خشکاندن میان‌فصلی شالیزار برای افزایش عملکرد برنج و افزایش بهره‌وری آب

رضا اسدی*[۱] و مصطفی یوسفیان[۲]

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور. معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران

۲- دکتری آبیاری و زهکشی، موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران

[1*]Email: r_asadi1 @yahoo.com

چکیده

وابستگی شدید کشت محصولات کشاورزی و به خصوص برنج به آب از یک‌سو و خشکسالی‌های اخیر به همراه سرازیر شدن این ماده حیاتی به بخش‌های دیگر مانند شرب و صنعت از سوی دیگر، سبب کمتر شدن سهم کشاورزی از این منابع شده است. بنابراین برای پایداری تولید برنج در کشور به ناچار می‌بایست از منابع موجود حداکثر بهره‌وری را داشته باشیم. یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در کشت برنج، تغییر روش مرسوم آبیاری می‌باشد. از اینرو به منظور اصلاح شیوه رایج آبیاری در شالیزار پژوهشی با دو تیمار آبیاری غرقابی دائم (کشت رایج) و آبیاری تناوبی در شهرهای مختلف استان مازندران در سال ۱۳۹۷ به اجرا گذاشته شد. نتایج نشان داد که تغییر شیوه آبیاری از غرقابی به آبیاری با زهکشی میان فصلی در شهرهای مختلف استان، سبب افزایش ۹/۹ درصدی عملکرد از ٤۳۰۱ کیلوگرم در هکتار به ٤۷۳۰ کیلوگرم در هکتار شد. همچنین تغییر شیوه آبیاری تاثیری روی صفات تعداد پنجه در کپه، ارتفاع بوته، طول‌خوشه و درصد باروری نداشته است. نتایج نشان داد مدیریت آبیاری در اراضی شالیزاری به شیوه آبیاری غرقابی و اعمال دو مرتبه خشکی میان‌فصل قبل از مرحله گل‌دهی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب شده است. بنابراین، این روش سبب بهبود درآمد شالیکاران و استفاده بهینه از منابع آبی موجود شده که در نهایت موجب افزایش پایداری تولید برنج خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، برنج، زهکشی، خشکانیدن میان‌فصلی

