاری است.

تعیین زمان آبیاری بر اساس اقلیم مناطق

اقلیم یکی از عوامل اصلی و تأثیرگذار برای تعیین آب مورد نیاز گیاهان است. تشت تبخیر که در قسمت قبل تشریح شد نیز بر اساس تغییرات شرایط آب و هوایی میزان نیاز اتمسفری را تعیین می کند. بعد از نیاز اتمسفری خصوصیات گیاه مورد نظر دخالت داده می شود تا مصرف آب گیاه تعیین شود. برای ساده سازی سه گروه اصلی اقلیمی بر اساس درجه حرارت سرد، گرم و داغ و دو گروه بر اساس مقدار رطوبت اتمسفر مرطوب و خشک در نظر گرفته می شود. خصوصیات این گروه های اقلیمی در جدول ۴ تشریح شده است.

جدول ۴- خصوصیات گروه‌های اقلیمی برای تعیین تبخیر-تعرق پتانسیل

گروه اقلیمی			
بر مبنای رطوبت نسبی هوا		بر مبنای درجه حرارت *	
متوسط رطوبت نسبی هوا در اواسط تابستان بالاتر از ۵۰ درصد	مرطوب	متوسط درجه حرارت در اواسط تابستان کمتر از ۲۱ درجه سانتی‌گراد	سرد
متوسط رطوبت نسبی هوا در اواسط تابستان کمتر از ۵۰ درصد	خشک	متوسط درجه حرارت در اواسط تابستان بین ۲۱ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد	گرم
		متوسط درجه حرارت در اواسط تابستان بیش‌تر از ۳۲ درجه سانتی‌گراد	داغ

* اواسط تابستان در نظر گرفته شده است برای بدترین شرایط.

به استناد گروه‌های اقلیمی مندرج در جدول ۴ مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل منطقه و در نتیجه همانند تشت تبخیر بسته به نوع گیاه زمان آبیاری قابل‌برآورد است. جدول ۵ میزان نیاز اتمسفری یعنی تبخیر-تعرق پتانسیل مناطق مختلف اقلیمی را ارائه می‌کند.

جدول ۵- تبخیر-تعرق پتانسیل مناطق مختلف

گروه اقلیمی	تبخیر-تعرق روزانه برحسب میلی‌متر در روز
سرد و مرطوب	۳ تا ۴
سرد و خشک	۴ تا ۵
گرم و مرطوب	۴ تا ۵
گرم و خشک	۵ تا ۶
داغ و مرطوب	۶ تا ۸
داغ و خشک	۸ تا ۱۱

اعداد این جدول نشان می‌دهد که به‌طور تقریبی در هر منطقه بسته به شرایط آب‌وهوایی به‌طور روزانه چه مقدار آب از مزرعه بدون حضور گیاه مصرف می‌شود. واضح است که این مقدار آب از دست رفته است و با در نظر گرفتن خصوصیات گیاه که بعداً شرح داده خواهد شد، باید به طریقی جبران شود.

مثال ۳- تعیین زمان آبیاری با استفاده از شناخت اقلیم منطقه

اطلاعات هواشناسی یک منطقه نشان می‌دهد که متوسط درجه حرارت تابستان ۲۴ درجه سانتی‌گراد و در همان زمان رطوبت نسبی هوا ۶۰ درصد است. در مزرعه مشاهده می‌شود که گیاه سویا در مرحله گل‌دهی قرار دارد و در تاریخ ۱۵ مرداد هم آبیاری انجام شده بود. با توجه به

این اطلاعات کلی و قابل دسترس برای همه بهره‌برداران می‌خواهیم زمان آبیاری بعدی را تعیین کنیم. از اطلاعات درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا و با توجه به جداول راهنمای ۴ و ۵ مشخص می‌شود که منطقه مورد نظر دارای اقلیم گرم و مرطوب است. تبخیر و تعرق پتانسیل این منطقه با توجه به جدول ۵ به‌طور متوسط روزانه ۴/۵ میلی‌متر برآورد می‌شود. از آنجا که آبیاری بعدی بعد از اینکه مجموع تبخیر و تعرق پتانسیل به ۵۰ میلی‌متر برسد شروع می‌شود، با مصرف روزانه ۴/۵ میلی‌متر مشخص می‌شود که بعد از ۱۱ روز نوبت آبیاری بعدی خواهد بود.

