نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۹، مهر - آبان ۱۴۰۴، ص. ۶۵۵-۶۴۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 19, Oct.-Nov. 2025, p. 643-655

مقاله علمی-پژوهشی

اثر روش‌های مختلف آبیاری و کاشت بر خصوصیات فیزیکی و کیفی دانه برنج رقم فجر

محمدرضا یوری[۱*]، ابوطالب هزارجریبی[۲]، علیرضا کیانی[۳]، خلیل قربانی[۴]، مهدی ذاکری‌نیا[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

چکیده

کیفیت دانه برنج یکی از فاکتورهای کلیدی در گزینش این محصول توسط مصرف‌کنندگان است. در بسیاری از موارد، عدم استقبال از برخی گونه‌ها و گرایش مصرف‌کنندگان به گونه‌های خاص، حاکی از توجه بیشتر به کیفیت نسبت به کمیت تولید است. برای دستیابی به این هدف، لازم است ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت برنج به‌خوبی شناخته شوند. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر روش‌های مختلف کاشت برنج و سامانه‌های آبیاری بر خصوصیات فیزیکی و کیفی برنج در مزارع شالیزاری انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان گرگان انجام شد. تیمار اصلی روش آبیاری در چهار سطح سیستم آبیاری بارانی، غرقابی دائم، غرقابی تناوبی و قطره‌ای نواری و عامل فرعی کاشت در سه سطح کاشت مستقیم بذر برنج، کاشت نشایی غیرگل‌خراب و کاشت نشایی گل‌خراب اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر تعداد دانه پر و پوک خوشه برنج، درصد سبوس، درصد آمیلوز، پروتئین و نشاسته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که روش آبیاری غرقابی دائم با درصد نشاسته ۷۶/۵، درصد آمیلوز ۲۳/۲ و درصد سبوس ۹/۷ بهترین عملکرد را ارائه داد. همچنین، کاشت نشایی گل‌خراب با درصد آمیلوز ۲۴/۱ و درصد سبوس ۹/۸، کیفیت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها داشت. ترکیب آبیاری غرقابی دائم و کاشت نشایی گل‌خراب به‌طور قابل توجهی کیفیت دانه برنج را بهبود می‌بخشد و گزینه‌ای ایده‌آل برای تولید برنج با ارزش بازارپسند است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، دانه پر، سبوس، آمیلوز، کاشت مستقیم

مقدمه

برنج یکی از اساسی‌ترین و کهن‌ترین محصولات زراعی در جهان به شمار می‌رود و پس از گندم، از لحاظ اهمیت دومین غله محسوب می‌شود که در گستره وسیعی از مناطق دنیا کاشت می‌گردد (صداقت و همکاران، ۱۴۰۱؛ Ghosh et al., 2015). با رشد فزاینده جمعیت جهانی، نیاز به افزایش تولید برنج بیش از پیش اهمیت یافته است. بر اساس پیش‌بینی‌ها، تقاضا برای تولید برنج در مناطق خشک و نیمه‌خشک به طور قابل توجهی افزایش خواهد یافت. بنابراین، استفاده از روش‌های پیشرفته آبیاری به همراه ژنوتیپ‌های اصلاح‌شده و مقاوم به خشکی که قادر به کاهش مصرف آب بدون افت در عملکرد کمی و کیفی محصول هستند، ضروری به نظر می‌رسد (Panda et al., 2020).

گیاهان در شرایط طبیعی و کاشت‌شده همواره با تنش‌های محیطی مواجه هستند. از میان این تنش‌ها، کمبود آب به عنوان اصلی‌ترین عامل محدودکننده عملکرد محصولات زراعی، به‌ویژه در ایران و بسیاری از نقاط جهان شناخته می‌شود (Akbari et al., 2016). از آنجایی که آبیاری غرقابی دائم معمولاً به مصرف بیش از حد نیاز آب منجر می‌شود، یکی از راهکارهای موثر برای کاهش این مصرف، استفاده از روش‌های آبیاری متناوب است (Asadi et al., 2004). آبیاری تناوبی بین دوره‌های خشکی و رطوبت می‌تواند منجر به صرفه‌جویی ۲۰ تا ۵۰ درصدی در مصرف آب شود (Avil Kumar & Rajitha, 2019). این روش آبیاری نه تنها مصرف آب را تا ۵۷ درصد کاهش می‌دهد، بلکه تعداد دانه‌های پر را تا ۱۱ درصد و تعداد

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- استاد بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران
۴- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۵- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
(*نویسنده مسئول: Email: mohammadreza.youri@gmail.ir)

پنجه‌های مؤثر در هر کپه را تا ۱۴ درصد افزایش می‌دهد (Katharine et al., 2015). در اراضی شمال کشور، نوع و شیوه آبیاری برنج تأثیر چشمگیری بر مصرف بهینه و بهره‌وری آب دارد و می‌تواند در مدیریت منابع آبی نقش مهمی ایفا کند (Sedaghat et al., 2016). نتایج پژوهش دیگری نشان داده است که تیمار اشباع دائم خاک طی مراحل رشد برنج، بیشترین بهره‌وری آب را در مقایسه با دیگر روش‌ها داشته است و غرقابی دائم در تمام دوره رشد برنج ضرورتی ندارد (Stayashi et al., 2014). مطالعات انجام‌شده توسط نشان داده است که برنج می‌تواند در شرایط غیرغرقاب با حفظ رطوبت خاک در حد بالای ۸۰ درصد اشباع، رشد مطلوبی داشته باشد. در این شرایط، عملکرد محصول کاهش نمی‌یابد و کیفیت ظاهری دانه و ساقه نیز حفظ می‌شود. از این رو، تغییر سیستم آبیاری از روش غرقابی به آبیاری متناوب می‌تواند منجر به صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف آب شود، بدون این که اثرات منفی چشمگیری بر عملکرد کمی و کیفی برنج داشته باشد (Yosefian et al., 2018).

ویژگی‌های کیفی برنج علاوه بر اهمیت تغذیه‌ای، به دلیل تأثیر مستقیم بر قیمت‌گذاری، جذابیت بازار و پذیرش مصرف‌کنندگان، نقش مؤثری در درآمدزایی نهایی دارند (Kheyri et al., 2018). خصوصیات کیفی دانه برنج در زمینه‌های پخت و ارزش تغذیه‌ای آن به شدت تحت تأثیر متغیرهای گوناگون است. درصد آمیلوز و مقدار و نوع پروتئین از عوامل اصلی هستند که بر کیفیت پخت و تغذیه‌ای برنج تأثیرگذارند. درصد آمیلوز به عنوان یکی از عوامل شیمیایی اصلی، نقشی کلیدی در تعیین کیفیت ارقام مختلف برنج ایفا می‌کند (Jin et al., 2005). میزان آمیلوز تأثیر بسزایی بر کیفیت پخت و مصرف برنج دارد. مقادیر کم آمیلوز باعث چسبندگی و لعاب‌دار شدن برنج پس از پخت شده و از انبساط حجمی آن جلوگیری می‌کند. در مقابل، مقادیر زیاد آن منجر به سفت و خشک شدن برنج پس از پخت می‌شود. بنابراین، مقدار متوسط آمیلوز به عنوان بهترین حالت برای دستیابی به کیفیت مناسب در نظر گرفته می‌شود (Hiromoto et al., 2007; Zakaria et al., 2002).