مقدمه

برنج سومین محصول مهم کشاورزی بعد از گندم و ذرت در دنیا بوده و با توجه به اینکه بخش عمده‌ای از محصول ذرت به منظور علوفه استفاده می‌شود، مهم‌ترین محصول دانه‌ای برای تغذیه انسان و تأمین کالری می‌باشد که بیش از یک پنجم کالری مورد نیاز انسان را در جهان تأمین می‌کند (فائو، ۲۰۱۲). برنج در میان محصولات عمده مواد غذایی، توانایی رشد منحصر به فرد، در طیف گسترده‌ای از شرایط هیدرولوژیکی، خاکی و آب و هوائی داشته و همچنین برنج تنها غله‌ای است که می‌تواند در شرایط تالاب رشد کند (بومن و همکاران، ۲۰۰۷). آمارها نشان می‌دهد ۷۵ درصد برداشت برنج از اراضی پست آبیاری شده به‌دست می‌آید. این مناطق ۴۳-۳۴ درصد از آب آبیاری، معادل ۳۰-۲۴ درصد از کل آب شیرین جهان را به خود اختصاص می‌دهند (بومن و همکاران، ۲۰۰۷). بیش از ۹۰ درصد منابع آب شیرین در قاره آسیا برای اهداف کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نیمی از کل این آب برای تولید برنج مصرف می‌شود (تانک و همکاران، ۲۰۰۳). کشت برنج در ایران دارای اهمیت اقتصادی و اجتماعی زیادی بوده و بعد از گندم، دومین غله مهم در سبد غذایی مردم ایران است. ایران با ٥٦٤ هزار هکتار سطح زیر کشت برنج (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) و استان‌های مازندران و گیلان در شمال ایران با سطح زیرکشت برنج هر یک بالای ۲۰۰ هزار هکتار از مهم‌ترین مراکز تولید برنج کشور می‌باشند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۲). سهم آب مصرف شده در بخش کشاورزی در منطقه خاورمیانه و قاره آفریقا به‌ترتیب ٨٤ و ٨٢ درصد آب تجدیدپذیر است (محمدجانی و یزدانیان، ۱۳۹۳). در ایران سهم بخش کشاورزی از آب تجدیدپذیر طی دوره‌های آماری ۷ و۵۰ سال به‌ترتیب ۵۲ و۷۱ درصد است (عباسی و همکاران، ١٣٩٤). استان مازندران بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی در روش کوپن، دارای اقلیم گرم و معتدل است. متوسط بارندگی سالانه آن حدود ٦٢٠ میلی‌متر و کل منابع آبی استان حدود ٦ میلیارد متر مکعب برآورد می‌شود (کسمایی، ۱۳۹۲). سیستم کشت (مرسوم) برنج در ایران، مبتنی بر استفاده از ارقام برنج آبی با آبیاری غرقابی می‌باشد. این شیوه کشت در شالیزارهای مازندران، انجام عملیات نشا در خاک گل‌خراب و ایجاد غرقاب دائم در پای بوته از ابتدا تا انتهای فصل کشت می‌باشد. در این شیوه، بهره‌روی آبیاری پایین بوده و سبب مصرف آب بیش از نیاز واقعی گیاه می‌باشد. کمبود منابع آب از یک‌سو و پایین بودن بهره‌وری از سوی دیگر، لزوم استفاده بهینه از آب موجود جهت حفظ امنیت غذایی آینده به‌خصوص در آسیا که تولید برنج آن تا سال ۲۰۲۵ باید به میزان ۷۰ درصد تولید فعلی افزایش یابد، ضروری می‌باشد (تانگ، ۲۰۰۳).

اهمیت مدیریت آبیاری در افزایش عملکرد محصولات زراعی، مؤید این موضوع می‌باشد که هرگونه تلاش برای بهینه‌سازی کشت برنج در کشور بدون توجه ویژه به بخش مدیریت آب موفقیت‌آمیز نخواهد بود. برای غلبه بر معضلات پیش‌رو در کشت برنج، متخصصین مرتبط با آب و کشاورزی در دنیا با توجه به شرایط آب و

کشاورزی در هر منطقه، استراتژی‌های مختلفی را در مواجه با چالش‌های پیش‌رو نظیر تغییر روش کشت و یا تغییر مدیریت آب با هدف کاهش مصرف آب و یا افزایش بهره‌وری در پیش می‌گیرند. گیاهان در شرایط محیطی نامناسب با تنش‌های مختلف زنده و غیرزنده مواجه می‌شوند در این میان، خشکی یک عامل مهم غیرزنده است که به‌طور موثر بر رشد و بهره‌وری محصولات کشاورزی در سطح جهان اثر می‌گذارد (محمد و همکاران، ۲۰۱٤). تاکنون مطالعات و پژوهش‌های زیادی برای شناخت بیشتر واکنش برنج به تنش خشکی و یافتن راه‌حل‌هایی برای کمتر نمودن اثرات منفی آن نظیر انجام گرفته است.

