تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۲، ص ۲۵۱-۲۴۱

مقاله پژوهشی

اثر مدیریت آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب در روش‌های مختلف کشت برنج

احمد رمضانی[۱*]، مهرداد محلوجی[۱]

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

* مسئول مکاتبه: ramazaani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱ /۱۱/۱۳ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.363737.1278**

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مدیریت آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب در روش‌های مختلف کشت برنج، آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در منطقه لنجان اصفهان در سال ۱۳۹۸ به اجرا گذاشته شد. فاکتور اصلی، سه روش کاشت برنج شامل: متداول به عنوان شاهد (C_1)، خشکه‌کاری (C_2) و نشاءکاری با آبیاری تلفیقی (C_3) و فاکتور فرعی دو رقم برنج سازندگی و لاین امید بخش شماره ۲ بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارقام مورد استفاده و هم‌چنین روش‌های مختلف آبیاری از نظر عملکرد دانه و مصرف آب تفاوت کاملاً معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) داشتند. با این وجود اثر متقابل روش‌های کاشت و ارقام معنی‌دار (در سطح احتمال ۵٪) نبود. روش کشت متداول با مصرف ۲۱۰۰۸/۳ مترمکعب آب در هکتار که ۷۰ درصد بیشتر از روش خشکه‌کاری و ۲۱ درصد بیشتر از روش نشاءکاری با آبیاری تلفیقی بود، بیشترین عملکرد دانه (۴۷۰۹/۷ کیلوگرم در هکتار) را داشت. این میزان ۲۱ درصد بیشتر از تیمار (C_2) و ۳۷ درصد بیشتر از تیمار (C_3) بود. در تیمار (C_2) بهره‌وری فیزیکی آب ۰/۳۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود که ۲۹ درصد بیشتر از تیمار (C_1) و ۱۱ درصد بیشتر از تیمار (C_3) بود. بر اساس نتایج این تحقیق در شرایط بدون محدودیت آب، روش کاشت متداول و در شرایط محدودیت آب روش خشکه‌کاری (C_2) با رقم برنج سازندگی در مناطق برنج‌کاری استان اصفهان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای نواری، خشکه‌کاری، کشت غرقابی متداول

مقدمه

برنج (*Oryza sativa*) یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی جهان و در حال حاضر، غذای اصلی بیش از ۳/۵ میلیارد نفر یعنی حدود ۵۰٪ از جمعیت جهان است (Irri, 2012). خشکه‌کاری برنج عبارت است از کشت مستقیم بذر در بستر خشک و غیر غرقاب، بدون انجام عملیات پادلینگ و گل‌خرابی (Liu *et al.*, 2015; Pathak *et al.*, 2013) که به‌عنوان جایگزین نشاءکاری معرفی شده‌است. محققین مزیت‌های این روش را، کاهش مصرف آب، کاهش مصرف بذر، کاهش هزینه‌های زراعی، کاهش عملیات خاک‌ورزی، جلوگیری از تخریب ساختمان خاک، حذف هزینه‌های سنگین خزانه‌گیری و نشاءکاری، کاهش زمان مورد نیاز برای خزانه‌گیری و کاشت، بهبود تهویه خاک، انعطاف‌پذیری بیشتر در استفاده از فن‌آوری‌های کاشت، کاهش مصرف سوخت، انرژی و کارگر عنوان کرده‌اند (Gopal *et al.*, 2010; Rao *et al.*, 2017). در هند، پاکستان و بنگلادش حدود ۲۶ درصد از اراضی به روش خشکه‌کاری کشت می‌شود (Gopal *et al.*, 2010). گزارش شده‌است که عملکرد برنج در مازندران در روش خشکه‌کاری کمتر و میزان آب مصرفی از ۷۴۰۰ مترمکعب در هکتار در روش نشاءکاری با آبیاری غرقابی به ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار در روش خشکه‌کاری (۶۰ درصد) کاهش یافت ولی بهره‌وری آب از ۰/۲ در روش کشت نشایی به ۰/۷ در روش خشکه‌کاری افزایش داشت (Asadi *et al.*, 2012).

نتایج پژوهشی در خوزستان با مطالعه سه روش کاشت برنج (نشاءکاری، کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب و خشکه‌کاری) نشان داد بیشترین عملکرد (۶۳۹۴ کیلوگرم در هکتار) در روش نشاءکاری بدست آمد که نسبت به کشت مستقیم در بستر مرطوب و خشکه‌کاری بیشتر بود. این در حالی بود که میزان آب مصرفی در سه روش فوق به‌ترتیب برابر ۳۸۹۸۱، ۲۸۵۳۱ و ۲۰۶۹۱ متر مکعب در هکتار بود (Giulani *et al.*, 2016). نتایج بررسی سه روش کاشت ردیفی، کپه‌ای و دست‌پاش برنج نشان داد، کشت مستقیم بذر بصورت کپه‌ای در بستر مطلوب با