تعیین آب مورد نیاز گیاه

آب مورد نیاز خالص

به مقدار آبی که گیاه برای تبخیر-تعرق نیاز دارد، آب خالص گفته می‌شود. روش‌های متعددی برای برآورد آب مورد نیاز خالص گیاهان در منابع وجود دارد. روش‌هایی که نیاز به روابط پیچیده، ابزار یا کار فیزیکی دارند و در شرایط فعلی کشاورزی، به دلایل مختلف در سطح مزارع عملیاتی نشدند و کشاورزان نیز رغبتی برای این نوع روش‌ها نشان نمی‌دهند. پس از استقرار تشت تبخیر در مزرعه برای

تعیین زمان آبیاری، می‌توان از همان داده‌ها و تکمیل فرایندی که تشریح می‌شود، به برآورد آب مورد نیاز گیاه به صورت واقعی در مقیاس مزرعه پرداخت. برای تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاه با استفاده از تشت تبخیر کافی است تا عدد حاصل از مرحله قبلی (تبخیر-تعرق پتانسیل) که فقط به اقلیم وابسته است و به گیاه ارتباطی ندارد، در ضربی به نام ضریب گیاهی ضرب کرد. عدد حاصل مقدار آب مورد نیاز خالص گیاه است که باید در اختیار گیاه قرار گیرد.

آشنایی با ضریب گیاهی

همان‌طور که توضیح داده شد، ضریب گیاهی مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل را که از داده‌های اقلیمی به دست می‌آید، با تبخیر-تعرق واقعی گیاه که تعیین‌کننده مقدار آب مورد نیاز خالص گیاه است، مرتبط می‌کند. این ضریب بسته به مرحله رشد گیاه متفاوت است. در اوایل یا اواخر رشد مقدار عددی ضریب کم‌تر و در اواسط رشد یا دوران گل‌دهی که نیاز آبی گیاه بیش‌تر است، بالاتر است. ضریب گیاهی برای اکثر گیاهان در فائو ۵۶ که منبع آن در انتهای این نوشتار ارائه شده، در دسترس است.

مثال ۴- تعیین آب مورد نیاز خالص گیاه

برای برنامه‌ریزی آبیاری گندم تحت تبخیر کلاس A در مزرعه نصب شده است. گندم در تاریخ ۲۵ آبان کاشته شده و قرار است از ابتدای فروردین زمانی که تبخیر جمعی از تحت تبخیر به ۵۰ میلی‌متر رسید، آبیاری انجام شود. اطلاعات تحت تبخیر نشان داده‌است که در تاریخ ۱۵ فروردین ارتفاع آب در داخل تحت به اندازه ۵ سانتی‌متر افت داشت. ضریب تحت معادل ۰/۸ و با توجه به شکل ۷ ضریب گیاهی برابر ۰/۹ است. حساب کنید در زمان آبیاری چه مقدار آب باید به گندم داده شود. خلاصه محاسبات در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- محاسبات مربوط به نیاز آبی گیاه (مثالی از گندم)

تاریخ کاشت	تاریخ آبیاری	تبخیر از تحت (mm)	ضریب تحت	تبخیر-تغرق پتانسیل (mm)	ضریب گیاهی	تبخیر تغرق واقعی (mm)
۲۵ آبان	۱۵ فروردین	۵۰	۰/۸	$۵۰ \times ۰/۸ = ۴۰$	۰/۹	$۴۰ \times ۰/۹ = ۳۶$

بنابراین در زمان آبیاری گیاه گندم باید ۳۶ میلی‌متر آب خالص دریافت کند تا آب مورد نیاز آن تأمین شود.