یکی از راه‌های غلبه بر مشکل کم‌آبی، تغییر شیوه آبیاری غرقاب دائم و استفاده از آبیاری تناوبی یا روش تر و خشک کردن متناوب است (یزدانی و اسدی ۱۳۸۹؛ اسدی و همکاران ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲). در این روش از مدیریت آبیاری، به‌جای اینکه پای بوته‌ها دائماً در آب باشد، فقط در مواقع لزوم و به اندازه مورد نیاز، آب به گیاه داده می‌شود. این روش در مواقع خشک‌سالی و کمبود آب می‌تواند راه‌گشای مشکلات موجود باشد (اسدی و همکاران، ۱۳۸۳). بررسی‌های کیم و همکاران (۱۹۸۸) نشان داد که مقدار رطوبت خاک همبستگی منفی با ارتفاع بوته دارد و تعداد روز تا ظهور خوشه را افزایش و عملکرد را کاهش می‌دهد. البته همواره خشکی و تغییر شرایط اشباع به غیراشباع سبب کاهش عملکرد نیست و در بعضی از مواقع اثر چندانی بر آن ندارد (فرداد و شیردلی، ۱۳۷٤).

بومن و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که خشکی قبل یا در طی دوره پنجه‌زنی، تعداد پنجه و تعداد خوشه در کپه را کاهش می‌دهد، همچنین در ارتباط با اثر تنش خشکی بر تعداد پنجه برنج بیان داشتند که اگر خشکی در زمان مناسب برطرف شود و اندازه مخزن (برگ‌ها و ساقه‌های فتوسنتزکننده) به طور کامل بزرگ باشند، کاهش تعداد پنجه و پانیکول ممکن است از طریق افزایش تعداد دانه در خوشه و یا افزایش وزن دانه جبران شود. خشکی بعد از مرحله گلدهی سبب کاهش وزن دانه می‌شود. طول خوشه یکی از صفات ژنتیکی در گیاه برنج می‌باشد که با تعداد دانه در خوشه رابطه مستقیم دارد. به عبارتی، هر چه طول خوشه بیشتر باشد تعداد کل دانه در خوشه بیشتر است. این صفت کمتر تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. تنش آبی ناشی از آبیاری غیرغرقابی علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی (بلدر و همکاران، ۲۰۰۵)، با جلوگیری از انتقال املاح و مواد غذایی به گیاه و کاهش فتوسنتز (وپیرز، ۱۹۹۹)، باعث کاهش تعداد پنجه، طول خوشه، زیست‌توده، درصد دانه پر، وزن هزاردانه و در نهایت عملکرد برنج می‌شود (اسدی، ۱۳۹۵). فاروک و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تنش خشکی موجب به‌هم ریختگی روابط آب و گیاه شده و اندازه سطح برگ، توسعه ساقه، تکثیر ریشه و راندمان مصرف آب را کاهش می‌دهد. همچنین کاهش عملکرد ناشی از خشکی مؤثرترین عامل نسبت به سایر عوامل می‌باشد.

پلنگی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی که روی آبیاری تناوبی شامل تیمار صفر، شاهد (غرقاب دائم)، ۵، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ روز در ارضی شالیزاری انجام دادند، نشان دادند که تمامی صفات مورد بررسی به جز ماده خشک در تمام تیمارهای آبیاری تناوبی با مقدار متناظر در تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند. اعمال آبیاری تناوبی (فاصله دو آبیاری متوالی بر اساس تیمارهای مختلف ۵، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ روز)، سبب افزایش مقادیر سرعت رشد محصول و سرعت جذب عناصر غذایی نسبت به شرایط عدم اعمال زهکشی میان فصل شد. افزایش تداوم زهکشی میان‌فصل تا ۱۳ روز سبب کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۳ درصد نسبت به تیمار شاهد شد که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود. اسدی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی که روی مدیریت‌های مختلف آبیاری در سطح استان مازندران شهرستان آمل انجام دادند گزارش نمودند که مقدار متوسط عملکرد در ارقام شیرودی و طارم در تیمار دو بار خشکی بیشترین عملکرد را به خود اختصاص دادند و تیمار آبیاری غرقاب کامل در رتبه بعدی قرار گرفت. همچنین نتایج حاصله از مطالعه فوق در شهرستان فریدونکنار نشان داد که مقدار عملکرد در رقم طارم در تیمار دو بار خشکی بیشترین عملکرد و تیمار آبیاری تناوبی در رتبه بعدی قرار گرفت و در نهایت تیمار آبیاری غرقاب کامل در رتبه انتهایی قرار گرفت.