خشکی می‌تواند با کاهش بیان ژن‌های دخیل در متابولیسم نشاسته و کربوهیدرات‌ها، کاهش فعالیت انتقال‌دهنده‌های ساکاروز و افزایش بیان ژن‌های مرتبط با آلفا-آمیلاز، به کاهش وزن دانه، میزان آمیلاز و افزایش خاصیت گچی دانه منجر شود (Prathap et al., 2019). بنابراین، برای رقم‌های حساس به خشکی، شرایط آبیاری غرقابی به دلیل تأمین مناسب‌تر نیازهای فتوسنتزی و انتقال بهینه ساکاروز، مطلوب‌تر است. تنش ناشی از کمبود آب در گیاه باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش مصرف آب و ترشح هورمون‌هایی نظیر آبسیزیک اسید (ABA) می‌شود. این هورمون‌ها، با تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه، می‌توانند به بهبود کیفیت محصول کمک کنند (Yosefian et al., 2018). مطالعه رشیدی و همکاران (۱۳۸۴) در زمینه اثرات کم‌آبیاری تنظیم‌شده بر ویژگی‌های کیفی برنج نشان داد که روش‌های خشکه‌کاری و نشایی از نظر برخی ویژگی‌های کیفی تفاوت‌های معناداری داشتند. در تحقیق آنها مشخص شد که روش نشایی در مقایسه با خشکه‌کاری موجب افزایش میزان آمیلوز و غلظت ژل دانه در رقم فجر می‌شود و کم‌آبیاری‌ها تأثیر معناداری بر دمای ژلاتینه شدن دانه داشتند.

لیموچی و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی با موضوع بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات فیزیکی دانه ژنوتیپ‌های برنج هوازی در منطقه خوزستان، صفات مرتبط با کمیت و کیفیت دانه در رژیم آبیاری ۳ روزه را مناسب‌ترین واکنش ا به لحاظ کاهش میزان پوسته، سبوس و خرده برنج و افزایش صفات مطلوب مانند راندمان و درجه تبدیل و نهایتاً برنج کامل نشان دادند که نقش مدیریت آبیاری با توجه به تنوع ژنوتیپ‌های به‌کاررفته را نشان می‌دهد؛ چرا که این تیمار با در اختیار گذاشتن آب به حد مطلوبی در اختیار گیاه علاوه بر افزایش صفات مطلوب (جهت تجاری‌سازی) بیشترین عملکرد دانه را نیز دارا بود.

حبیبی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی اثرات روش‌های مختلف آبیاری بر ویژگی‌های زراعی و کیفیت دانه در ژنوتیپ‌های مختلف برنج را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که رژیم‌های گوناگون آبیاری (غرقابی، تناوبی با سطح ایستابی ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک) تنها بر صفاتی نظیر طول دانه پیش از پخت، درصد دانه‌های خردشده، محتوای آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن تأثیر آماری معناداری داشته‌اند. این مطالعه همچنین بیان کرد که با توجه به اینکه در بسیاری از صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های برنج، تفاوت قابل‌توجهی بین تیمارهای آبیاری و روش آبیاری غرقابی مشاهده نشد، می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای کاشت در مناطقی با محدودیت منابع آبی مناسب هستند. یوسفیان و همکاران (۱۳۹۳) اثر روش‌های مختلف آبیاری بر ویژگی‌های کیفی دو رقم برنج طارم و شیرودی را بررسی کردند. پنج روش آبیاری شامل غرقاب دائم، آبیاری با تأخیرهای متفاوت و اشباع دائم مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش‌های آبیاری تأثیر معناداری بر پارامترهایی مانند سختی دانه، درصد دانه‌های خرد، و ویژگی‌های کیفی دیگر داشتند. برای رقم طارم، بهترین کیفیت در روش غرقاب دائم، و برای رقم شیرودی، روش اشباع دائم مناسب‌ترین بود.

پژوهش احمد و همکاران نیز نشان داد که ویژگی‌های مورفولوژیکی و کیفی برنج، به‌ویژه در ارتباط با مقدار نیتروژن و رژیم‌های مختلف آبیاری، از نظر آماری تحت تأثیر قرار می‌گیرند؛ به طوری که درصد آمیلوز و محتوای پروتئین دانه با افزایش آب آبیاری بیشتر شد (Ahmad et al., 2009).

ضرورت انجام این پژوهش ناشی از کمبود مطالعات جامع پیرامون

تأثیر سامانه‌های مختلف آبیاری و روش‌های گوناگون کاشت بر کیفیت دانه برنج است. با توجه به نقش مهم برنج در تغذیه جهانی و اهمیت ویژگی‌های کیفی آن، به‌ویژه در بازارپسندی و ارزش غذایی، نیاز است تا اثرات مدیریت‌های زراعی مختلف به دقت بررسی شود. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی و مقایسه سامانه‌های آبیاری و روش‌های کاشت به عنوان عوامل اصلی مدیریت زراعی است که می‌توانند بر ویژگی‌های مهمی چون مقادیر نشاسته، درصد پروتئین، میزان آمیلوز، درصد سبوس برنج تأثیر بگذارند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی عراقی‌محله، واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و در فاصله یک کیلومتری شمال شهر گرگان، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۵/۵ متر از سطح دریا انجام گرفت. در این تحقیق، رقم فجر به دلیل ویژگی‌های مطلوب آن مانند زودرسی، عملکرد بالا، کیفیت مناسب، ارتفاع کوتاه، مقاومت کامل به بیماری بلاست و مقاومت نسبی به سایر آفات و بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به سازگاری وسیع این رقم در شالیزارهای استان‌های برنج‌خیز کشور، کاشت آن می‌تواند به بهبود خودکفایی در تولید برنج کمک کند.

این آزمایش با استفاده از طرح کرت‌های نواری در ابعاد ۶×۸ متر و در سه تکرار، بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. چهار روش آبیاری شامل آبیاری بارانی (I_1)، غرقابی دائم (I_2)، غرقابی تناوبی (I_3) و قطره‌ای (I_4) به عنوان تیمار اصلی در نظر گرفته شدند. همچنین سه روش کاشت شامل کاشت مستقیم بذر برنج (C_1)، کاشت نشایی در زمین غیرگل‌خراب (C_2) و کاشت نشایی در زمین گل‌خراب شده (C_3) به عنوان تیمار فرعی اعمال شدند (شکل ۱).