آب مورد نیاز ناخالص

مقدار نیاز آبی خالص گیاه با مقدار آبی که باید به مزرعه داده شود (ناخالص) متفاوت است. مقدار آبی که از منبع آبی برداشت می‌شود، به صورت‌های مختلف تلف (تبخیر، نشت از کانال‌ها، نفوذ عمقی، خروجی از انتهای مزرعه) می‌شود و تنها بخشی از آب برداشت‌شده در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و باید طوری برنامه‌ریزی شود که این تلفات هم در نظر گرفته شود. به عبارت ساده‌تر حجم آبی که کشاورز باید به گیاه بدهد (آب ناخالص) برابر مجموع حجم آب خالص و مقدار تلفات آب است. در آبیاری نسبت حجم آب خالص گیاه به حجم آب ناخالص را راندمان آبیاری تعریف می‌کنند. برای به‌دست‌آوردن حجم ناخالص آب کافی است مقدار حجم خالص آب را به راندمان آبیاری تقسیم کرد. مثلاً اگر حجم خالص آب مورد نیاز گیاه برابر ۲۷۰ مترمکعب در هکتار باشد و راندمان آبیاری ۴۵ درصد فرض شود، مقدار ناخالص آب که باید به گیاه داده شود، برابر با ۶۰۰ متر مکعب در هکتار (حاصل تقسیم ۲۷۰ به ۰/۴۵) است. یعنی کشاورز باید ۶۰۰ مترمکعب آب وارد یک هکتار مزرعه کند تا پس از تلفات ۴۵ درصدی، مقدار آب خالص را که گیاه نیاز دارد، دریافت کند. در این مثال ۶۰۰ مترمکعب آب ناخالص نامیده می‌شود.

ملاحظه شد که به سادگی با استفاده از تشت تبخیر برنامه ریزی آبیاری (زمان و مقدار آب مورد نیاز) به صورت واقعی در مزرعه انجام می شود. اما هنوز باید ساده سازی شود تا بتوان به نتیجه مطلوب دست یافت. مقدار آب مورد نیاز بر حسب واحد میلی متر به دست آمد و به نظر می رسد اعداد به دست آمده برای کشاورز نامفهوم هستند. سؤال اساسی در این قسمت این است که چگونه می توان این مقدار آب را در اختیار گیاه قرار داد. یعنی سوال سوم برنامه ریزی آبیاری، چگونه و با چه روشی آب وارد مزرعه شود؟ برنامه ریزی آبیاری در این نشریه برای روش آبیاری بارانی است و سعی شده است در این روش با توجه به تقسیم بندی انجام شده به تفکیک دو گروه اصلی تنظیم شود.

چگونگی تنظیم مدت زمان هر نوبت آبیاری برای سامانه های آبیاری بارانی ساکن

از نظر عملی ساده ترین شیوه انتقال مفهوم تأمین نیاز آبی گیاه در مزرعه، تعیین و تنظیم مدت زمان آبیاری است. به طور معمول کشاورز در مقایسه با عمق آب بر حسب میلی متر، مدت زمان آبیاری را بهتر درک می کند. به عبارت دیگر به جای ارائه برنامه آبیاری با مقادیر عمق آب (مثلاً بر حسب میلی متر)، همان مفاهیم را می توان با مشخص کردن زمان شروع و قطع آبیاری (تنظیم زمان آبیاری) به سادگی

به بهره‌بردار منتقل کرد. برای تبدیل مقدار آب آبیاری به زمان آبیاری در روش آبیاری بارانی با توجه به عمق ناخالص آب آبیاری سه گام دیگر باید برداشته شود. برای تبدیل عمق ناخالص آبیاری در مزرعه‌هایی که تحت شیوه آبیاری بارانی است، نیاز است شدت ریز آب (شدت پاشش آب) از آب‌پاش‌ها تعیین شود.