بررسی به عمل آمده در سریلانکا (۲۰۰۶) نشان داد، پاسخ گیاه برنج به تنش آب در مراحل مختلف رشد در شیوه‌های مختلف زراعی متفاوت است. نتایج مطالعات صورت گرفته توسط پژوهندگان نشان می‌دهد که آبیاری غرقابی هر چند در مناطقی که از نظر تأمین آب آبیاری کمبود دارند مشکل‌ساز است، اما بیشترین عملکرد دانه در اراضی شالیزاری با زهکشی مطلوب مربوط به این سستم کشت است. کمبود منابع آب در سطح کشور، افزایش جمعیت و افزایش سرانه مصرف مواد غذایی در کشور، کاهش سطح زیر کشت، کاهش سهم بخش کشاورزی از آب موجود به‌دلیل افزایش سرانه مصرف آب در بخش‌های شرب و صنعت از جمله مشکلاتی است که کشت و پایداری تولید برنج را تهدید می‌کند.

بنابراین، با توجه اهمیت برنج و پایداری تولید، پژوهشی با هدف افزایش بهره‌وری آب به همراه افزایش عملکرد و با نگاه ترویجی با دو تیمار آبی در سطح استان مازندران انجام شد.

روش انجام آزمایش

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ به مدت یک سال در پنج مکان در شهرهای آمل، بابل، بندپی شرقی و فریدونکنار در استان مازندران (جدول ۱) با مشخصات جغرافیایی ٤٥ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ١٤ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و٤٤ دقیقه تا ۳۷ درجه و صفر دقیقه عرض شمالی که متوسط بارندگی سالانه در استان حدود ٦٢٠ میلی‌متر است به صورت آزمایش‌های جداگانه با دو تیمار آبی شامل آبیاری غرقابی با انجام خشکی میان فصلی

و کشت رایج با مدیریت آبیاری غرقابی انجام گرفت. بذرپاشی برای اجرای آزمایشات پس از جوانه‌دار کردن بذرها در اوائل اردیبهشت ماه در خزانه در شهرهای مختلف انجام گرفت. در طول مرحله داشت در خزانه مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری، پاشیدن کود سرک، هوادهی و وجین انجام شد. پس از آماده سازی زمین اصلی، نشاها بعد از ٤-٣ برگ شدن به زمینی اصلی برای نشاکاری منتقل شدند.

جدول ۱. برخی از مشخصات مزارع اجرای آزمایشات و منبع آب آبیاری در شهرهای مختلف استان

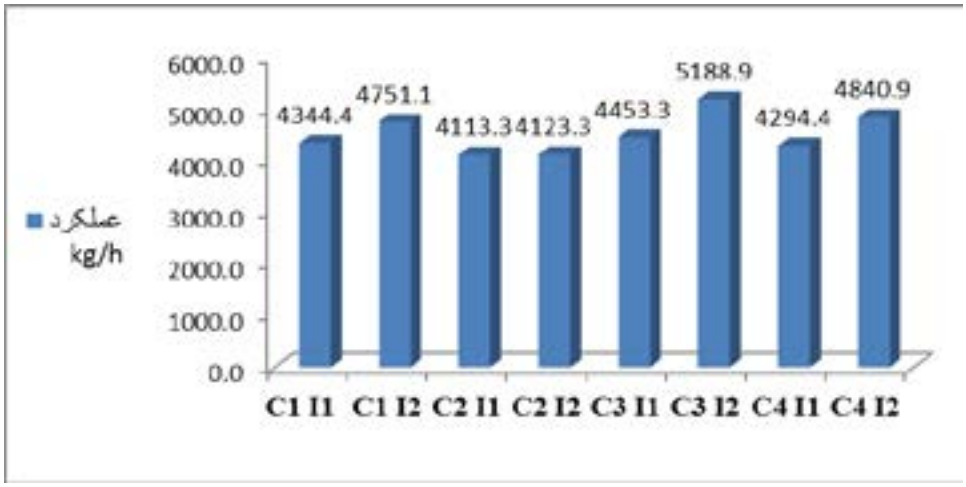
محل اجرای آزمایش	وضعیت تجهیز و نوسازی اراضی	نوع آب در دسترس	عمق آب زیرزمینی
شهرستان آمل	تجهیز شده	شبکه آبیاری	بیشتر از ۱۰ متر
شهرستان بندپی شرقی	تجهیز نشده	چاه آب	بیشتر از ۱۰ متر
شهرستان فریدونکنار	تسطیح شده ولی تجهیز و نوسازی نشده	رودخانه	یک متر
ایستگاه گلدشت	تجهیز شده	چاه آب	بیشتر از ۱۰ متر
شهرستان محمود آباد	تجهیز نشده	رودخانه و چاه آب	۳ - ۲ متر