شکل ۱- شمای کلی طرح آزمایشی

۲۵ روز پس از کاشت بذر در خزانه، عملیات نشاکاری در زمین اصلی انجام شد. نشاها توسط کارگران و با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر و به تعداد ۴ تا ۵ نشا در هر کپه کاشت شدند. در روش کاشت مستقیم بذر، بذرها به صورت مستقیم و با استفاده از دستگاه بذرکار مدل وینتر اشتایگر و در فواصل ۲۵ سانتی‌متری بر روی خاک کاشته شدند. میزان بذر مصرفی برای روش نشایی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و برای روش کاشت مستقیم بذر ۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. ویژگی‌های فیزیکی خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است.

داده‌های هواشناسی مورد نیاز شامل داده‌های روزانه حداقل و حداکثر دما، مقدار بارندگی، تابش و سرعت باد در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ تهیه شد (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق Cm	هدایت الکتریکی dS/m	pH	ازت کل ٪	فسفر قابل دسترس (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (ppm)	کربن آلی ٪	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۸۰	۷/۷۰	۰/۱۰	۷/۸۰	۳۶۰	۱/۳۳	Si-C-L
۳۰-۶۰	۱/۱۰	۷/۷۰	۰/۰۸	۴/۹۶	۱۳۰	۰/۸۲	Si-C-L

جدول ۲- آمار هواشناسی در طول دوره رویش گیاه برنج در مزرعه

ماه	مجموع بارش (mm)		میانگین دمای حداکثر (°C)		میانگین دمای حداقل (°C)	
	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹
خرداد	۳	۲/۰۴	۳۴/۲	۳۳/۷	۱۹/۸	۱۹/۴
تیر	۲۴/۷	۱۸/۴	۳۴/۱	۳۴/۵	۲۳/۹	۲۱/۹
مرداد	۲/۳	۴/۰۹	۳۴	۳۳/۱	۲۲/۱	۲۳/۴
شهریور	۲۲/۳	۱۳/۵	۳۱/۲	۳۱/۲	۱۹/۳	۱۸/۷
مهر	۵۸/۴	۳۰/۳	۲۷/۵	۲۷/۱	۱۳/۷	۱۳/۱

اجرای سامانه‌های مختلف آبیاری و روش‌های کاشت در مزرعه

در سیستم آبیاری بارانی، به دلیل عدم غرقاب کامل خاک، شرایط هوازی در طول بخش عمده‌ای از فصل رشد حفظ شد. در این روش، آبیاری به صورت بارانی و ثابت انجام گرفت، به‌طوری که از لوله‌های ۷۵ میلی‌متری برای انتقال آب، لوله اصلی ۶۳ میلی‌متری در حاشیه کرت‌ها و لوله‌های ۴۰ میلی‌متری در اطراف هر کرت استفاده شد. برای یکنواختی پاشش، چهار آبپاش با زاویه ۹۰ درجه در گوشه‌های هر کرت قرار داده شدند. با توجه به شرایط بادی منطقه، کرت‌های تحت این سیستم آبیاری در بخش انتهایی محدوده طرح قرار گرفتند.

در سیستم آبیاری غرقابی دائم، خاک مزرعه به‌طور پیوسته در حالت اشباع از آب نگه داشته شد. در این روش سنتی، آب به‌صورت مداوم و با عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر در سطح کرت‌ها حفظ گردید تا شرایط غرقاب مداوم فراهم شود.

در سیستم آبیاری غرقابی تناوبی، چرخه‌هایی از آبیاری و عدم آبیاری به صورت متناوب اعمال شد؛ به‌طوری که در دوره‌های بدون آب، خاک از حالت بی‌هوازی به حالت هوازی تغییر یافت. در این روش، ابتدا آب به عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر سطح کرت را غرقاب نمود و پس از کاهش سطح آب به صفر، آبیاری مجدد انجام شد.

در سیستم آبیاری قطره‌ای، آب به طور دقیق در محل ریشه‌ها تأمین می‌شد که این ویژگی مانع از اشباع کامل خاک و ایجاد شرایط بی‌هوازی می‌گردد. آبیاری قطره‌ای با استفاده از لوله‌های انتقال ۷۵ میلی‌متری و لوله‌های ۶۳ میلی‌متری در ابتدای زمین، به همراه نصب لوله تیپ در کرت‌ها پیاده‌سازی شد.

روش کاشت مستقیم بذر برنج عموماً با آماده‌سازی محدودتر زمین و تراکم خاک کمتر همراه است. در این روش، بذرهای مورد نظر ابتدا از الک عبور داده شدند و سپس با توجه به توصیه مصرفی ۶۰ کیلوگرم در هکتار، ۳۰۰ گرم بذر سالم و پاک‌شده برای هر تیمار توسط ترازو اندازه‌گیری شد. عملیات کاشت با استفاده از دستگاه بذرکار مدل وینتر اشتایگر انجام گرفت. برای حفظ یکنواختی، فواصل کاشت در تمامی روش‌ها ۲۵×۲۵ سانتی‌متر تنظیم شد و در هر نقطه، ۵ بذر در سطح صاف و خشک مزرعه کاشت گردید.

در روش کاشت نشایی در زمین بدون گل‌خرابی، نشاهای برنج بدون آماده‌سازی خاک از طریق گل‌خرابی (یعنی نرم کردن خاک در حالت غرقابی) کاشت شدند. در این روش، کرت‌ها بدون انجام عملیات گل‌خرابی باقی ماندند و تنها یک آبیاری اولیه برای مرطوب کردن خاک انجام شد تا شرایط مناسب برای کاشت نشاها فراهم شود. فواصل کاشت در این روش مانند روش سنتی به ابعاد ۲۵×۲۵ سانتی‌متر تنظیم شد.

در روش کاشت نشایی در زمین گل‌خراب شده، زمین به طور کامل با گل‌خرابی آماده شد که این عملیات به ایجاد لایه‌ای فشرده و کم‌هوا در زیر سطح خاک منجر می‌شود. این روش همان روش سنتی نشاکاری است. در این فرایند، عملیات گل‌خرابی در هر کرت از پیش غرقابی شده با تراکتور و ابزار پادلر انجام گرفت؛ به این صورت که پادلر به تراکتور متصل شده و در هر کرت چندین بار چرخید تا خاک را تا عمق ۳۰ سانتی‌متر زیر و رو کند. این کار باعث تشکیل لایه‌ای نفوذناپذیر شد که مانع از نفوذ عمیق آب گردید. سپس نشاهای از قبل آماده‌شده از خزانه به کرت‌ها منتقل و با فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر کاشته شدند.

کودهای مصرفی با توجه به نتایج آزمون خاک و وضعیت عناصر غذایی موجود در خاک مزرعه و بر اساس توصیه‌های فنی، به‌صورت کودهای پایه و کودهای سرک اعمال شدند. کودهای پایه شامل اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بودند که با استفاده از کودپاش در زمین توزیع گردیدند. کودهای سرک به‌صورت دستی و با توجه به نیازهای رشد گیاه در مراحل مختلف پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و آغاز خوشه‌دهی به کرت‌ها اضافه شدند. مقادیر دقیق کودهای مصرفی برای هر تیمار در سطح هکتار در جدول ۲ نمایش داده شده است.