تعیین شدت پاشش آب‌پاش‌ها

در روش آبیاری بارانی آب کاربردی از طریق نازل‌های آب‌پاش مانند باران وارد مزرعه می‌شوند. مقدار ریزش آب از آب‌پاش‌ها بسته به مقدار دبی، فواصل آن‌ها متغیر است. برای تنظیم زمان آبیاری در این روش ابتدا نیاز است که به‌طور واقعی در مزرعه شدت پاشش آب‌پاش‌ها تعیین شود. طراحان سامانه آبیاری بارانی برای جلوگیری از رواناب در مزرعه که هم عامل کاهش راندمان آبیاری است و هم ممکن است موجب فرسایش خاک شود، میزان شدت پاشش آب از آب‌پاش‌ها را حداکثر مساوی با میزان سرعت نفوذ آب در خاک در نظر می‌گیرند. شدت پخش آب‌پاش به شرح زیر به دست می‌آید:

$$I = \frac{3600 \times q}{S_L \times S_m} \quad (3)$$

که در این رابطه

I شدت پخش آب پاش بر حسب میلی متر بر ساعت است.

q دبی آب پاش بر حسب لیتر در ثانیه است.

S_f فواصل آب پاش ها روی لوله فرعی بر حسب متر است.

S_m فواصل لوله های فرعی روی لوله اصلی بر حسب متر است.

تعیین مدت زمان آبیاری

برای تنظیم برنامه زمانی آبیاری در روش آبیاری بارانی ساکن نیاز به مقدار ناخالص آب مورد نیاز و شدت پاشش آب پاش ها در هر استقرار است که در بخش های قبلی روش تعیین هریک توضیح داده شد. برای تعیین مدت زمان آبیاری کافی است با استفاده از رابطه ۴ مقدار ناخالص آب آبیاری بر حسب میلی متر را به شدت پاشش آب پاش ها بر حسب میلی متر بر ساعت تقسیم کرد. نتیجه حاصل از این تقسیم زمان بر حسب ساعت است که باید سامانه کار کند تا نیاز آبی گیاه مرتفع شود.

$$T = \frac{dg}{I} \quad (۴)$$

در این رابطه،

T مدت زمان آبیاری بر حسب ساعت است.

dg عمق ناخالص آبیاری بر حسب میلی متر است.

I شدت پخش آب پاش ها بر حسب میلی متر بر ساعت است.

مثال ۵- تنظیم مدت زمان هر آبیاری برای سامانه‌های آبیاری بارانی ساکن

برای تکمیل برنامه‌ریزی آبیاری داده‌های مثال ۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آن مثال مشخص شده بود که مزرعه گندم در ۱۵ فروردین به ۳۶ میلی‌متر آب خالص نیاز دارد. در مزرعه سامانه آبیاری بارانی از نوع ثابت با آب‌پاش جابه‌جاشونده مستقر شده است. فواصل آب‌پاش‌ها ۲۵ (Sl) در ۲۵ (Sm) متر و دبی هر آب‌پاش (q) برابر ۲ لیتر در ثانیه است. حساب کنید در روز آبیاری در صورتی که راندمان آبیاری ۷۰ درصد فرض شود، هر آب‌پاش چند ساعت باید کار کند تا نیاز آبی گیاه مرتفع شود. خلاصه حل مسئله در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- حل مثال ۵ برای تنظیم مدت زمان آبیاری

آب مورد نیاز خالص (میلی‌متر) * (۱)	آب مورد نیاز ناخالص (میلی‌متر) (۲)	شدت پاشش آب‌پاش‌ها (میلی‌متر بر ساعت) (۳)	مدت آبیاری (ساعت) (۴)
۳۶	۵۱	۱۱/۵	۴/۴۴

* اعداد داخل پرانتز شماره ستون را نشان می‌دهند.

