

کاربرد روش‌های آبیاری تناوبی برای صرفه‌جویی در مصرف آب در شالزارهای استان گیلان

مجتبی رضایی^{۱*}، مرتضی کمالی^۲

۱- استادیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

۲- کارشناس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: mrezaei@yahoo.com

چکیده

روش مرسوم در آبیاری برنج، غرقاب دائم است که سبب مصرف مقادیر زیادی آب می‌شود. این روش گرچه دارای مزایایی نظیر کنترل آسان‌تر علف‌های هرز و سادگی اجرا است، اما در شرایط محدودیت آب، نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای توسعه پایدار کشاورزی باشد. در این نوشتار، روش‌های مختلف آبیاری تناوبی به‌عنوان راهکارهای جایگزین برای بهبود مدیریت مصرف آب در مزارع برنج معرفی و تحلیل می‌شود که نتیجه مجموعه‌ای از تحقیقات انجام‌شده در مؤسسه تحقیقات برنج کشور است. این روش‌ها شامل آبیاری با دور ثابت، آبیاری بر اساس خصوصیات خاک، آبیاری مبتنی بر رطوبت خاک و آبیاری مطابق با مراحل رشدی گیاه هستند. یافته‌ها نشان می‌دهد که با اجرای برخی از این روش‌ها می‌توان مصرف آب را به‌طور متوسط ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش داد، بدون آن‌که کاهش معنی‌داری در عملکرد نهایی محصول مشاهده شود. حتی در برخی شرایط، آبیاری تناوبی ضمن بهبود بهره‌وری آب، باعث افزایش عملکرد نیز شده است. بنابراین تغییر روش سنتی آبیاری برنج، نه‌تنها ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در راستای مقابله با بحران آب است، بلکه از منظر اقتصادی و زیست‌محیطی نیز کاملاً توجیه‌پذیر می‌باشد. بر همین اساس، پیشنهاد می‌شود کشاورزان و مدیران بخش کشاورزی، با توجه به شرایط اقلیمی، نوع رقم کشت‌شده و با در نظر گرفتن زیرساخت‌ها، از روش‌های متنوع آبیاری تناوبی برای افزایش بهره‌وری منابع آب بهره ببرند.

واژگان کلیدی: بهره‌وری، تنش خشکی، رطوبت خاک

بیان مساله

برنج، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی و زراعی کشور، به‌ویژه در استان‌های شمالی ایران مانند گیلان و مازندران، نقش مهمی در امنیت غذایی و معیشت کشاورزان دارد (جوادی باغی و دیگران، ۱۴۰۱). با این‌حال، کشت این محصول با روش‌های آبیاری سنتی که عمدتاً بر پایه غرقاب دائم در تمام طول فصل رشد استوار است، موجب مصرف بسیار زیاد آب شده و فشار قابل‌توجهی بر منابع آبی وارد می‌کند (ریچاردز و اوله، ۲۰۱۴). در این روش، سطح خاک همواره زیر پوشش آب قرار دارد که اگرچه مزایایی چون کنترل علف‌های هرز، کاهش نوسانات دمای خاک و سهولت در عملیات زراعی را به همراه دارد، اما در شرایط کم‌آبی قابل تداوم نیست.

در سال‌های اخیر، افزایش تقاضا برای آب از یک‌سو و کاهش منابع آبی قابل‌دسترس از سوی دیگر، موجب شده است تا متخصصان و پژوهشگران حوزه کشاورزی به‌دنبال راهکارهایی برای کاهش مصرف آب بدون آسیب به عملکرد محصول باشند. یکی از راهکارهای مطرح‌شده، استفاده از روش‌های آبیاری تناوبی به‌جای آبیاری دائم است (محمدی دهراپی و دیگران، ۱۴۰۳). این روش‌ها با هدف کاهش دفعات و حجم آبیاری، امکان بهره‌برداری بهینه‌تری از منابع آب را فراهم می‌آورند (اشفق و دیگران، ۲۰۲۰). تجربیات و آزمایش‌های متعدد در داخل و خارج کشور نشان داده‌اند که برخی از روش‌های آبیاری تناوبی، نه‌تنها موجب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شوند، بلکه در صورت مدیریت صحیح، قادرند عملکرد دانه را نیز حفظ کرده و حتی در برخی موارد بهبود می‌بخشند (ژانگ و دیگران، ۲۰۰۹). این مسأله، به‌ویژه در مناطق با تنش آبی بالا، می‌تواند گامی مهم در جهت تحقق

کشاورزی پایدار و افزایش بهره‌وری منابع باشد.