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و کیفی دانه برنج

برای اندازه‌گیری تعداد دانه‌های پوک و پر در برنج، ابتدا خوشه‌های برنج از گیاه جدا و دانه‌ها به‌طور کامل از خوشه‌ها جدا شدند. سپس دانه‌ها بر اساس ظاهر و وزن تفکیک شدند؛ دانه‌های پر معمولا سنگین‌تر و دارای بافت متراکم‌تری هستند، در حالی که دانه‌های پوک سبک‌تر بوده و بافت توخالی دارند. پس از جداسازی، تعداد دانه‌های پوک و پر به‌طور جداگانه شمارش شدند و نتایج به صورت تعداد کل ثبت شد.

جدول ۲- مقادیر آبیاری و میزان کود مصرفی تیمارهای مختلف آبیاری و کاشت برنج (در سطح هکتار)

نهاده‌ها	آبیاری بارانی			آبیاری غرقابی دائم			آبیاری غرقابی متناوب			آبیاری قطره‌ای		
	خشکه بذری	نشا غیرگل‌خراب	نشا گل‌خراب	خشکه بذری	نشا غیرگل‌خراب	نشا گل‌خراب	خشکه بذری	نشا غیرگل‌خراب	نشا گل‌خراب	خشکه بذری	نشا غیرگل‌خراب	نشا گل‌خراب
کود شیمیایی (kg)												
نیتروژن (N)	۲۷۰/۸	۲۶۰/۴	۲۶۰/۴	۲۷۰/۸	۲۶۰/۴	۲۶۰/۴	۲۷۰/۸	۲۶۰/۴	۲۶۰/۴	۲۷۰/۸	۲۶۰/۴	۲۶۰/۴
فسفر (P_2O_5)	۲۰۸/۳	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۲۰۸/۳	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۲۰۸/۳	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵	۲۰۸/۳	۱۵۶/۲۵	۱۵۶/۲۵
پتاسیم (K_2O)	۱۹۷/۹	۲۰۸/۳	۲۰۸/۳	۱۹۷/۹	۲۰۸/۳	۲۰۸/۳	۱۹۷/۹	۲۰۸/۳	۲۰۸/۳	۱۹۷/۹	۲۰۸/۳	۲۰۸/۳
آب آبیاری (m^3)	۷۲۲۹/۱۷	۷۴۵۸/۳	۹۸۵۴/۲	۱۲۷۸۴/۷	۱۱۹۳۷/۵	۱۲۴۷۲/۲	۱۰۹۵۸/۳	۱۰۳۰۵/۶	۱۱۵۶۲/۵	۶۳۸۸/۹	۶۷۱۵/۲۸	۹۱۷۳/۶

برای اندازه‌گیری مقدار نشاسته در برنج، ابتدا نمونه برنج آسیاب شد تا پودر یکنواختی به دست آید. سپس، مقدار مشخصی از این پودر با یک محلول اسیدی ترکیب شد تا نشاسته به اجزای ساده‌تر (مانند گلوکز) تجزیه شود. پس از این مرحله، میزان گلوکز تولید شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار گلوکز به دست آمده به نشاسته موجود در نمونه نسبت داده می‌شود و بر اساس این داده‌ها، درصد نشاسته برنج محاسبه می‌گردد (حبیبی، ۱۳۹۲).

برای اندازه‌گیری درصد پروتئین در برنج از روش کجلدال استفاده شد. ابتدا نمونه برنج در اسید سولفوریک همراه با کاتالیزورهایی مانند سولفات پتاسیم و مس هضم شد تا نیتروژن به آمونیوم سولفات تبدیل شود. سپس، محلول هضم‌شده با اضافه کردن قلیایی قوی تقطیر شد تا آمونیوم به آمونیاک تبدیل و در اسید بوریک جمع‌آوری شود. در نهایت، محلول حاوی آمونیاک با اسید هیدروکلریک تیتر شده و مقدار نیتروژن مشخص شد. با ضرب مقدار نیتروژن در ضریب ۶/۲۵، درصد پروتئین محاسبه شد (حسینی‌سیر، ۱۴۰۱).

برای تعیین میزان آمیلوز از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد. بدین منظور، مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم آرد برنج در دو تکرار وزن‌کشی و در داخل فلاسک‌های حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری قرار داده شد. ابتدا یک میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به هر فلاسک اضافه و سپس ۹ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم نرمال به آن افزوده شد. نمونه‌ها به منظور حل شدن و هضم اولیه، به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوشان قرار گرفتند. پس از سرد شدن نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت یک ساعت، حجم آن‌ها با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس، ۵ میلی‌لیتر از این محلول نشاسته‌ای به یک فلاسک ۱۰۰ میلی‌لیتری دیگر منتقل گردید و به آن یک میلی‌لیتر اسید استیک نرمال و ۲ میلی‌لیتر محلول ید اضافه شد. پس از تکان دادن و ترکیب کامل، حجم نمونه مجددا با آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. پس از گذشت ۲۰ دقیقه، میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۶۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. میزان آمیلوز نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد تعیین گردید (حبیبی، ۱۳۹۲).

برای اندازه‌گیری درصد سبوس در برنج، ابتدا دانه‌های برنج قهوه‌ای به کمک دستگاه‌های آسیاب جدا شدند تا لایه‌های سبوس از مغز دانه جدا گردد (مانیگات و همکاران، ۱۹۹۲). پس از این مرحله، مقدار سبوس جمع‌آوری شده وزن شد و با تقسیم وزن سبوس به دست آمده بر وزن کل دانه اولیه و ضرب آن در ۱۰۰، درصد سبوس برنج محاسبه شد (حبیبی، ۱۳۹۲).

پس از گردآوری و ثبت داده‌ها، نمودارها به کمک نرم‌افزار Microsoft Excel ترسیم شدند و تحلیل‌های آماری دقیق‌تر با نرم‌افزار SAS9.3 صورت گرفت. در این مرحله، جدول‌های تجزیه واریانس تهیه و جهت بررسی مقایسه میانگین‌ها، آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد به‌کار گرفته شد.