توضیح جدول ۷

◀ ستون ۱: آب مورد نیاز خالص مربوط به مثال ۳ که

از تشت تبخیر به دست آمد.

- ◀ ستون ۲: آب مورد نیاز ناخالص از تقسیم ستون ۱ بر راندمان آبیاری (۰/۷) به دست آمد.
- ◀ ستون ۳: شدت پاشش آب پاش با استفاده از اطلاعات دبی و فواصل آب پاش ها از رابطه ۳ به دست آمد.
- ◀ ستون ۴: مدت زمان هر آبیاری که از حاصل تقسیم آب مورد نیاز ناخالص (ستون ۲) بر شدت پخش آب پاش ها (ستون ۳) به دست آمد.

چگونگی تنظیم مدت زمان هر نوبت آبیاری برای سامانه های آبیاری بارانی متحرک

آبفشان قرقره ای

قبلاً توضیح داده شد که در این روش، آب پاش در حین حرکت آبیاری را انجام می دهد. به طور طبیعی هرچه سرعت حرکت آب پاش بیش تر باشد، مقدار کمتری از آب وارد مزرعه می شود و برعکس. ضمن اینکه در این روش شدت پاشش آب پاش بسته به مقدار چرخش آب پاش تغییر می کند. هرچه مقدار چرخش به سمت دایره کامل باشد (۳۶۰ درجه) شدت پاشش کم تر خواهد بود. برای تنظیم زمان آبیاری در این روش همانند روش آبیاری بارانی

ساکن شدت پاشش آبپاش را با استفاده از رابطه ۵ به دست آورید.

$$I = \frac{6.4 \times 10^6 \times q}{\pi D^2 R} \quad (5)$$

در این رابطه،

I شدت پاشش (میلی متر بر ساعت) است.

q دبی آبپاش (لیتر بر ثانیه) است.

D قطر خیسی دستگاه در هر حرکت (متر) است.

R زاویه چرخش آبپاش (درجه) است.

مثال ۵: تنظیم زمان آبیاری برای آبفشان قرقره‌ای

در این مثال از اطلاعات مثال ۵ استفاده می‌شود، یعنی نیاز ناخالص گندم برابر ۵۱ میلی‌متر است. ولی روش آبیاری بارانی از نوع آبفشان قرقره‌ای است. در این روش از آبپاش با دبی ۸ لیتر بر ثانیه استفاده شده است و در هر حرکت به عرض ۵۰ متر را مرطوب می‌کند (قطر پاشش آبپاش ۵۰ متر است) در هنگام آبیاری آبپاش حدود ۲۷۰ درجه می‌چرخد. با این شرایط حساب کنید مدت زمان آبیاری برای تأمین نیاز آبی گیاه چند ساعت است. خلاصه محاسبات در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸- تنظیم زمان آبیاری برای آبفشان قرقره‌ای برای مثال ۵

نیاز ناخالص آبیاری گندم (میلی‌متر)	شدت پاشش آب پاش (میلی‌متر بر ساعت)	مدت زمان آبیاری (ساعت)
۵۱	۲۴/۲	۲/۱

توضیح جدول ۸

- ◀ ستون ۱: عمق ناخالص آبیاری که از مثال ۴ به دست آمد.
- ◀ ستون ۲: شدت پاشش آب پاش که از رابطه ۵ به دست آمد.
- ◀ ستون ۳: مدت زمان آبیاری که از تقسیم ستون ۱ به ستون ۲ به دست آمد.