مصـرف ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار بهترین بود (Rezvani *et al.*, 2015). در مطالعه‌ای که خواص کیفی و کمی دانه دو رقم برنج در مازندران مورد ارزیابی قرار گرفت؛ گزارش گردید که بیشترین عملکرد به میزان ۴۲۱۰ و ۶۸۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در رقم طارم و شـیرودی در تیمار آبیاری غرقاب دائم به‌دست آمد (Usefian *et al.*, 2014). در پژوهشی که به‌منظور بررسـی تأثیر چهار رژیم آبیاری (غرقاب دائم و آبیاری قطره‌ای نواری براساس ۱/۵ ، ۲/۲۵ و۳ برابر تبخیر از تشت تبخیر) و سه سـطح ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد برنج در کشـت مسـتقیم طی دو سـال در پنجاب هند، انجام گردید. نتایج نشان داد حداکثر عملکرد در آبیاری قطره‌ای نواری (۸/۳-۷ تن درهکتار) در مقایسـه با غرقاب دائم (۶/۶-۷/۶ تن درهکتار) با ۴۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب بدست آمد. هم‌چنین حداکثر بهره‌وری آب در تیمار ۱/۵ برابر تبخیر (۰/۸۱-۰/۸۸) در مقایسـه با غرقاب دائم (۰/۴۲-۰/۵۲) کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد (Sharda *et al.*, 2017).

تأثیر اسـتفاده از روش آبیاری قطره‌ای نواری بر کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن در کشت برنج در گزارش‌های سایر محققان نیز بررسی و تأیید شده‌است (Parthasarathi *et al.*, 2019، Akbar *et al.*, 2023). در پژوهشی در قزاقستان گزارش شده که بیشترین عملکرد برنج با آبیاری قطره‌ای نواری با اجرای دو ردیف نوار با فاصله ۷۰ سانتی‌متری با فاصله روزنه‌ها ۳۰ سانتی‌متری حاصل شد (Ospanbayev *et al.*, 2017). تفاوت عملکرد دانه و مصـرف آب در ارقام مختلف برنج در روش‌های مختلف کشـت و آبیاری توسـط محققین دیگر نیز گزارش شده‌است (Sedaghat *et al.*, 2014). با توجه به این‌که کمبود آب بزرگترین چـالش پیش روی تولیـد محصـولات کشاورزی کشور، بویژه در استان اصفهان به شمار می‌رود و در حال حاضر بالغ بر ۵۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی استان زیر کشت برنج می‌رود، این تحقیق به منظور بررسی تأثیر مدیریت آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب در روش‌های مختلف کشـت برنج در منطقه لنجان اصفهان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سـال ۱۳۹۸ در روسـتای بهجت آباد شهرستان لنجان استان اصفهان واقع در ۵۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۸ دقیقه، ارتفاع ۱۷۰۰ متری از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۱۵۵ میلی‌متر اجرا شد. آزمایش به‌صـورت کرت‌های یک‌بار خردشـده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی سه روش کاشت و فاکتور فرعی دو رقم برنج سازندگی و لاین امیدبخش شماره ۲ بود. روش‌های کاشت شامل: ۱- روش کاشت متداول در منطقه اصـفهان به عنوان شـاهد (C_1)، ۲- خشـکه‌کاری با آبیاری قطره‌ای نواری (C_2) و ۳- روش نشـاءکاری با آبیاری تلفیقی (C_3). در روش کاشت متداول (C_1) در تمام دوره رشد و در تیمار نشـاءکاری با آبیاری تلفیقی (C_3) از زمان گلخرابی تا برگشت کامل نشاءها (تقریباً یک ماه بعد از نشاءکاری) مزرعه با نصـب خط‌کش در نقاط مختلف هر کرت به نحوی آبیاری شـد که همواره ارتفاع آب در پای بوته بین ۵-۲ سـانتی‌متر حفظ شود (آبیاری غرقابی). در تیمار (C_3) پس از بازگشت و استقرار کامل نشاءها زمین از حالت غرقاب خارج و تا پایان دوره کاشت به روش قطره‌ای نواری آبیاری شـد. در تیمار (C_2)، آبیاری در تمام دوره رشد به روش قطره‌ای نواری بود. برای آبیاری قطره‌ای نواری از نوارهای پلی‌اتیلن با فاصله نوار ۵۰ سانتی‌متر، فاصله روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متر با دبی روزنه ۲ لیتر در ساعت استفاده شـد. هم‌چنین میزان آب ورودی نیز در همه تیمارها از شـروع عملیات گلخرابی تا پایان دوره رشـد با نصـب کنتور اندازه‌گیری گردید. زمان آبیاری قطره‌ای نواری در هر دو تیمار (C_2) و (C_3) بر اساس تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A محاسبه شد. هم‌چنین دور آبیاری نیز براساس ۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر در نظر گرفته شد. بدین منظور یک دستگاه تشت تبخیر کلاس A در محل اجرای آزمایش نصـب و مقدار تبخیر روزانه محاسـبه و با در نظر گرفتن ضـرایب مربوطه حجم آب آبیاری محاسبه و اعمال شد. به‌طوری‌که ضریب تشت تبخیر براساس نشریه شماره ۵۶ فائو (Allen *et al.*, 1998) برابر ۰/۷ و ضـریب گیاهی برای هر ۱۰ روز از دوره رشـد، معادل ضـرایب محاسبه شده برای برنج در شهرستان لنجان در نظر گرفته شد (Farshi, 1998). این مقادیر در طول دوره رشـد از ۱/۲ برای ابتدای دوره رشد شروع و سپس تا ۱/۱ کاهش و مجدداً از دهه سوم خرداد تا دهه سوم مرداد به ۱/۲ افزایش و نهایتاً در پایان دوره به ۰/۹۸ کاهش یافت. در ضمن راندمان آبیاری ۹۰ درصد

در نظر گرفته شد.