نتایج و بحث

درصد آمیلوز

نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر سال اجرا، نوع سیستم آبیاری و روش کاشت در سطح احتمال یک درصد بر آمیلوز برنج معنی‌دار شد؛ اثر متقابل‌های سال اجرا، سیستم آبیاری و روش کاشت نیز بر آمیلوز برنج معنی‌دار نشد؛ ولی سایر اثرات متقابل معنی‌دار نشد. درصد آمیلوز تحت تاثیر سال اجرای آزمایش قرار گرفت و در سال دوم آزمایش به میزان ۶/۱۶ درصد افزایش یافت که این اختلاف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). دمای پایین در طول رشد برنج (به‌خصوص در مرحله پرشدن دانه) منجر به افزایش درصد آمیلوز می‌شود. این موضوع به دلیل تأثیر دما بر فعالیت آنزیم‌های سنتز نشاسته است که در دماهای پایین مقدار آمیلوز بیشتری تولید می‌کنند. یاماکاوا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که به ازای افزایش دمای هوا به میزان ۱ تا ۳ درجه سانتی‌گراد در دوره زایشی، درصد آمیلوز دانه برنج یک درصد کاهش می‌یابد. همچنین، تنش‌های غیرزیستی مانند دماهای بالا موجب کاهش رشد و نمو غلات، به‌ویژه برنج شده و اثرات منفی بر عملکرد و کیفیت آن دارد (Rezazadeh et al., 2016). مطالعات نشان دادند که دماهای پایین در دوره پر شدن دانه، ناشی از ارتفاع بالاتر محل کاشت، به افزایش میزان آمیلوز در دانه برنج منجر می‌شود (Li and Yuan, 2012;

Ahmed et al., 2008). هو و همکاران (۲۰۱۲) تأیید کردند که بین کیفیت دانه برنج و دمای بالا رابطه معکوس وجود دارد. همچنین، کاهش فعالیت آنزیم‌های سنتز نشاسته در دماهای پایین طی مراحل اولیه پر شدن دانه به اثبات رسیده است، که این کاهش بر ذخیره آمیلوز در آندوسپرم تأثیرگذار است (Ahmed et al., 2008).

در بین سطوح مختلف روش کاشت، بیشترین مقدار آمیلوز مربوط به روش کاشت نشایی در زمین گل‌خراب‌شده و برابر ۲۴/۱ درصد به دست آمد. مقدار آمیلوز روش‌های مختلف کاشت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند (جدول ۴). مقدار آمیلوز کاشت نشایی در زمین غیرگل‌خراب و کاشت مستقیم بذر برنج نسبت به کاشت نشایی در زمین گل‌خراب‌شده به‌ترتیب ۲/۴۹ و ۶/۲۲ درصد کاهش یافت. کاشت نشایی گل‌خراب به دلیل غرقابی دائم در مراحل اولیه رشد، منجر به شرایط بهینه برای سنتز نشاسته و تولید آمیلوز می‌شود. در کاشت نشایی غیرگل‌خراب، به دلیل شرایط هوازی نسبتاً بیشتر ممکن است سنتز آمیلوز را کاهش دهد. در روش کاشت مستقیم بذر به دلیل تنش‌های بیشتر در مراحل اولیه (جوانه‌زنی و استقرار گیاه)، معمولاً درصد آمیلوز کمتری تولید می‌کند.

میزان آمیلوز در سامانه‌های مختلف آبیاری نیز در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد. بیشترین مقدار آمیلوز در میان سامانه‌های مختلف آبیاری، مربوط به تیمار آبیاری قطره‌ای و برابر ۲۴/۴ درصد بود و کمترین مقدار مربوط به سیستم آبیاری غرقابی تناوبی بود که برابر ۲۲ درصد به دست آمد. درصد آمیلوز سامانه‌های آبیاری غرقابی دائم و تناوبی نسبت به آبیاری قطره‌ای به ترتیب ۴/۹۱ و ۹/۸۳ درصد کاهش یافت و این اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). صداقت و همکاران (۱۴۰۱) اثر روش‌های مختلف آبیاری شامل غرقابی، تناوبی خشکی و رطوبت، و اشباع را بر ویژگی‌های کیفی برنج بررسی کردند و بر اساس یافته‌ها، کمترین میزان آمیلوز در روش آبیاری غرقابی با میانگین ۲۰/۰۷ درصد و بیشترین مقدار آن در آبیاری اشباع با میانگین ۲۱/۶۷ درصد مشاهده شد. پراتاپ و همکاران (۲۰۱۹) اعلام کردند که تنش خشکی منجر به کاهش وزن دانه و کاهش میزان آمیلوز شده و در عین حال، ویژگی گچی شدن دانه را افزایش می‌دهد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کیفی برنج طی دو سال کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	آمیلوز	پروتئین	نشاسته
سال	۱	۱۸۹**	۱۷/۳۲^{ns}	۵۱/۴۱^{ns}
آبیاری	۳	۳۲۶**	۱۰/۲۶**	۶۷۲/۲**
آبیاری*سال	۳	۱۸/۴۷^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۲۱/۶۳^{ns}
روش کاشت	۲	۵۷۸**	۳۲۰**	۶۰۲۹**
روش کاشت*آبیاری	۶	۹/۷۳^{ns}	۶/۷۸^{ns}	۷۰/۶۵^{ns}
روش کاشت*سال	۲	۸/۳۵^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۴۵/۲۷^{ns}
روش کاشت*آبیاری*سال	۶	۱۰/۰۹^{ns}	۱/۱۹^{ns}	۱۶/۳۳^{ns}

ns، * و** به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات کیفی برنج طی دو سال کاشت

صفات		آمیلوز	پروتئین	نشاسته
سال	۱۳۹۸	۲۲/۷^{a}	۸/۰^{a}	۷۴/۳^{a}
	۱۳۹۹	۲۴/۱^{a}	۷/۸^{a}	۷۴/۷^{a}
روش کاشت	مستقیم بذر برنج	۲۲/۶^{c}	۸/۶^{a}	۷۲/۰^{c}
	نشایی غیرگل‌خراب	۲۳/۵^{b}	۸/۰^{b}	۷۴/۸^{b}
	نشایی گل‌خراب	۲۴/۱^{a}	۷/۱^{c}	۷۶/۷^{a}
آبیاری	بارانی	۲۴/۰^{a}	۸/۵^{a}	۷۲/۵^{d}
	غرقاب دائم	۲۳/۲^{b}	۷/۲^{c}	۷۶/۵^{a}
	غرقاب تناوبی	۲۲/۰^{c}	۸/۱^{b}	۷۵/۱^{b}
	قطره‌ای نواری	۲۴/۴^{a}	۷/۸^{b}	۷۳/۹^{c}

میانگین‌های با حروف یکسان که در هر ستون نمایش داده شده‌اند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

پروتئین دانه برنج

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر سال اجرا بر پروتئین دانه برنج معنی‌دار نشد ولی نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر پروتئین دانه برنج در سطح احتمال یک درصد تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل بین تمامی تیمارها بر پروتئین دانه برنج معنی‌دار نشد.

به دلیل کاهش دما در سال دوم کاشت، مقدار پروتئین نسبت به سال اول اجرا کاهش یافت ولی این اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۴). فتحی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند که با افزایش هر درجه سانتی‌گراد دمای هوا، درصد پروتئین دانه در رقم طارم هاشمی ۰/۸ درصد و در رقم شیرودی ۰/۴ درصد افزایش یافت. بسیاری از محققان گزارش کردند که دمای بالا در طول دوره پر شدن دانه باعث افزایش درصد پروتئین دانه و دمای پایین در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش درصد پروتئین دانه برنج می‌شود (Yamakawa et al., 2007; Hiromoto et al., 2007). دمای بالا با تسریع انتقال آمینواسیدها از ساقه و برگ به دانه و افزایش فعالیت آنزیم پروتئین سنتتاز، میزان پروتئین دانه را افزایش می‌دهد (Jin et al., 2005).