نحوه عملیات شخم و آماده‌سازی زمین در هر دو تیمار آبیاری یکسان و در شهرهای مختلف براساس شرایط اقلیمی و منطقه‌ای اجرا شد. مدیریت‌های زراعی نظیر نوع، مقدار و نحوه مصرف کود با توجه به آزمایش خاک انجام شد. مبارزه با آفات، بیماری‌ها و مبارزه با علف‌های هرز در هر دو تیمار به صورت یکسان انجام شد. بررسی‌ها شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه و اجزای عملکرد (طول خوشه، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک و هزاردانه از ده خوشه) بود. برای اندازه‌گیری مقدار عملکرد از سطح پنج مترمربع برداشت شلتوک صورت گرفت. در نهایت کلیه اندازه‌گیری‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

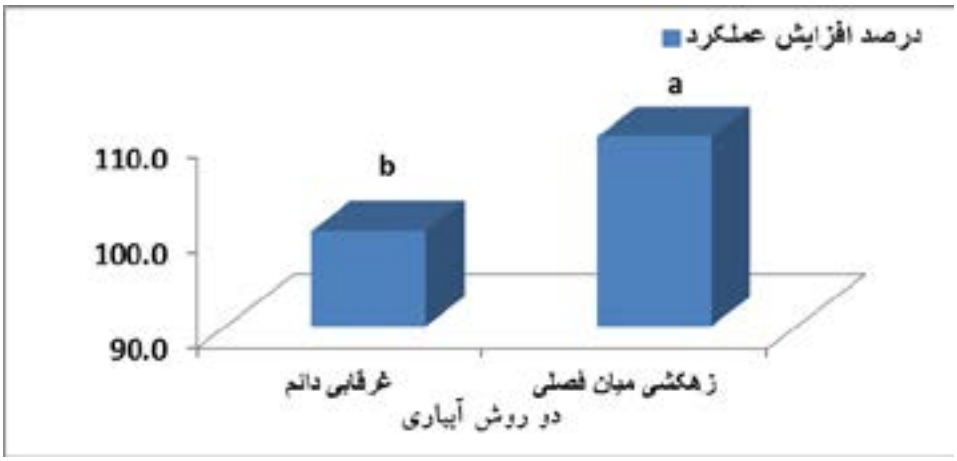
نتایج حاصل از این پژوهش در شهرهای مختلف استان مازندران نشان داد که تغییر شیوه آبیاری در شالیزار از غرقاب دائم به غرقابی با دو مرحله خشکی میان‌فصلی، موجب افزایش تعداد پنجه در کپه، تعداد دانه‌پر، وزن هزاردانه و درصد باروری می‌شود، اگرچه این افزایش معنی‌دار نمی‌باشد. با اعمال دو مرحله خشکی میان‌فصلی