در تیمار شاهد؛ برنج‌کاری به روش رایج در منطقه شامل اجرای شخم با گاوآهن، آبیاری و انجام عملیات گلخرابی با کولتیواتور، نشاءکاری توسط کارگر، غرقاب‌کردن دائم مزرعه در طول دوره رشد و مصرف علف‌کش بوتاکلر به میزان ۳ لیتر در هکتار قبل از کاشت انجام شد. خزانه‌گیری در تیمارهای (C_1) و (C_3) در داخل سینی نشاء هم‌زمان با تاریخ کاشت تیمار (C_2) با مصرف ۱۲۰ گرم بذر در هر سینی انجام و نشاءها پس از ۳۰ روز با استفاده از دستگاه نشاءکار چهار ردیفه رونده دایدونگ ساخت کره جنوبی با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر و فاصله نشاءها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر با تعداد متوسط ۵ نشاء در کپه و تراکم متوسط ۲۲/۲ کپه در متر مربع انتقال یافت.

در تیمار (C_2) ابتدا عملیات تهیه بستر شامل شخم و تسطیح خاک، مصرف کودهای پایه، مرزکشی و آماده‌سازی بستر انجام گردید. سپس مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بذر خشک با استفاده از خطی کار غلات (خطی کار همدانی مدل ۲۵۱۷، با فاصله ردیف‌های کشت ۱۲/۵ و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۵-۳ سانتی‌متر) کاشته شد؛ به‌طوری‌که با توجه به وزن هزار دانه برنج ارقام مورد کشت (۲۵-۲۲ گرم) معادل ۱۰ گرم بذر و ۴۵۰-۴۰۰ عدد بذر در مترمربع بود.

ابعاد کرت‌های اصلی ۵/۵×۲۰ و کرت‌های فرعی ۲/۵×۲۰ متر بود. به‌منظور جلوگیری از نشت آب و تداخل تیمارهای آبیاری، فاصله بین تکرارها، کرت‌های اصلی و کرت‌های فرعی به‌ترتیب ۲، ۱ و ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. مقادیر مصرف کودهای پرمصرف بر اساس آزمون اولیه خاک (جدول ۱) و توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تعیین و از کودهای سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره به‌ترتیب برای تأمین عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز استفاده گردید. تمامی کود فسفر و پتاسیم و یک‌سوم از کود نیتروژن در زمان تهیه بستر و دو سوم اوره باقی‌مانده در مراحل پنجه‌زنی و گل‌دهی بطور مساوی تقسیط و مصرف شد. عملیات برداشت با استفاده از کمباین مخصوص برنج از تمام مساحت هر کرت انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل عملکرد و اجزای عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه و میزان آب مصرفی در هکتار و بهره‌وری فیزیکی آب (نسبت عملکرد دانه به میزان مصرف آب) بود. در تیمارهای آبیاری قطره‌ای نواری ۱۰ روز و در تیمار شاهد ۱۵ روز قبل از برداشت آبیاری کاملا قطع شد. میزان بارندگی در طول اجرای آزمایش پایش گردید که صفر بود. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد.

جدول ۱- نتایج آزمون خاک مزرعه قبل از شروع پژوهش

Table 1- The field soil test before starting the research

رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	مجموع کاتیون‌ها S. Cations	سدیم Na^+	منیزیم Mg	کلسیم Ca	مجموع آنیون‌ها S. Anion	سولفات SO_4^{2-}	کلرید Cl^-	بیکربنات HCO^{3-}
	(%)					(meq.l^{-1})				
12	45	43	18.37	4.17		14.2	18.5	9.9	4.4	4.2

نتایج و بحث

برهمکنش روش‌های کاشت بر صفات زراعی ارقام برنج

نتایج نشان داد اثر متقابل روش‌های کاشت × ارقام برنج بر تعداد پنجه در مترمربع، طول خوشه و ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد پنجه در واحد سطح (۶۵ عدد در مترمربع)، طول خوشه (۲۲/۲ سانتی‌متر) و ارتفاع گیاه (۱۰۹/۷ سانتی‌متر) در تیمار (C_1) و رقم سازندگی حاصل گردید. ارتفاع گیاه در این روش کاشت ۱۷ درصد بیشتر از روش خشکه‌کاری و ۱۲ درصد بیشتر از تیمار (C_3) بود. کمترین تعداد پنجه (۴۱/۳ در مترمربع در رقم سازندگی و ۴۶ در مترمربع در لاین ۲) و کمترین ارتفاع گیاه (۸۰/۵ سانتی‌متر در لاین ۲) در تیمار (C_2) حاصل شد. این روش کشت، ۴۶ درصد نسبت به تیمار (C_1) و ۲۲ درصد نسبت به تیمار (C_3) پنجه کمتری تولید نمود. در تیمار (C_3) کمترین طول خوشه (۱۷/۵ سانتی‌متر در لاین ۲) بدست آمد. در این روش حدود ۱۱ درصد طول خوشه از تیمارهای (C_1) و (C_2) کمتر بود (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی از خصوصیات دو ژنوتیپ برنج در روش‌های مختلف کاشت