در این نوشتار، مجموعه‌ای از روش‌های آبیاری تناوبی مورد استفاده در شالیزارهای استان گیلان با تکیه بر تحقیقات میدانی و نتایج آزمایشگاهی معرفی شده‌اند. هدف اصلی آن است که با معرفی گزینه‌های قابل اجرا برای شرایط مختلف مدیریت زراعی، بستری مناسب برای تصمیم‌گیری بهتر کشاورزان و سیاست‌گذاران فراهم شود.

معرفی دستاورد

با توجه به تأثیرپذیری برنج از تنش آبی اعمال شده در مراحل رشدی مختلف خود، هرگونه تغییر در الگوی آبیاری باید با دقت، آزمون و بررسی‌های علمی همراه باشد. در همین راستا، چندین روش آبیاری تناوبی در قالب آزمایش‌های میدانی مورد بررسی قرار گرفته که این روش‌ها عمدتاً به چهار دسته تقسیم می‌شوند و هر یک از این روش‌ها دارای اصول اجرایی خاص، مزایا، معایب و میزان تأثیر متفاوت بر مصرف آب و عملکرد محصول است.

۱- آبیاری تناوبی با دور ثابت: در این روش شالیزار را تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر غرقاب می‌نمایند. آبیاری بعدی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های خاک، گیاه و وضعیت جوی، بر اساس فاصله زمانی ثابت (مثلاً هر ۵ یا ۸ روز یکبار) از شروع تا پایان فصل کشت انجام می‌شود. این روش به دلیل داشتن ساختار منظمی در برنامه‌ریزی آبیاری، از طرف سازمان‌های مرتبط با منابع آب و کشاورزان مورد پذیرش قرار می‌گیرد. نتایج تحقیقات مختلف نشان داد که برای رقم اصلاح‌شده «کیان»، دور آبیاری ۷ روز (رضایی، ۱۴۰۲) و برای رقم اصلاح‌شده «درفک»، دور آبیاری ۵ روز (کاتوزی و دیگران، ۱۳۸۸) مناسب‌ترین بوده و برای ارقام محلی مانند «هاشمی»، دور آبیاری ۵ روزه (سبک‌رو فومنی و دیگران، ۱۳۹۹؛ اعلایی بازکیایی و دیگران، ۱۳۹۸) تا ۷ روزه (نجفی و دیگران، ۱۴۰۳) باعث صرفه‌جویی ۱۵ تا ۲۰ درصدی در مصرف آب بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد محصول در مقایسه با روش غرقاب دائم شده است. اما این روش دارای برخی محدودیت‌ها و شرایط احتیاطی نیز است. یکی از این موارد تنوع خاک و نفوذپذیری آن است که در خاک‌های سبک ممکن است فاصله ثابت منجر به تنش آبی در گیاه شود. هرچند اکثر خاک‌های شالیزاری در استان گیلان دارای بافت سنگین و نسبتاً سنگین هستند. یکی دیگر از محدودیت‌های این روش، عدم توجه به مراحل رشد گیاه و تفاوت نیاز آبی آن در فواصل مختلف رشد برنج است. همچنین در دوره‌های خشک یا با تبخیر بالا، آبیاری ثابت ممکن است کافی نباشد و نیاز به تعدیل فاصله آبیاری بر اساس شرایط جوی باشد. بنابراین برای کاهش احتمال افت عملکرد، توصیه می‌شود که روش آبیاری تناوبی با دور ثابت همراه با نظارت میدانی و در صورت لزوم اصلاح فاصله آبیاری، اجرا شود.

۲- آبیاری بر اساس خصوصیات خاک:

در استان گیلان، خاک‌های شالیزاری دارای تنوع بافتی هستند؛ از خاک‌های رسی سنگین در جلگه‌های مرکزی و شرق استان تا خاک‌های سبک‌تر و شنی-لومی در برخی نواحی حاشیه‌ای. این ویژگی‌ها بر سرعت ناپدید شدن آب از سطح خاک اثر مستقیم دارند؛ به‌طوری‌که در خاک‌های رسی، آب دیرتر محو می‌شود و فاصله بین آبیاری‌ها می‌تواند طولانی‌تر باشد، در حالی‌که در خاک‌های سبک‌تر، آب سریع‌تر از دست می‌رود و آبیاری باید زودتر انجام شود. تحقیقات انجام‌شده نیز این تفاوت را بازتاب داده‌اند. به‌عنوان نمونه، رضایی و نحوی (۱۳۸۴) نشان دادند که در برخی شرایط، حتی با تأخیر ۳ تا ۶ روز پس از ناپدید شدن آب، عملکرد برنج کاهش معنی‌داری پیدا نکرد. در این پژوهش، عملکرد شلتوک در تیمارهای غرقاب دائم و آبیاری بلافاصله (۰ روز)، ۳ روز و ۶ روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاک، به‌ترتیب برابر با ۳۰۴۹، ۲۰۹۹۰، ۲۰۹۵۳ و ۲۰۹۷۹ تن در هکتار