در بین سطوح مختلف روش کاشت، بیشترین مقدار پروتئین دانه مربوط به روش کاشت مستقیم بذر برنج و برابر ۸/۶ درصد می‌باشد. مقدار پروتئین دانه در روش‌های مختلف کاشت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند (جدول ۴). مقدار پروتئین دانه کاشت نشایی در زمین غیر گل‌خراب و کاشت نشایی در زمین گل‌خراب نسبت به کاشت مستقیم بذر برنج به‌ترتیب ۶/۹۷ و ۱۷/۴۴ درصد کاهش یافت. کاشت مستقیم بذر به دلیل تنش‌های اولیه هم‌چون کمبود رطوبت در مرحله کاشت دانه، درصد پروتئین بیشتری تولید نمود. در کاشت نشایی غیر گل‌خراب، شرایط هوازی و استقرار بهتر گیاه منجر به جذب نیتروژن مناسب و تولید پروتئین مطلوب شد و در کاشت نشایی گل‌خراب، شرایط غرقابی مداوم باعث کاهش نسبت نیتروژن به کربوهیدرات‌ها شده و درصد پروتئین کاهش یافت.

مقدار پروتئین دانه سامانه‌های مختلف آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد. در بین سامانه‌های مختلف آبیاری، بیشترین و کمترین مقدار پروتئین دانه به ترتیب در سیستم آبیاری بارانی (۸/۵ درصد) و غرقاب دائم (۷/۲ درصد) به‌دست آمد. مقدار پروتئین دانه سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به تیمار آبیاری بارانی ۸/۲۳ درصد کاهش داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد در سیستم آبیاری بارانی، تنش‌های آبی متوسط باعث افزایش سنتز پروتئین می‌شود که این موضوع با نتایج تحقیقات سعیدی‌پور (۱۳۹۴) و شیائو جینگ و همکاران (۲۰۰۷) هم‌خوانی داشته و در آبیاری قطره‌ای نواری نیز مدیریت مناسب آب منجر به مقدار پروتئین متوسط گردید و در آبیاری غرقابی تناوب، جذب بهتر پروتئین به دلیل نوسانات رطوبت وجود دارد.

نشاسته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۳، اثر سال اجرا بر میزان نشاسته معنی‌دار نشد ولی اثر نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر میزان نشاسته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ همچنین اثرات متقابل زمان کاشت، نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر میزان نشاسته معنی‌دار نشد.

مقدار نشاسته در سال دوم نسبت به سال اول اجرا کمی افزایش نشان داد و این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۴). در بین روش‌های مختلف کاشت، بیشترین مقدار نشاسته در روش کاشت نشایی گل‌خراب و برابر ۷۶/۷ درصد به‌دست آمد. همچنین مقدار نشاسته تیمارهای مختلف کاشت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشتند. مقدار نشاسته کاشت نشایی گل‌خراب نسبت به کاشت نشایی غیر گل‌خراب و کاشت مستقیم بذر برنج به‌ترتیب ۲/۵۴ و ۶/۵۲ درصد بیشتر بود (جدول ۴). کاشت نشایی گل‌خراب شرایط مناسبی برای سنتز نشاسته به دلیل تأمین مداوم آب و عناصر غذایی می‌باشد. درصد نشاسته در کاشت مستقیم بذر به دلیل تنش‌های محیطی کمتر از دو روش دیگر است.

بر اساس جدول ۴، مقدار نشاسته سامانه‌های مختلف آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند. در بین سامانه‌های مختلف آبیاری، بیشترین مقدار نشاسته مربوط به آبیاری غرقاب دائم و برابر با ۷۶/۵ درصد بود. مقدار نشاسته آبیاری غرقاب دائم نسبت به سامانه‌های غرقاب تناوبی، بارانی و قطره‌ای نواری به‌ترتیب ۱/۸۶، ۵/۵۱ و ۳/۵۱ درصد افزایش داشت (جدول ۴). در سیستم غرقابی دائم حداکثر تولید نشاسته به دلیل دسترسی مداوم به آب می‌باشد. در سیستم غرقابی تناوبی اندکی کاهش در نشاسته به دلیل نوسانات آبی مشاهده شد و در سیستم قطره‌ای نواری به دلیل توزیع محدودتر آب، مقدار نشاسته در حد متوسط بود. چن و همکاران (۲۰۲۳) نیز در پژوهشی با هدف بررسی تأثیر تنش آبی بر نشاسته برنج در مراحل مختلف رشد به این نتیجه رسیدند که در شرایط غرقابی و تنش آبی سبک بیشترین میزان نشاسته مشاهدع می‌شود.

تعداد دانه پر

نتایج تجزیه واریانس جدول ۵ نشان می‌دهد که اثر سال اجرا بر تعداد دانه پر در سطح احتمال پنج درصد و اثرات نوع سیستم آبیاری و روش کاشت در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه پر خوشه برنج

معنی‌دار شد؛ اثر متقابل سال اجرا و سیستم آبیاری بر تعداد دانه پر خوشه برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ولی سایر اثرات متقابل معنی‌دار نشد. تعداد دانه پر تحت تاثیر سال اجرای آزمایش قرار گرفت و در سال دوم آزمایش به میزان ۳/۹۷ درصد افزایش یافت. با توجه به اطلاعات هواشناسی مزرعه مورد آزمایش، در دوره گرده‌افشانی (ماه مرداد) متوسط دمای حداکثر در سال دوم کاشت به ۳۳/۱ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت که این مورد می‌تواند از عوامل مؤثر بر افزایش تعداد دانه پر در سال دوم نسبت به سال اول کاشت باشد؛ چرا که دمای بهینه گرده‌افشانی در تحقیقات انجام‌شده ۳۰ الی ۳۳ درجه اشاره شده که نزدیک به دمای سال دوم این پژوهش است. نتایج این بخش از پژوهش با یافته‌های نای و همکاران مطابقت دارد (Nie et al., 2012). شاهین‌رخسار و همکاران (۱۳۹۹) دریافتند که درصد دانه‌های خالی بین سال‌های مختلف تفاوت معناداری داشت. در سال سوم، درصد دانه‌های خالی نسبت به سال اول و دوم به میزان ۴۶ درصد افزایش یافت. علت این افزایش، کاهش دمای هوا به‌ویژه در زمان پر شدن دانه‌ها بود که باعث عقیمی دانه‌ها شد.