Table 2- Analysis of variance for some traits of two rice genotypes under different planting methods

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	بهره‌وری فیزیکی آب Physical water productivity	آب مصرفی Water consumption	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه Thusand grain weight	تعداد دانه در خوشه Number of grains per panicle	تعداد خوشه در مترمربع Number of panicles per plant	ارتفاع گیاه Plant height	طول خوشه Length of panicle	تعداد پنجه درمترمربع Number of tillers per squar meter
تکرار Replications	2	0.0013	224.27	156921.46	11.11	61.62	321.05	24.99	0.14	48.17
روش کاشت Planting method	2	0.0220*	113159.34**	2518802.19*	46.68*	124.57$^{n.s}$	8600.54*	515.57**	5.29$^{n.s}$	620.67*
خطا Error	4	0.0019	12770.93	254595.79	2.72	261.61	886.05	27.78	13.24	39.58
ژنوتیپ Genotype	1	0.0048$^{n.s}$	1800.00*	1662206.85*	3.52**	980.28**	4723.92**	279.19**	8.84**	2.00$^{n.s}$
روش کاشت × ژنوتیپ G × P	2	0.0006$^{n.s}$	5041.67$^{n.s}$	158803.14$^{n.s}$	4.94*	649.84**	21358.32**	91.86**	2.66*	18.67*
خطا Error	6	0.0008	1777.78	207443.78	0.09	21.37	13.17	3.36	1.96	3.44
ضریب تغییرات CV(%)	--	11.62	7.89	11.37	1.28	5.92	1.12	7.93	2.83	3.46

^{ns}، *، ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

G و P = به ترتیب ژنوتیپ و روش کاشت

ns, *, ** are non-significantly different and significantly different at 5 and 1 percent, respectively.

G and P= genotype and planting method respectively

دریافت انرژی نورانی در جامعه گیاهی تابع عوامل محیطی و به‌زراعی است. در تیمار (C_1) فاصله بیشتر کپه‌های نشاء، جذب بیشتر نور در کانوپی سبب رشد سریع‌تر برگ و افزایش تعداد پنجه در کپه و تعداد پنجه در واحد سطح شد. در روش خشکه‌کاری (C_2) (کشت مستقیم)، فاصله کم بین بذور در ابتدای فصل کاشت، سبب کاهش تعداد پنجه در واحد سطح و کاهش ارتفاع گردید. توزیع یکنواخت آب در تیمار (C_3) نسبت به تیمار (C_2) تعداد پنجه بیشتری در واحد سطح (حدود ۱۰ پنجه) ایجاد نمود ولی لاین ۲ نتوانست در این روش کاشت طول خوشه مناسبی تولید نماید و همین امر سبب افت عملکرد آن شد. این نتایج با نتایج سایر محققین که گزارش کردند روش کشت مستقیم، کاهش تعداد پنجه در واحد سطح را در پی داشت مطابقت دارد (Eyvani *et al.*, 2014; Rezvani *et al.*,2015).

اثرمتقابل روش‌های کاشت و ارقام برنج بر اجزای عملکرد

اثرمتقابل روش‌های کاشت و ارقام بر تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در روش کاشت متداول (C_1) تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه بیشتر از تیمارهای (C_2) و (C_3) بود. افزایش تعداد دانه در خوشه در تیمار (C_1) نسبت به تیمار (C_2)، ۳ درصد و نسبت به تیمار (C_3) ۱۱ درصد بیشتر بود. وزن هزار دانه در تیمار (C_1) نسبت به تیمار (C_2)، ۱۹ درصد و نسبت به تیمار (C_3) ۱۷ درصد بیشتر بود. درحالی‌که کمترین تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه در تیمار (C_3) مشاهده شد. با دقت در اجزای عملکرد هر دو رقم ملاحظه می‌شود که با کاهش مقدار آب مصرفی در تیمارهای (C_3) و (C_2) وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه ارقام نسبت به تیمار

(C_1) کاهش داشت (جدول ۳). عملکرد بیشتر در تیمار (C_1) را می‌توان به عدم وجود تنش خشکی و هم‌چنین بالاتر بودن تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه نسبت داد. تأثیر روش کاشت در اجزای عملکرد دانه در پژوهشی دیگر (Saeidzadeh and Garousi, 2012) نیز گزارش شده‌است.