بود. این یافته نشان می‌دهد که در خاک‌هایی که ظرفیت نگهداری آب بالاتری دارند، می‌توان آبیاری را به تعویق انداخت بدون اینکه به محصول آسیبی برسد. در همین راستا، رضایی استخریویه و دیگران (۱۳۹۵) نیز برای رقم شیروودی، آبیاری سه روز پس از ناپدید شدن آب را مناسب تشخیص دادند. بنابراین، «ویژگی‌های خاک» و «مدیریت تأخیر در آبیاری» در ارتباط مستقیم با یکدیگر قرار دارند و توجه به هر دو، مدیریت بهینه آب در شالیزار را ممکن می‌سازد. با این حال، این روش دارای محدودیت‌هایی نیز هست؛ به‌طور مثال، تعیین زمان دقیق آبیاری نیازمند تجربه و دانش فنی کشاورز است و ممکن است در شرایطی که پایش مزرعه منظم انجام نمی‌شود، منجر به آبیاری نامناسب و کاهش بهره‌وری آب شود. همچنین، در خاک‌های دارای ناهمواری یا زهکشی نامناسب، پیش‌بینی دقیق زمان محو شدن آب از سطح خاک دشوار است و نیاز به نظارت بیشتر دارد. بنابراین، برای بهره‌برداری بهینه، توجه هم‌زمان به نوع خاک، شرایط محلی و تجربه عملیاتی کشاورز ضروری است.

۳- آبیاری بر اساس درصد رطوبت خاک: برای مدیریت بهتر آب در شالیزار و افزایش بازده محصول، می‌توان آبیاری را بر اساس درصد رطوبت خاک تنظیم کرد. در این روش، با استفاده از دستگاه‌های سنجش رطوبت، مشخص می‌شود که خاک تا چه حد خشک شده است و تنها زمانی آبیاری انجام می‌شود که رطوبت خاک به سطح مشخصی برسد. مطالعات نشان داده‌اند که اگر خاک تا حدود ۸۰ درصد رطوبت اشباع، خشک شود، عملکرد برنج کاهش نمی‌یابد (رضوی‌پور و دیگران، ۱۳۷۹). این یعنی می‌توان آب را به شکل بهینه مصرف کرد و محصول همچنان سالم و با کیفیت باقی می‌ماند. با این حال، این روش دارای محدودیت‌هایی است؛ نیاز به تجهیزات دقیق و گران‌قیمت، پیچیدگی در کاربرد و تفسیر داده‌ها، و نیاز به نظارت مداوم از جمله چالش‌های آن هستند. برای شالی‌کارانی که دسترسی به تجهیزات دقیق ندارند، می‌توان با مشاهده سطح خاک یا لمس آن حدوداً تشخیص داد که خاک خشک شده و نیاز به آبیاری دارد. این روش علمی، باعث صرفه‌جویی در آب و مدیریت بهتر وضعیت رطوبتی خاک می‌شود.

۴- آبیاری بر اساس مراحل رشدی گیاه: در این روش، برنامه زمان‌بندی آبیاری بر اساس مراحل مختلف رشد برنج، مانند پنجه‌زنی، تشکیل خوشه و پرشدن دانه، تنظیم می‌شود. هر کدام از این مراحل نیازهای متفاوتی به آب دارند، به‌طور نمونه، مرحله خوشه‌دهی به آب بیشتری نیاز دارد، در حالی که در مراحل دیگر ممکن است میزان آبیاری کمتر باشد. محمدی و دیگران (۱۳۹۴) پنج تیمار آبیاری شامل آبیاری هر روزه، آبیاری با فاصله ۴ روزه پس از پنجه‌زنی، آبیاری با فاصله ۴ روزه پس از تشکیل جوانه اولیه خوشه در ساقه، آبیاری با فاصله ۸ روزه پس از تشکیل جوانه اولیه خوشه در ساقه و آبیاری با فاصله ۸ روزه پس از پنجه‌زنی را برای بررسی اثر زمان آبیاری بر عملکرد دانه در ارقام برنج خزر و شیروودی اعمال کردند. نتایج نشان داد که تیمارهای آبیاری هر روزه، ۴ روزه پس از پنجه‌زنی و ۴ روزه پس از تشکیل جوانه اولیه خوشه در ساقه، از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما افزایش فاصله آبیاری به ۸ روز، به‌ویژه در مراحل حساس رشد، موجب کاهش عملکرد شد. این روش نیز دارای محدودیت‌هایی است. تعیین دقیق زمان آبیاری نیازمند دانش فنی و تجربه کشاورز است و در صورت عدم نظارت مناسب، ممکن است آبیاری در مراحل حساس رشد به تأخیر بیفتد و عملکرد کاهش یابد. علاوه بر این، در شرایطی که تغییرات آب و هوایی ناگهانی یا بارش‌های غیرمنتظره رخ دهد، برنامه‌ریزی دقیق آبیاری دشوار می‌شود. بنابراین، برای بهره‌برداری بهینه، توجه هم‌زمان به مرحله رشد گیاه، شرایط آب و هوایی و تجربه عملیاتی کشاورز ضروری است.