به‌سبب کاهش جزئی رطوبت در محیط ریشه، هیچ‌گونه تنش آبی در گیاه ناشی از کمبود آب ایجاد نشد و از این‌رو به‌دلیل افزایش تهویه هوای خاک منطقه ریشه و خروج گازهای مضر و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاه، عملکرد دانه در هر چهار منطقه شامل آمل، فریدونکنار، بابل و ایستگاه گلدشت افزایش داشته است (شکل ۱). بنابراین اعمال روش آبیاری با دو مرتبه خشکی میان‌فصل در مقایسه با روش آبیاری غرقابی دائم به‌طور متوسط در چهار شهرستان سبب افزایش عملکرد به مقدار ۹/۹ درصد شد (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین مقدار عملکرد در دو روش آبیاری در شهرهای مختلف استان مازندران

I1 : روش آبیاری غرقابی (روش رایج) و I2 : روش آبیاری غرقابی با زهکشی میان فصلی و C1 الی C4: به ترتیب معرف شهرهای آمل، بابل، ایستگاه گلدشت و فریدونکنار است.



شکل ۲- درصد افزایش عملکرد با استفاده از دو بار خشکی میان‌فصل

در این روش برای مدیریت آبیاری، دو مرحله سطح آب در کرت از حالت غرقابی خارج می‌شود که با توجه به تاثیر ارتفاع آب در سطح خاک بر نفوذ عمقی و جانبی و کمتر شدن مقدار تبخیر در شرایط غیر غرقابی، سبب کاهش جزئی در مقدار آب مصرفی خواهد شد. بنابراین، افزایش عملکرد و کاهش جزئی آب مصرفی، افزایش بهره‌وری آب را به همراه خواهد داشت.

توصیه ترویجی (روش اعمال خشکی میان‌فصل در آبیاری غرقابی)

در این شیوه مدیریت آبیاری بذرها پس از جوانه‌دار کردن در اوائل اردیبهشت ماه به خزانه منتقل و مراقبت های لازم از قبیل آبیاری، پاشیدن کود سرک، هوادهی و وجین انجام می‌شود. هم‌زمان با مرحله داشت خزانه، اقدام به آماده‌سازی زمین اصلی کرده و نشاها بعد از ٤-٣ برگی شدن به زمین اصلی برای نشاکاری منتقل می-شوند.

پس از انتقال نشا به زمین اصلی، عمق آب را در مزرعه در زمان استقرار نشا (حدود یک هفته الی ۱۰ روز پس از نشاکاری)، در ارتفاع ۲ الی ۵ سانتی‌متر نگهداری کرده و سپس عمق آب را به طور ثابت تا رسیدن فیزیولوژیکی برنج به استثنای دو مرحله در ارتفاع ۵ سانتی‌متر نگه می‌داریم. این دو مرحله خشک کردن مزرعه در فاصله ۲۰ الی ٤۰ روز پس از نشاکاری برای ارقام محلی می‌باشد.

برای مرحله اول حدود بیست روز بعد از نشاکاری آب ورودی به مزرعه قطع می‌شود. آبیاری بعدی زمانی انجام می‌شود که عمق آب در سطح مزرعه به صفر و رطوبت خاک به زیر نقطه اشباع و مشاهده اولین نقطه از سطح مزرعه که به ترک‌های مویی (که عرض ترک‌ها حدود ۱/۵ الی ۲/۵ میلی‌متر می‌باشد) برسد (شکل ۳).

شکل ۳- خاک در حالت ترک مویی

مرحله دوم در این شیوه قطع مجدد آب ورودی و خشک کردن مجدد خاک به روش مرتبه اول، یعنی خشک کردن خاک تا رسیدن به ترک‌های مویی در فاصله ۳۰ الی ٤۰ روز پس از نشاکاری، می‌باشد. پس از این مرحله، آبیاری به صورت غرقابی تا رسیدن فیزیولوژیک گیاه ادامه می‌یابد. دقت شود عمل خشک کردن مزرعه با زمان گلدهی به صورت هم‌زمان اتفاق نیافتد که در غیر این صورت با کاهش محصول روبرو خواهیم شد.