تأثیر روش‌های کاشت بر عملکرد، میزان آب مصرفی و بهره‌وری فیزیکی آب

عملکرد دانه تحت تأثیر روش‌های کاشت و ارقام برنج قرار گرفت (در سطح ۵ درصد) ولی اثر متقابل روش کاشت × رقم معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد حداکثر عملکرد دانه (۴۷۰۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار (C_1) و حداقل آن (۳۴۳۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار (C_3) حاصل شد (جدول ۳). در پژوهشی گزارش شده‌است که عملکرد در روش نشاءکاری با آبیاری غرقابی ۳۰٪ بیشتر از روش خشکه‌کاری و ۳۸٪ بیشتر از کشت مستقیم غرقابی (رایج در استان خوزستان) بود (Guilani, 2016). در تیمار (C_1) عملکرد دانه رقم برنج سازندگی و لاین ۲ به ترتیب ۴۳۱۰/۱ و ۳۷۰۲/۳ کیلوگرم در هکتار بود که افزایش ۱۶ درصدی (حدود ۶۰۷ کیلوگرم در هکتار) را نشان می‌دهد (جدول ۴).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌های کاشت × ارقام برنج بر اجزای عملکرد، طول خوشه و ارتفاع گیاه

Table 3- Mean comparison of interaction of cultivation methods and rice genotypes on yield componnents, panicule length and plant height

روش کاشت Planting method	ژنوتیپ‌ها Genotypes	وزن هزار دانه 1000 grain weight(g)	تعداد دانه در خوشه Number of grains at panicle	تعداد خوشه در مترمربع Number of panicle/m²	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	طول خوشه panicule Length (cm)	تعداد پنجه درمترمربع Number of tillers/m²
متداول Conventional (C_1)	لاین ۲ Line 2	27.7a	78.4a	356.0b	99.0b	19.4a	63.0a
	سازندگی Sazandegi	26.5a	84.6a	244.0d	109.7a	22.2a	65.0a
خشکه‌کاری Dry seeded (C_2)	لاین ۲ Line 2	21.6b	87.1a	315.5c	80.5d	20.6a	46.0bc
	سازندگی Sazandegi	22.6b	72.1ab	420.3a	91.9c	20.7a	41.3c
نشاءکاری Transplanting (C_3)	لاین ۲ Line 2	23.7b	90.6a	350.0bc	91.3c	17.5b	53.0b
	سازندگی Sazandegi	21.2b	55.1b	260.0d	92.8bc	19.4a	53.7b

در هر ستون حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون Lsmeans می‌باشد.

At least one common letter in each column indicated no statistical difference at the 5% level of probability based on the Lsmeans test.

علت افزایش عملکرد دانه رقم سازندگی در تیمار (C_1)، ارجحیت صفات زراعی (تعداد پنجه در واحد سطح، طول خوشه و ارتفاع گیاه) و تعداد دانه در خوشه بود. علت افزایش عملکرد رقم سازندگی در تیمار (C_2) ارتفاع مناسب‌تر بوته و تعداد خوشه در مترمربع بیشتر، است. طول خوشه بیشتر رقم سازندگی در تیمار (C_3) می‌تواند دلیل تولید دانه بیشتر در این روش کاشت نسبت به لاین ۲ باشد.

تأثیر روش‌های کاشت بر میزان آب مصرفی و بهره‌وری آب به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). رقم سازندگی با مصرف ۲۰۰ مترمکعب آب بیشتر نسبت به لاین ۲ حدود ۶۰۰ کیلوگرم تولید دانه بیشتری داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد حداکثر آب مصرفی (۲۱۰۰۸/۳ مترمکعب در هکتار) در تیمار (C_1) و حداقل آن (۱۲۳۵۰/۳ مترمکعب در هکتار) در تیمار (C_2) اتفاق افتاد. این در حالی بود که روند دقیقاً معکوسی در بهره‌وری آب مشاهده شد؛ به عبارت دیگر حداکثر بهره‌وری آب (۰/۳۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار (C_2) و حداقل آن (۰/۱۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب) در تیمار (C_1) مشاهده شد. کاهش مصرف آب در تیمار (C_2) عمدتاً