فاصله بین مسیرهای حرکت آبفشان قرقره‌ای

یکنواختی پخش آب پاش‌های متحرک تحت تأثیر عواملی مانند سرعت باد، جهت باد، زاویه پرتاب آب پاش، نوع نازل، زاویه کارکرد آب پاش، مشخصات پروفیل پخش آب پاش و هم‌پوشانی آن، تغییرات فشار کارکرد آب پاش و سرعت حرکت قرار می‌گیرد. حرکت مداوم دستگاه آبیاری قرقره‌ای معادل این است که آب پاش‌های سیستم آبیاری کلاسیک نیمه‌متحرک در فواصل بسیار نزدیک بر روی لوله لترال قرار داده شوند. بنابراین یک سیستم آب پاش متحرک نسبت به یک آب پاش ثابت با جابه‌جایی متناوب،

دارای یکنواختی پخش بالاتری در قسمت مرکزی مزرعه خواهد بود. زمانی که فاصله بین مسیرهای حرکت ۸۰ درصد قطر پراکنش آب پاش باشد، در شرایط بدون باد یا باد آرام، یکنواختی بسیار خوبی حاصل خواهد شد. فاصله بین مسیرهای حرکت بر اساس تابعی از قطر پاشش آب پاش و سرعت باد برآورد می‌شود. جداول ۹ و ۱۰ مقادیر توصیه شده فاصله بین مسیرهای حرکت برای آب پاش‌های متحرک را که زاویه پرتاب در آن‌ها ۲۳ تا ۲۵ درجه است، نشان می‌دهد. بعضی کارخانه‌های سازنده نیز برای جابه‌جایی دستگاه یا فاصله بین دو مسیر حرکت را به‌طور متوسط معادل ۷۰ تا ۸۰ درصد قطر خیس شده توسط آب پاش پیشنهاد کرده‌اند.

جدول ۹- فواصل توصیه شده مابین خطوط حرکت در شرایط مختلف باد بر مبنای درصد قطر خیس شده

درصد قطر خیس شده	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)
۸۰	۰ تا ۴
۷۰ تا ۷۵	۴ تا ۸
۶۰ تا ۶۵	۸ تا ۱۶
۵۰ تا ۵۵	۱۶ و بیش‌تر

جدول ۱۰- فواصل توصیه شده مابین خطوط حرکت در شرایط مختلف باد

سرعت باد (متر بر ثانیه)				قطر خیس شده (متر)
بیش تر از ۵	۲/۵ - ۵	تا ۲/۵	بدون باد	
۳۰	۳۶	۴۲	۴۸	۶۰
۴۰	۴۸	۵۶	۶۴	۸۰
۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۱۰۰
۶۰	۷۲	۸۴	۹۶	۱۲۰

مثال ۶: تنظیم فاصله بین مسیرهای حرکت آبفشان قرقره‌ای

در این مثال از اطلاعات مثال ۵ استفاده می‌شود. یعنی روش آبیاری بارانی از نوع آبفشان قرقره‌ای است. در این روش از آبپاش با دبی ۸ لیتر بر ثانیه استفاده شده است و در هر حرکت به عرض ۵۰ متر را مرطوب می‌کند (قطر پاشش آبپاش ۵۰ متر است)، در صورتی که سرعت باد در منطقه کمتر از ۴ کیلومتر در ساعت باشد، فاصله بین مسیرهای حرکت چند متر باید در نظر گرفته شود تا آبیاری از یکنواختی خوبی برخوردار شود.

همان‌طوری که در جدول ۹ مشاهده می‌شود، زمانی که سرعت باد کمتر از ۴ کیلومتر در ساعت باشد می‌توان فواصل مسیرهای حرکت را ۸۰ درصد قطر خیس شده یعنی ۴۰ متر (حاصل ضرب ۵۰ در ۰/۸) در نظر گرفت.

رابطه بین پخش آب و سرعت حرکت خطی آبفشان قرقره‌ای

برای تنظیم برنامه آبیاری در روش آبیاری بارانی آبفشان قرقره‌ای به دلیل اینکه آب پاش در حال حرکت آبیاری می‌کند، برای تأمین آب مورد نیاز باید سرعت دستگاه طوری تنظیم شود تا ضمن رعایت مدت زمان آبیاری، نیاز آبی گیاه نیز تأمین شود.