در مجموع، روش‌های آبیاری تناوبی با توجه به شرایط اقلیمی، نوع خاک، رقم برنج و سطح امکانات اجرایی، می‌توانند جایگزینی بسیار مناسب برای آبیاری غرقابی سنتی باشند. این روش‌ها در عین صرفه‌جویی در مصرف آب، توانایی حفظ یا حتی بهبود عملکرد را نیز دارا هستند. انتخاب روش مناسب باید بر اساس تحلیل دقیق شرایط منطقه‌ای و نیازهای کشاورزان انجام گیرد. در پایان برای مقایسه واضح‌تر مزایا، محدودیت‌ها و نکات کلیدی هر روش، جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مقایسه روش‌های مختلف آبیاری تناوبی در کشت برنج

روش آبیاری	نکات کلیدی	مزایا	محدودیت‌ها
دور ثابت	آبیاری با فواصل زمانی مشخص (مثلاً هر ۵ یا ۸ روز)	ساده، برنامه‌ریزی آسان، مورد پذیرش سازمان‌ها	عدم تطابق با ویژگی خاک و شرایط جوی، احتمال هدررفت آب در خاک سبک، کاهش بهره‌وری در شرایط کم‌آبی
بر اساس خصوصیات خاک	زمان آبیاری با توجه به نوع خاک و سرعت ناپدید شدن آب تعیین می‌شود	مصرف بهینه آب، انطباق با وضعیت واقعی مزرعه، حفظ عملکرد محصول	نیاز به تجربه کشاورز، نظارت مداوم، دشواری در خاک‌های ناهموار یا زهکشی نامناسب
بر اساس درصد رطوبت خاک	آبیاری تنها زمانی انجام می‌شود که رطوبت خاک به سطح مشخص برسد	دقیق‌ترین کنترل رطوبت خاک، صرفه‌جویی در مصرف آب، مدیریت بهینه	نیاز به تجهیزات گران‌قیمت، پیچیدگی استفاده، نیاز به پایش مداوم
بر اساس مراحل رشدی گیاه	برنامه آبیاری بر اساس نیاز آبی مراحل رشد (پنجه‌زنی، خوشه‌دهی، پرشدن دانه)	تطابق با نیاز واقعی گیاه، افزایش بهره‌وری آب در مراحل حساس	نیاز به دانش فنی و تجربه، دشواری در شرایط اقلیمی غیرمنتظره، امکان کاهش عملکرد در صورت تأخیر در مراحل حساس

توصیه‌های ترویجی

بر اساس مجموعه‌ای از مطالعات میدانی و نتایج علمی حاصل از پژوهش‌های مؤسسه تحقیقات برنج کشور، می‌توان با اطمینان گفت که آبیاری دائم و غرقابی، شرط لازم برای تولید موفق برنج نیست؛ بلکه در بسیاری از موارد، جایگزینی این روش با آبیاری تناوبی، نه تنها می‌تواند مصرف آب را به‌طور متوسط ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش دهد، بلکه عملکرد نهایی نیز دچار افت معنی‌دار نمی‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که در شرایط کم‌آبی، با به‌کارگیری روش‌های مدیریت‌شده آبیاری مانند آبیاری با دور ثابت (مثلاً ۵ یا ۸ روز)، یا آبیاری بر اساس زمان خشک‌شدن سطح خاک یا رطوبت خاک، می‌توان تا حد زیادی صرفه‌جویی در مصرف آب ایجاد کرد؛ این در حالی است که عملکرد دانه در اغلب موارد حفظ شده و حتی بهره‌وری آب (نسبت عملکرد به آب مصرفی) نیز بهبود یافته است. این نتایج از لحاظ علمی و اجرایی اهمیت فراوانی دارند؛ زیرا نشان می‌دهند که با مدیریت هوشمندانه منابع آب می‌توان به‌سمت کشاورزی پایدار حرکت کرد، بدون آنکه امنیت غذایی یا درآمد کشاورزان به خطر بیفتد. علاوه بر این، این روش‌ها در صورت آموزش و پشتیبانی کافی، برای کشاورزان قابل‌اجرا هستند و می‌توانند با تجهیزات ساده نیز پیاده‌سازی شوند.