به دلیل کاهش نفوذ عمقی و جانبی آب در خاک و کاهش میزان تبخیر بوده‌است که در نتایج سایر محققان (Parthasarathi *et al.*, 2019; Akbar *et al.*, 2023) نیز به آن اشاره شده‌است. در مطالعات سایر محققان کاهش مصرف آب در خشکه‌کاری بین ۴۰-۱۵ درصد بیان شده‌است (Ramazani and Dehghani, 2020; Rao *et al.*, 2017; Humphreys *et al.*, 2010). همچنین گزارش شده‌است که روش آبیاری قطره‌ای نواری، مصرف آب آبیاری برنج را ۶۴ درصد نسبت به روش آبیاری غرقابی کاهش و بیش از دو برابر شاخص بهره‌وری آب را نسبت به آبیاری غرقابی افزایش داد (Bagheri and Dehghanian., 2008). در همین راستا در مطالعه‌ای که به منظور بررسی تنش خشکی ارقام هوازی در کشت مستقیم به روش خشکه‌کاری (آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق) و مقایسه آن با روش نشاءکاری در مازندران انجام شد؛ نتایج نشان داد عملکرد بطور محسوسی در روش خشکه‌کاری کم‌تر بود ولی میزان آب مصرفی از ۷۴۰۰ مترمکعب به ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار (۶۰٪) کاهش یافت ولی کارایی آن از ۰/۲ به ۰/۷ افزایش یافت (Asadi *et al.*, 2011). این در حالی است که در تحقیقی میزان بهره‌وری آب برای برنج در منطقه گیلان را ۰/۹۲-۰/۲۹ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد کرده‌اند (Amiri *et al.*, 2014). هم‌چنین در آزمایشی به روش خشکه‌کاری در مازندران گزارش کردند در شرایطی که آبیاری غرقابی فقط تا ۳۰ روز پس از کاشت اعمال شد و سپس زمین از حالت غرقاب خارج و آبیاری به شکل متناوب اجرا شد، ۲۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شد و تنها ۸ درصد افت عملکرد نسبت به شاهد حاصل شد (Arabzadeh *et al.*, 2013).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف در روش‌های مختلف کاشت و ارقام برنج

Table 4- Mean comparison of different traits in different cultivation methods and rice genotypes

تیمار Treatments	**عملکرد دانه** Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	**آب مصرفی** Water consumption ($m^3.ha^{-1}$)	**بهره‌وری فیزیکی آب** Physical water productivity ($kg.m^{-3}$)
روش کاشت planting method			
متداول Conventional(C_1)	4709.7a	21008.3a	0.224b
خشکه‌کاری Dry seeded (C_2)	3875.0b	12350.0c	0.314a
نشاءکاری Transplanting	3434.0b	17274.7b	0.199b
LSD (5%)	808.8	572.8	0.071
ژنوتیپ‌ها Genotypes			
سازندگی Sazandegi	4310.1a	16977.7a	0.262a
لاین ۲ Line 2	3702.3b	16777.7b	0.229b
LSD (5%)	525.3	153.8	0.033

در هر ستون و تیمار حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون Lsmeans می‌باشد.

At least one common letter in each column and treatment indicated no statistical difference at the 5% level of probability based on the Lsmeans test.

نتیجه‌گیری کلی

از آنجا که ایران کشوری خشک بوده و نزولات آسمانی آن حدود یک‌سوم متوسط نزولات آسمانی در دنیاست؛ چالش کمبود آب مهم‌ترین چالش تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. از این‌رو لازم است در تولید محصولات کشاورزی به میزان آب مصرفی و رلندمان مصرف آب توجه کافی مبذول

داشت؛ به عبارت دیگر میزان آب مصرفی برای تولید هر واحد محصول بسیار اهمیت دارد. از طرفی برنج یک محصول پرآب‌بر بوده و در عین حال یک محصول استراتژیک برای کشور محسوب می‌شود. از آنجاکه هم‌اکنون حدود یک‌سوم برنج کشور از خارج تأمین می‌گردد و ایران جزء ۵ کشور اول وارد کننده برنج دنیاست؛ بنابراین ضرورت دارد در راستای تأمین امنیت غذایی، تا حد امکان این محصول در داخل کشور تولید شود. نظر به این‌که در کشت مرسوم و متداول برنج مصرف آب زیاد است، امروزه در دنیا روش‌های کشت جدید ازجمله خشکه‌کاری و معرفی ارقام با دوره رشد کوتاه و سازگار به شرایط کشت غیر غرقابی رو به گسترش است. در این مطالعه اگرچه عملکرد دانه در تیمار (C_1) بیش‌تر از سایر تیمارها بود ولی بهره‌وری آب در این تیمار حداقل است. از طرفی حداکثر بهره‌وری در تیمار (C_2) مشاهده شد درحالی‌که در این روش میزان عملکرد با کاهش همراه بود؛ به عبارت دیگر در روش خشکه‌کاری عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد حدود ۱۸ درصد کاهش یافته در حالی بیش از ۴۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شده‌است و راندمان مصرف آب ۳۱ درصد بوده‌است. این مطالعه نشان می‌دهد با مصرف آب کمتر می‌توان به تولید محصول اقتصادی دست یافت. این در حالی است که هنوز در کشور ارقام سازگار به شرایط خشکه‌کاری معرفی نشده و در واقع کشت برنج به روش خشکه‌کاری با همان ارقام سازگارشده برای شرایط غرقاب انجام می‌شود. البته در این زمینه نیاز به مطالعات بیشتری در شرایط اقلیمی استان است. به‌نحوی‌که با مدیریت آبیاری، مصرف آب بشکل هدف‌مند و متناسب با نیاز گیاه در مراحل مختلف رشد ضمن این‌که گیاه دچار تنش خشکی نشود (و یا میزان تنش به حداقل برسد) بتوان به عملکرد قابل قبول و اقتصادی برنج دست پیدا کرد. ضمن این‌که با توجه به بالا بودن راندمان آبیاری در روش قطره‌ای نواری استفاده از این روش در خشکه‌کاری برنج ارجح بود و توصیه می‌شود.