تعداد دانه پر روش‌های مختلف کاشت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. در بین سطوح مختلف روش کاشت، بیشترین تعداد دانه پر مربوط به روش کاشت نشایی غیر گل‌خراب و برابر ۱۴۳/۸ عدد به دست آمد (جدول ۶). تعداد دانه پر کاشت نشایی غیر گل‌خراب و کاشت نشایی گل‌خراب نسبت به کاشت مستقیم بذر برنج به‌ترتیب ۳۲/۵۳ و ۲۴/۱۴ درصد افزایش داشت. نارش و همکاران (۲۰۱۳) و زو و همکاران (۲۰۱۹) نیز به به نتایج مشابهی دست یافتند و نشان دادند که روش کاشت مستقیم بذر، پایین‌ترین عملکرد در تعداد دانه پر را داشت (Naresh et al., 2013). کریمی‌فرد و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که بیشترین تعداد دانه‌های پر در آبیاری سنتی و در کاشت نشایی ثبت شد که تفاوت آماری معناداری با کاشت مستقیم نشان داد.

اختلاف بین تعداد دانه پر سامانه‌های آبیاری غرقاب دائم و غرقاب تناوبی معنی‌دار نشد ولی این اختلاف بین سایر سامانه‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). در بین سامانه‌های مختلف آبیاری، بیشترین تعداد دانه پر در سامانه آبیاری غرقاب تناوبی و برابر ۱۳۴/۴ عدد به‌دست آمد (جدول ۶). تعداد دانه پر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و بارانی نسبت به تیمار آبیاری غرقاب تناوبی به‌ترتیب ۵/۱۳ و ۱۰/۶۴ درصد کاهش نشان داد. نتایج تحقیقات زو و همکاران نیز نشان داد که کاشت مستقیم بذر برنج منجر به کاهش ۱۲ درصدی عملکرد در مقایسه با کاشت نشایی می‌شود (Xu et al., 2019). محمدی و همکاران (۱۳۹۴) اثر آبیاری تناوبی در مراحل مختلف رشد بر اجزای عملکرد برنج را مورد بررسی قرار و نشان دادند که فواصل آبیاری بر تعداد دانه‌های پر و پوک تأثیر معناداری در سطح احتمال یک درصد داشت. بر اساس یافته‌ها، تیمار غرقاب دائم بالاترین درصد دانه‌های پر را به خود اختصاص داد، در حالی که با افزایش فاصله بین دوره‌های آبیاری، میزان دانه‌های پوک افزایش یافت. به طور خاص، تیمار آبیاری روزانه و هر ۴ روز پس از تشکیل جوانه اولیه خوشه سنبل، کمترین درصد دانه‌های پوک را داشتند، در حالی که تیمارهای آبیاری هر ۴ روز پس از پنجه‌زنی و هر ۸ روز پس از پنجه‌زنی و تشکیل جوانه اولیه، بیشترین پوکی دانه را نشان دادند. شی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که مدیریت‌هایی که دوره فنولوژی برنج را کوتاه‌تر می‌کنند، می‌توانند اجزای عملکرد این گیاه را کاهش دهند. این یافته حاکی از آن است که هرگونه تنش ناشی از روش‌های آبیاری ممکن است موجب افزایش عقیمی خوشه‌ها و تعداد دانه‌های پوک شود. بوجانگ و فوکایی (۲۰۰۲) دریافتند که کم‌آبیاری در مرحله رویشی تأثیر کمی بر رشد و عملکرد دانه داشت. اما در دوره گلدهی، تأثیر کمبود آب به شدت قابل توجه بود؛ به طوری که این تنش باعث تأخیر در گلدهی، کاهش تعداد دانه در خوشه تا ۶۰ درصد و افت قابل ملاحظه درصد پر شدن دانه شد.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات فیزیکی برنج طی دو سال کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	درصد سبوس
سال	۱	۵۸۴/۵*	۲۰۳**	۲۱/۳*
آبیاری	۳	۸۲۵/۴**	۳۵۰**	۱۵/۰۱**
آبیاری*سال	۳	۴۳/۹۳**	۲۰/۹ns	۱/۵۱ns
روش کاشت	۲	۸۰۵۸**	۶۲۶**	۳۳۸**
روش کاشت*آبیاری	۶	۸۱/۳۲ns	۱۱/۱ns	۹/۲۶ns
روش کاشت*سال	۲	۱۳۱/۸ns	۹/۹۲ns	۰/۸۷ns
روش کاشت*آبیاری*سال	۶	۸۵/۷۶ns	۱۱/۹ns	۳/۵۵ns

ns، * و** به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

n

جدول ٦- مقایسه میانگین صفات فیزیکی برنج طی دو سال کاشت

صفات		تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	درصد سبوس
سال	۱۳۹۸	۱۲۶^{b}	۲۳/۱^{b}	۸/۷^{b}
	۱۳۹۹	۱۳۱^{a}	۲۶/۴^{a}	۹/۵^{a}
روش کاشت	مستقیم بذر برنج	۱۰۸/۵^{c}	۲۹/۸^{a}	۸/۵^{c}
	نشایی غیرگل‌خراب	۱۴۳/۸^{a}	۲۴/۹^{b}	۹/۰^{b}
	نشایی گل‌خراب	۱۳۴/۷^{b}	۱۹/۶^{c}	۹/۸^{a}
آبیاری	بارانی	۱۲۰/۱^{c}	۳۰/۲^{a}	۸/۷^{c}
	غرقاب دائم	۱۳۴/۲^{a}	۲۰/۵^{c}	۹/۷^{a}
	غرقاب تناوبی	۱۳۴/۴^{a}	۲۱/۷^{c}	۹/۱^{b}
	قطره‌ای نواری	۱۲۷/۵^{b}	۲۶/۴^{b}	۸/۹^{bc}

میانگین‌های با حروف یکسان که در هر ستون نمایش داده شده‌اند، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

تعداد دانه پوک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۵، اثر سال اجرا، نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر تعداد دانه پوک خوشه برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ اثرات متقابل سال اجرا، نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر تعداد دانه پوک خوشه برنج معنی‌دار نشد. تعداد دانه پوک تحت تاثیر سال اجرای آزمایش قرار گرفت و در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد داشت و به میزان ۱۴/۳ درصد بیشتر شد. اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین تعداد دانه پوک خوشه برنج در سطوح مختلف روش کاشت وجود داشت. در میان سطوح مختلف روش کاشت، بیشترین و کمترین تعداد دانه پوک به ترتیب در کاشت مستقیم بذر برنج (۲۹/۸ عدد) و کاشت نشایی گل‌خراب (۱۹/۶ عدد) مشاهده شد. تعداد دانه پوک در کاشت نشایی گل‌خراب و غیر گل‌خراب نسبت به کاشت مستقیم بذر برنج به‌ترتیب ۳۴/۲ و ۱۶/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۵). کریمی‌فرد و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی مقایسه‌ای دریافتند که در روش آبیاری سنتی، اختلاف معناداری در تعداد دانه‌های پوک بین کاشت نشایی و کاشت مستقیم مشاهده نشد. اما در روش‌های آبیاری نواری-تیپ و بارانی، کاشت نشایی به‌طور قابل توجهی تعداد بیشتری دانه پوک نسبت به کاشت مستقیم داشت.