فهرست منابع

- اعلائی بازکیایی، پ.، کامکار، ب.، امیری، ا.، کاظمی، ح. رضایی، م. ۱۳۹۸. اثر مدیریت آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد و بهره‌وری آب در برنج (*Oryza sativa* L.). مجله تولید گیاهان زراعی. ۱۲(۴): ۱۷۰-۱۵۷.
- جوادی باغی، س.، معتمد، م. ک.، قربانی پیرعلیدهی، ف. ۱۴۰۱. بررسی عوامل موثر در دستیابی به کشاورزی پایدار در تولید برنج استان گیلان (مطالعه موردی: شهرستان رشت). تحقیقات غلات. ۲(۱۲): ۱۸۵-۱۶۷.
- رضایی، م. ۱۴۰۲. برآورد مطالعه بهره‌وری آب و مصرف نیتروژن در مدیریت‌های مختلف آبیاری در لاین‌های امیدبخش برنج. موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.
- رضایی استخرویه، ع.، صداقت، م.، عرب‌زاده، ب.، سیاری، ن. ۱۳۹۵. تاثیر روش‌های نوین آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج (رقم شیروودی). مدیریت آب و آبیاری، ۶(۲): ۲۰۴-۱۹۳.
- رضایی، م.، نحوی، م. ۱۳۸۴. اثر روش‌های مختلف مدیریت آبیاری بر کارایی مصرف آب برنج در گیلان. نهمین کنگره علوم خاک، کرج.
- رضوی‌پور، ت.، یزدانی، م. ر.، کاووسی، م. ۱۳۷۹. اثر تنش رطوبتی خاک در مراحل مختلف رشد برنج بر عملکرد دانه -رقم بینام. ششمین کنگره علوم خاک ایران، مشهد.
- سبک‌رو فومنی، ک.، ولدآبادی، س. ع.، کاووسی، م.، ذاکرین، ح. ر.، یزدانی، م. ر. ۱۳۹۹. بررسی اثر آبیاری تناوبی و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر حجم آب و رشد و شاخص‌های رشدی گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) (رقم هاشمی) در شرایط آب و هوایی گیلان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۲(۲): ۲۹۸-۲۸۱.
- کاتوزی، م.، رحیم‌زاده خوئی، ف.، صبور، ح. ۱۳۸۸. تأثیر مدیریت آبیاری بر سرعت، طول دوره پر شدن دانه و محتوای نسبی آب برگ سه رقم برنج. علوم آب و خاک. ۱۳(۴۷): ۶۳۸-۶۲۳.
- محمدی دهرایی، ح.، امیری، ا.، رضایی، م.، بهزادی، ج. ۱۴۰۳. ارزیابی مدل AquaCrop در پیش‌بینی عملکرد دانه و زیست‌توده برنج تحت تنش‌های آبی در سال‌های مختلف. مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک. انتشار آنلاین.
- محمدی، ص.، نحوی، م.، محدثی، ع. ۱۳۹۴. تأثیر آبیاری تناوبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام و لاین برنج. پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۲۸(۱۰۷): ۱۱۴-۱۰۸.
- نجفی، س.، خالدیان، م. ر.، رضایی، م. ۱۴۰۳. شبیه‌سازی بهره‌وری آب آبیاری برنج تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری و کود نیتروژن. تحقیقات غلات، ۱۴(۴): ۳۴۵-۳۲۹.
- Ishfaq, M., Farooq, M., Zulfiqar, U., Hussain, S., Akbar, N., Nawaz, A., Anjum, S. A. 2020. Alternate wetting and drying: A water-saving and ecofriendly rice production system. *Agricultural Water Management*, 241, 106363.
- Richards, M., Ole, B. (2014). Alternate wetting and drying in irrigated rice. *IRRI CCAFS and Info Notes*. (Sited in: http://www.agritech.tnau.ac.in/agriculture/pdf/csa_pdf/Alternate_wetting_and_drying_in_irrigated_rice_Info_Note.pdf)
- Zhang, H., Xue, Y. Wang, Z. Yang, J. Zhang, J. 2009. An alternate wetting and moderate soil drying regime improves root and shoot growth in rice. *Crop Science*, 49(6): 2246-2260.