References

Akbar, G., Islam, Z., Hameed, S. and Ahmad, B. 2023. Yield and water productivity of rice as influenced by responsive drip irrigation, alternate wetting and drying versus conventional flooding under silty loam soil texture. *Water Resources and Irrigation Management-WRIM*, 12: 1-3.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO, Rome*, 300(9): 12-25.

Amiri, E., Rezaei, M., Rezaei, E.E. and Bannayan, M. 2014. Evaluation of Ceres-Rice, Aquacrop and Oryza 2000 models in simulation of rice yield response to different irrigation and nitrogen management strategies. *Journal of Plant Nutrition*, 37(11): 1749-1769.

Arabzadeh, B., Nasiri, M., Mohammadiyan, M., Rostami, M., Latifi, A. and Emrani, M. 2013. Study on water productivity of transplanted rice on furrow variety of Tarom. Agricultural research, education and extension organization. Final Report. Number 1042171. 11 p. (In Persian).

Asadi, R., Nasiry, M., Sattari, M., Mohamadian, M., Tabari, M. and et al. 2012. Investigation of drought stress of aerobic rice cultivars in direct seeded cultivation by dry seeded method and comparing it with transplanting method. Agricultural research, education and extension organization. Final Report. Number 42814. 30 p. (In Persian).

Bagheri, M.M. and Dehghnian, S.E. 2008. Study of micro, sprinkler and flood irrigation methoods effects on water use efficiency in two rice variety in Fars. Agricultural research, education and extension organization. Final Report. Number 49802. 27 p. (In Persian).

Eyvani, A., Safari, M. and Hedayatipoor, A. 2014. Comparison of rice direct seeding methods (mechanical and

manual) with transplanting method. *Journal of Agricultural Machinery,* 4(1): 108-115. (In Persian).

Farshi, A.A. and Hedayatipor, A. 1998. Estimation of water requirement of major agriculturalcrops (Crops) in the country. Volume 1. Publication of Agricultural Education. 918 p. (In Persian).

Gopal, R., Jat, R.K., Kumar, V., Alam, M.M., Jat, M.L., Mazid, M.A., Saharawat, Y.S., Mcdonald, A. and Gupta, R. 2010. Direct dry seeded rice production technology and weed management in rice-based systems. *Gates Open Res,* 3(207): 207.

Guilani, A.A., Absalan, Sh. and Jalali, S. 2016. Comparison of dry-bed seeding with current planting methods of rice cultivars for water input. Agricultural research, education and extension organization. Final Report. Number 49802. 27 p. (In Persian).

Humphreys, E., Kukal, S.S., Gill, G. and Rangarajan, R. 2011. Effect of water management on dry seeded and puddled transplanted rice: Part2: Water balance and water productivity. *Field Crops Research,* 120(1): 123-132.

IRRI. 2012. Rice basics. International Rice Research Institute, Philippines. www.irri.org/index.php

Liu, H., Hussain, S., Zheng, M., Peng, S., Huang, J., Cui, K. and Nie, L. 2015. Dry direct-seeded rice as an alternative to transplanted-flooded rice in Central China. *Agronomy for Sustainable Development,* 35(1): 285-294.

Ospanbayev, Z., Kurmanbayeva, M.S., Abdukadirova, Z., Doszhanova, A.S., Nazarbekova, S.T., Inelova, Z.A., Ablaikhanova, N.T., Kenenbayev, S.B. and Musina, A.S. 2017. Water use efficiency of rice and soybean under drip irrigation with mulch in the south-east of Kazakhstan. *Applied Ecology and Environmental Research,* 15(4): 1581-1603.

Parthasarathi, T., Vanitha, K., Mohandass, S. and Vered, E. 2019. Mitigation of methane gas emission in rice by drip irrigation. F1000 Research, 8.

Pathak, H., Sankhyan, S., Dubey, D.S., Bhatia, A. and Jain, N. 2013. Dry direct-seeding of rice for mitigating greenhouse gas emission: field experimentation and simulation. *Paddy and Water Environment,* 11(1): 593-601.

Ramazani, A. and Dehghani, M. 2021. Application of trickle irrigation (T-tape) in dry direct-seeded rice (Case study of Lenjan region of Isfahan). *Iranian Water Research Journal,* 4(7): 310-320. (In Persian).

Rao, K.V., Gangwar, Suchi, Keshri, S., Chourasia, R., Bajpai, L. and Soni, A. 2017. Effects of drip irrigation system for enhancing rice (*Oryza sativa* L.) yield under system of rice intensification management. *Applied Ecology and Environmental Research,* 15: 487-495.

Rezvani, N.G., Esfahani, M., Rahnama, S.K., Aalami, A. and Nahvi, M. 2015. Effect of seed rate on grain yield and yield components of rice (cv. Hashemi) in direct seeding methods. *Seed and Plant Production Journal,* 31(1): 37-56. (In Persian).

Saeidzadeh, F. and Garousi, S. 2012. Comparison of the yield and yield components of direct seededrice (*Oryza Sativa L.*) along with fish culture in Astara, Iran. *Journal of Crop Ecophysiology,* 8(1): 97-110. (In Persian).