سایر مدیریت‌های زراعی نظیر نحوه عملیات شخم و آماده‌سازی زمین، نوع، مقدار و نحوه مصرف کود، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و مبارزه با علف‌های هرز همانند روش رایج کشت انجام می‌شود.

مزایای انتقال توصیه ترویجی در عرصه

- ✓ تغییر شیوه آبیاری از غرقابی به غرقابی با زهکشی میان‌فصلی با افزایش حدود ۱۰ درصدی میانگین عملکرد موجب افزایش درآمد کشاورزان خواهد شد.
- ✓ افزایش عملکرد موجب افزایش تولید برنج در منطقه شده و نزدیک شدن به خودکفایی تولید را به همراه خواهد داشت.
- ✓ این شیوه باعث کاهش مصرف آب و حفظ منابع آبی موجود در سطح استان می‌شود. همچنین با افزایش عملکرد و کاهش آب مصرفی، بهره‌وری آب بیش از ۱۰ درصد افزایش خواهد داشت.

با توجه به محدودیت منابع آب استفاده از روش‌های توصیه شده در این مقاله برای افزایش عملکرد و افزایش بهره‌وری آب توصیه می‌شود. بازدید از مزارعی که این روش را به کار برده و نتیجه مطلوب دریافت کرده‌اند برای اطمینان خاطر کشاورزان عزیز پیشنهاد می‌شود.

منابع

اسدی، ر.، علیزاده، ا.، انصاری، ح.، کاوسی، م.، امیری، ا. ۱۳۹۵. تاثیر مقادیر آب و نیتروژن مصرفی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در دو روش کشت برنج. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۰، شماره ۲، (۱۵۷ – ۱٤٥)

اسدی، ر. ۱۳۹۲. مقایسه تأثیر آبیاری دوره‌ای و آبیاری غرقابی بر عملکرد دو رقم برنج شیرودی و طارم. گزارش نهایی پروژه. موسسه تحقیقات برنج کشور – معاونت مازندران به شماره ثبت ٤۳۱٥۹ مورخ ۱۳۹۲/٤/۸.

اسدی، ر.، رضایی، م.، و معتمد، م. ک. ۱۳۸۳. راه حل ساده برای مقابله با خشکسالیها در شالیزارهای مازندران. مجله خشکی و خشکسالی. شماره ۱٤ : ۸۷–۹۱.

پلنگی، م.، پیرمرادیان، ن.، کریمی، و.، و امیری لاریجانی، ب. ۱۳۹۳. تاثیر زهکشی سطحی میان‌فصل بر روند رشد، شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد برنج رقم طارم هاشمی. تحقیقات غلات. سال چهارم، شماره چهارم، ص ۲۶۷-۲۷۸.

رضایی، م.، و اسدی، ر. ۱۳۹۲. اثر بکارگیری آب شور در شرایط تنش خشکی بر عملکرد برنج. گزارش نهایی پروژه. موسسه تحقیقات برنج کشور. به شماره ثبت ٤٢٧٨٤ مورخ، ۱۳۹۲/۱/۲٤.

عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی ن و م، اکبری. ۱۳۹٤. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ٦٨ ص.

فرداد، ح و ع، شیردلی. ۱۳۷٤. اثر دور آبیاری بر عملکرد محصول دانه جو و رشد آن. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲٦

قلی‌زاده، ح.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، و حسین‌پور، ر. ۱۳۹۳. آمارنامه محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه ریزی اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

کسمایی، م. ۱۳۹۲. اقلیم و معماری. نشر خاک. ۳۰۳ ص

محمدجانی، ا و یزدانیان، ن. ۱۳۹۳. تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن. فصل نامه روند، سال بیست و یکم، شماره‌های ٦٥ و٦٦، صفحات۱۱۷- ۱٤٤

یزدانی، م. و اسدی، ر. ۱۳۸۹. ارزیابی واکنش ارقام و لاین‌های برنج نسبت به دورهای مختلف آبیاری. گزارش نهایی، موسسه تحقیقات برنج کشور.