متوسط عمق آب آبیاری در هر آبیاری و در روش آبیاری بارانی آبفشان قرقره‌ای متحرک را می‌توان به وسیله رابطه زیر محاسبه کرد.

$$d = k \frac{q}{V_i \times W} \quad (۶)$$

در این رابطه،

D عمق ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر) است.

k ضریب ثابت برابر ۶۰ برای واحدهای متریک است.

q دبی آب پاش (لیتر بر ثانیه) است.

w فاصله بین مسیرهای حرکت (متر) است.

V_i سرعت حرکت آبفشان قرقره‌ای (متر بر دقیقه) است.

بدیهی است که برای محاسبه سرعت حرکت آب پاش دستگاه آبفشان قرقره‌ای باید عمق ناخالص آب آبیاری، دبی آب پاش و فاصله بین مسیرهای حرکت معلوم باشد.

مثال ۷- تنظیم سرعت حرکت برای آبفشان قرقره‌ای

در این مثال از اطلاعات مثال ۵ و ۶ استفاده می‌شود، یعنی نیاز ناخالص آبیاری گندم برابر ۵۱ میلی‌متر است. ولی روش آبیاری بارانی از نوع آبفشان قرقره‌ای است. در این روش از آب‌پاش با دبی ۸ لیتر بر ثانیه استفاده شده است و فاصله مسیرهای هر حرکت به عرض ۴۰ متر را آبیاری می‌کند (قطر پاشش آب‌پاش ۵۰ متر است). با این شرایط حساب کنید سرعت حرکت دستگاه آبفشان قرقره‌ای چند متر در دقیقه باشد تا نیاز آبی گیاه تأمین شود. خلاصه محاسبات در جدول ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۱۱- حل مثال ۷ برای تنظیم سرعت دستگاه آبفشان خطی

سرعت حرکت خطی دستگاه (متر در دقیقه) (۴)	فاصله مسیرهای حرکت (متر) (۳)	دبی آب‌پاش (لیتر بر ثانیه) (۲)	آب مورد نیاز ناخالص (میلی‌متر) (۱)
۰/۲۴	۴۰	۸	۵۱

* اعداد داخل پرانتز شماره ستون را نشان می‌دهند.

توضیح جدول ۱۱

- ◀ ستون ۱: عمق ناخالص آبیاری که از مثال ۵ به دست آمد.
- ◀ ستون ۴: از رابطه ۶ به دست آمد.

آبفشان عقربه‌ای و آبفشان خطی

در سامانه آبیاری آبفشان عقربه‌ای و آبفشان خطی، تعیین مقدار عمق آب ریزش کرده روی زمین، به‌وسیله کنترل سرعت حرکت دستگاه انجام می‌شود. معمولاً شرکت فروشنده دستگاه پس از نصب و راه‌اندازی آن، جدولی که رابطه مقدار آب بارش کرده را با سرعت چرخش بال دستگاه نشان می‌دهد، در داخل جعبه کنترل مرکزی دستگاه نصب می‌کند. برای نمونه، جدول ۱۲ رابطه بین درصد سرعت را با مقدار آب بارش کرده و زمانی که دستگاه می‌تواند یک دور کامل زمین را طی کند، نشان می‌دهد.