Sedaghat, N.A., Pirdashti, H.A., Asadi, R. and Mosavitghani, S.Y. 2014. Effect of different irrigation methods

on rice water productivity. *Journal of Water Research in Agriculture*, 28(1): 1-9. (In Persian).

Sharda, R., Mahajan, G., Siag, M., Singh, A. and Chauhan, B.S. 2017. Performance of drip-irrigated dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in South Asia. *Paddy and Water Environment*, 15 (1): 93-100.

Usefian, M., Arabzade, B., Soodaee, S. and Mohammadi Nesheli, Y. 2014. Evaluation of different levels of irrigation on yield and qualitative properties of two rice varieties (Tarom and Shiroodi). *Applied Field Crop Research*, 27(104): 69-75. (In Persian).

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 5, Issue 1, Spring and Summer 2023, P. 241-251

Effects of irrigation management on yield and water productivity of rice in different planting methods

Ahmad Ramazani[1*], Mehrdad Mahloji[1]

[1]Horticultural Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Isfahan, Iran

[*]Corresponding Author: ramazaani@yahoo.com

Received: 6 October 2022 Accepted: 2 February 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.363737.1278**

Abstract

Introduction: Rice (*Oryza sativa*) is one of the most important staple foods in the world. Currently, it is the staple food of more than 3.5 billion people, i.e., about 50% of the world population (IRRI, 2012). Puddled transplanting is the major system of rice planting in many parts of the world. This method is labor -intensive and requires a large amount of water. The Dry direct-seeded rice method, which does not need puddling and transplanting and in which the seeds are directly sown in tilled or no-tilled soil, is a feasible alternative to save water and labor. Water scarcity is the biggest challenge facing the production of agricultural products in Isfahan province, and currently more than 5,000 hectares of agricultural land are under rice cultivation. this research was carried out to investigate the effects of irrigation management on yield and water productivity in different planting methods of rice in the Lanjan region of Isfahan.

Materials and Methods: In order to investigate three rice planting methods, a field study was conducted using a split plot design based on a randomized complete block with three replications in the Lenjan region of Isfahan during 2019. The main plots included three rice planting methods: Conventional flooding as a control (C_1), dry seeding with drip irrigation (C_2), and transplanting with integrated irrigation (C_3). Two rice genotypes, Sazandegi and line No. 2, were considered sub -plots. During plant growth, the amount of irrigation water was calculated and applied based on the cumulative evaporation from the Class A evaporation pan. Using class A pan evaporation at the project site, the amount of daily evaporation was calculated by considering the relevant coefficients. The amount of irrigation water was calculated. Statistical analyses and graphs were performed using SAS and Excel software, and comparisons of means were performed using the LSD test.

Results and Discussion: The results showed that there were significant differences (5%) between genotype and planting methods in terms of grain yield and water consumption. However, the interaction between planting methods and genotypes was not significant (5%). The conventional flooding method (C_1) by using 21008.3 $m^3.ha^{-1}$ water, which was 70% more than dry seeded with drip irrigation (C_2) and 21% more than transplanting with integrated irrigation (C_3), had the highest grain yield (4709.7 kg ha^{-1}). This amount was 21% more than treatment (C_2) and 37% more than treatment (C_3). In treatment (C_2), physical water productivity was 0.314 kg/m3, which was 29% more than in treatment (C_1) and 11% more than in treatment (C_3). Sazandegi used 200 $m^3.ha^{-1}$ water more than Line 2 and produced a higher grain yield (608 kg ha^{-1}), while the physical water productivity of both varieties was the same.

The results showed that the interaction between planting methods and genotype had a significant effect on the number of tillers per square meter, the number of panicles per square meter, and plant height. The highest number of tillers (65) per square meter, panicle length (22.2 cm), and plant height (109.7 cm) were obtained in the conventional flooding method (C_1) in Sazandegi. Also, the lowest plant height (80.5 cm in rice line No. 2) and number of tillers per square meter (41.3 and 46) were obtained in the dry seeded method with drip irrigation (C_2) in Sazandegi and line No. 2, respectively, but the minimum panicle length (17.5 cm in line 2) was obtained in the transplanting method with integrated irrigation (C_3).

The effects of the interaction of planting methods × genotype on the number of panicles per square meter, number of grains per panicle, and 1000 grain weight were significant (1%). The means

comparison showed that in the C_1 treatment, the number of grains per panicle and the grain weight were higher than in C_2 and C_3. While the lowest number of panicles per square meter, number of grains per panicle, and 1000 grain weight were observed in C_3, By reducing the amount of water consumed in the C_2 and C_3 treatments, the grain weight of the genotype increased compared to C_1. The higher grain yield in treatment C_1 can be attributed to the absence of drought stress, as well as the higher number of full grains per panicle and 1000 grain weight.

Conclusion: According to the results, the conventional flooding method is recommended with no water limitation. Despite the higher performance of the conventional flooding method, due to the water scarcity in Isfahan province, the dry -seeded method with drip irrigation and the Sazandegi cultivar is recommended and can be replaced in the future.

Keywords: Conventional flooding, Drip irrigation, Dry seeded