Abbasi, M.R., and Sepaskhah, A.R. 2011. Effects of water-saving irrigations on different rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in field conditions. International Journal of Plant Production, 5 (2), ISSN: 1735-6814 (Print), 1735-8043 (Online).

Belder, P., Spiertz, J. H. J., Bouman, B. A. M., Lu, G., and Tuong, T. P. 2005. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. Field Crops Research, 93 :169– 185.

Bouman, B.A.M., Lampayan, R.M., and Tuong, T. P. 2007. Water management in irrigated rice coping with water scarcity. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 54 p.

Department of agriculture government of Srilanka. 2006. Water stress effects, water management systems and irrigation requirements for rice in Sri Lanka.

FAO. 2012. faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy Sustain. Dev. 29 (1):85 - 212.

Kim. Hy., S.k, Lee., G.S, Chung and J.k, Sohn. 1988. Screening for rice drought resistance in a sloping field. Research Reports of the Rural Development Administration Rice. 30 :2, 36-43.

Maragatham, N., Martin, G.J., and Poongodi, T. 2010. Effect of Nitrogen sources on Aerobic Rice producti on under various rice soil Eco systems.19 th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.

Muhammad, N., Birgit, M., Thomas, G., Reich, E., Krzysztof, W., and Angela, S. 2014. Increased drought stress resilience of maize through endophyticcolonization by Burkholderia phytofirmans. PsJN and Enterobactersp. FD17. Environmental and Experimental Botany, 97: 30– 39.

Kawasaki, J., and Herath, S. 2011. Impact assessment of climate change on rice production in Khon Kaen Province, Thailand Journal, ISSAAS 17:14-28.

Rezaei, M., Davatgar, N., Khaledian, M. R., Pirmoradian, N.2013. Effect of intermittent irrigation with saline water on rice yield in Rasht, Iran. Acta agriculturae Slovenica, marec, p, 49 – 57.

Rezaei, m., Shokri, H. V., and Amiri, E. 2009. The Effects of Irrigation and Nitrogen Management on Yield and Water Productivity of Rice. World Applied Sciences Journal,7(2): 203-210.

Smith, B. D. 1998. The Emergence of Agriculture. Scientific American Library, A Division of HPHLP, New York, ISBN: 0-7167-6030-4.

Passioura, J. B. 2007. The drought environment physical, biological and agricultural perspectives. Experiment Botany. 58:113-117.

Pirdashti, H., Tahmasebi, S. Z., and Bahmanyar M. A. 2009. Comparison of Physiological Responses among Four Contrast Rice Cultivars under Drought Stress Conditions. Proceedings of World academy of Science, Engineering and Technology, 52-53

Pirdashti, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Nematzadeh, G., and Ismail, A. 2004. Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of different rice (Oryza sativa L) cultivars. In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sept. 1 Oct 2004, Brisbane, Australia, Handbook and Abstract. P133

Prasad, S., Singh, M. P., and Yadav, R. K. 2012. Physio-chemical changes in rice varieties under drought stress condition. Plant Archives, 12:63-66

Tuong, T.P., and Bouman, B.A.M. 2003. Rice production in water-scarce environments. In: Kijne, J. W., Barker, R., Molden, D. (Eds.), Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. CABI Publishing, UK, pp. 53–67.

Wopereis, M. C. S., Donovan, C., Nebie, B., Guindo, D., and Diaye, M. K. N. 1999. Soil fertility management in irrigated rice systems in the Sahel and Savanna regions of West Africa Part I. Agronomic analysis. Field Crops Research, 61: 125-145.