جدول ۱۲- رابطه مقدار بارش و درجه سرعت حرکت دستگاه

مقدار بارش (میلی‌متر)	زمان یک دور کامل (ساعت و دقیقه)	تنظیم سرعت (درصد)
۶	۱۸	۱۰۰
۸	۲۴	۷۵
۱۰	۳۰	۶۰
۱۲/۵	۳۰ و ۳۷	۴۸
۱۵	۴۵	۴۰
۱۷/۵	۳۰ و ۵۲	۳۴
۲۰	۶۰	۳۰
۲۵	۷۵	۲۴
۳۰	۹۰	۲۰
۳۵	۱۰۵	۱۷

دستگاه‌های آبیاری آب‌فشان عقب‌بیه‌ای، از محدود دستگاه‌های آبیاری هستند که توانایی پاشیدن آب به میزان دلخواه در سطح مزرعه را دارند. طراحی این سیستم‌ها به گونه‌ای انجام می‌شود که دستگاه قادر باشد آب مورد نیاز گیاه کشت‌شده در زیر دستگاه را در زمانی که گیاه حداکثر مصرف روزانه را دارد، تأمین کند. این توانایی، دستگاه آب‌فشان عقب‌بیه‌ای را از سایر دستگاه‌های آبیاری تحت فشار (به جز آب‌فشان خطی) متمایز می‌کند.

این دستگاه‌ها قابلیت انجام آبیاری روزانه را دارد؛ لیکن به‌منظور جلوگیری از استهلاک دستگاه و بهره‌وری بیش‌تر، برای سبز کردن بذر، آبیاری با فواصل زمانی کوتاه و عمق کم انجام شود و با رشد گیاه و عمیق‌تر شدن ریشه‌ها، فواصل آبیاری‌ها (دور آبیاری) زیادتر و زمان هر آبیاری (عمق آب آبیاری) بیش‌تر شود. با این کار علاوه بر اینکه ریشه‌ها عمیق‌تر شده و امکان استفاده گیاه از حجم بیش‌تری از آب و مواد غذایی خاک فراهم می‌شود، در صورت خرابی موقت دستگاه، پمپ یا بروز اشکالاتی در آبیاری، تحمل گیاه در مقابل تنش‌های وارده بیش‌تر شده و مزرعه دچار خسارت کم‌تری می‌شود.

مثال ۸- تعیین سرعت حرکت دستگاه آبفشان عقب‌به‌ای

در منطقه‌ای با خاک کم‌عمق سبک گندم کشت شده است که توسط یک دستگاه آبفشان عقب‌به‌ای آبیاری می‌شود. در این منطقه گندم در تاریخ ۲۵ آبان کاشته شده و قرار است با توجه به مشخصات خاک و مرحله رشد گیاه در فروردین آبیاری هر ۳ تا ۴ روز انجام شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که تبخیر و تعرق واقعی گندم در این منطقه در فروردین ۴ تا ۵ میلی‌متر در روز است. اگر راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شود و بهره‌بردار بخواهد هر ۴ روز آبیاری را انجام دهد، درصد سرعت حرکت دستگاه را باید روی چه عددی تنظیم کند تا آبیاری مزرعه به اندازه کافی انجام شود؟

خلاصه محاسبات در جدول ۱۳ ارائه شده است. در این مثال فرض شده است که مشخصات دستگاه با اطلاعات ارائه شده در جدول ۱۰ مطابقت دارد.

جدول ۱۳- محاسبات مربوط سرعت حرکت دستگاه آبفشان خطی (گندم)

تبخیر-تعرق واقعی گندم، میلی‌متر در روز	دور آبیاری، روز	نیاز خالص آبیاری، میلی‌متر	نیاز ناخالص آبیاری، میلی‌متر	سرعت حرکت دستگاه، درصد
۴/۵	۴	۱۸	۲۰	۳۰

توضیح جدول ۱۳

- ◀ نیاز خالص آبیاری: حاصل ضرب ستون ۱ و ستون ۲؛
- ◀ نیاز ناخالص آبیاری: حاصل تقسیم ستون ۳ بر راندمان ۹/۰؛
- ◀ ستون ۵: درصد سرعت حرکت دستگاه با توجه به نیاز ناخالص آبیاری (ستون ۴) از جدول ۱۲ استخراج شده است.



یادداشت