اختلاف بین تعداد دانه پوک سامانه‌های آبیاری غرقاب دائم و غرقاب تناوبی معنی‌دار نشد ولی اختلاف بین تعداد دانه پوک سایر سامانه‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد بیشترین و کمترین تعداد دانه پوک در میان سامانه‌های مختلف آبیاری به‌ترتیب مربوط به آبیاری بارانی (۳۰/۲ عدد) و آبیاری غرقاب دائم (۲۰/۵ عدد) بود. تعداد دانه پوک آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به تیمار آبیاری غرقاب دائم ۲۸/۷۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). نتایج ژانگ و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد با افزایش تعداد دفعات آبیاری (شرایطی که منجر به افزایش دسترسی به آب می‌شود)، می‌تواند بهترین شرایط را برای بهبود رشد و عملکرد برنج فراهم کند. نحوی و همکاران (۱۳۸۳) در پژوهشی درباره تأثیر فواصل مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب و عملکرد برنج رقم خزر، نشان دادند که تنش ناشی از کمبود آب منجر به کاهش تعداد پنجه، کاهش ارتفاع بوته و کاهش تعداد دانه‌های پر می‌شود. همچنین، رابطه مستقیمی بین افزایش فاصله آبیاری و افزایش تعداد دانه‌های پوک در خوشه مشاهده شد.

درصد سبوس

بر اساس نتایج تجزیه واریانس ارایه شده در جدول ۵، اثر سال اجرا بر درصد سبوس برنج در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر درصد سبوس برنج در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد؛ همچنین اثرات متقابل سال اجرا، نوع سیستم آبیاری و روش کاشت بر درصد سبوس برنج معنی‌دار نشد.

درصد سبوس برنج در سال دوم کاشت نسبت به سال اول به میزان ۹/۱۹ درصد افزایش داشت و این اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۶). در میان سطوح مختلف روش کاشت، بیشترین درصد سبوس در کاشت نشایی گل‌خراب مشاهده شد که برابر با ۹/۸ درصد بود. اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین مقادیر درصد سبوس در سطوح مختلف روش کاشت وجود داشت (جدول ۶). مقدار درصد سبوس در کاشت نشایی در زمین غیر گل‌خراب و کاشت مستقیم بذر برنج به‌ترتیب ۸/۱۶ و ۱۳/۲۶ درصد نسبت به روش کاشت نشایی گل‌خراب کاهش یافت. در کاشت نشایی گل‌خراب ضخامت لایه سبوس بیشتر است زیرا دانه‌ها به‌طور کامل در شرایط غرقابی رشد کرده‌اند. در کاشت مستقیم بذر، رشد سریع‌تر و تنش در مراحل اولیه رشد باعث کاهش ضخامت و درصد سبوس شد.

بیشترین مقدار درصد سبوس در میان سامانه‌های مختلف آبیاری، مربوط به تیمار آبیاری غرقاب دائم بود که مقدار آن ۹/۷ درصد به‌دست آمد. کمترین مقدار درصد سبوس نیز مربوط به سیستم آبیاری بارانی با مقدار ۸/۷ درصد بود. اختلاف مقادیر درصد سبوس در

تیمارهای آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری بارانی معنی‌دار نشد (جدول ۶). سیستم غرقابی دائم معمولاً به تولید سبوس با ضخامت مناسب منجر می‌شود و در سیستم غرقابی تناوبی، کاهش موقت آب باعث نازک‌تر شدن لایه سبوس شده، اما تأثیر آن در مقایسه با غرقابی دائم زیاد نیست؛ در پژوهش نیک‌زاد (۱۴۰۱) نیز اثر روش کشت بر روی صفات برنج بررسی شد و با این نتایج هم‌خوانی داشته است.

نتیجه‌گیری

کیفیت دانه برنج یکی از عوامل اساسی در انتخاب این محصول توسط مصرف‌کنندگان است. در پژوهش حاضر، تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و کاشت بر خصوصیات فیزیکی و کیفی برنج بررسی شد. نتایج نشان داد که انتخاب مناسب روش آبیاری و کاشت می‌تواند تأثیر چشمگیری بر ویژگی‌های کلیدی دانه برنج از جمله درصد نشاسته، آمیلوز، پروتئین، و سبوس داشته باشد. این ویژگی‌ها نه تنها بر ارزش تغذیه‌ای برنج، بلکه بر کیفیت پخت و استقبال مصرف‌کنندگان نیز مؤثر هستند. از میان روش‌های آبیاری، غرقاب دائم با ارائه بیشترین درصد نشاسته و سبوس و درصد مناسب آمیلوز، به‌عنوان بهترین روش از لحاظ کیفیت دانه شناخته شد. این روش به دلیل ایجاد شرایط بهینه برای رشد گیاه، تجمع بهتر مواد ذخیره‌ای و حفظ تعادل رطوبتی در خاک، عملکرد مطلوب‌تری نشان داد. از سوی دیگر، در بین روش‌های مختلف کاشت، روش کاشت نشایی گل‌خراب به دلیل درصد بالای آمیلوز و سبوس و کیفیت فیزیکی بهتر دانه، به‌عنوان روش برتر انتخاب شد. ترکیب آبیاری غرقاب دائم با کاشت نشایی گل‌خراب به‌طور قابل توجهی کیفیت کلی دانه برنج را بهبود بخشید. این ترکیب با تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی (مانند درصد سبوس و تعداد دانه پر) و کیفی (مانند درصد نشاسته و آمیلوز)، گزینه‌ای بهینه برای تولید برنج با کیفیت بالا است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدیریت دقیق روش‌های آبیاری و کاشت می‌تواند به بهبود عملکرد کیفی برنج کمک کرده و ارزش بازارپسندی این محصول را افزایش دهد.

منابع

پیردشتی، ه.، طهماسبی سروستانی، ز.، نصیری، م. و توسلی لاریجانی، ف. ۱۳۸۱. بررسی خصوصیات کیفی ارقام برنج در تاریخ‌های مختلف نشاکاری. خلاصه مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، صفحه ۸۵.

حبیبی، ف. ۱۳۹۲. روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی دانه برنج. انتشارات موسسه تحقیقات برنج کشور. ۲۷ ص.

حبیبی، م.، مظلوم، پ.، نصیری، م.، افتخاری، ع. و مبلغی، م. ۱۴۰۲. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر ویژگی‌های زراعی وکیفیت دانه ژنوتیپ‌های برنج (Oryza sativa L.). اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۷(۱): ۳۴-۱۵.

حسینی‌سیر، س‌ع. ۱۴۰۱. تکنیک‌های اندازه‌گیری پروتئین در مواد غذایی. خلاصه مقالات سومین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری های آزمایشگاهی.

رشیدی، ح.، عربزاده، ب. و توسلی، ف. ۱۳۸۴. بررسی اثرات اعمال کم آبیاری تنظیم شده بر خصوصیات کیفی برنج رقم فجر. گزارش نهایی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران. شماره ۸۴/۱۰۲۶۴. مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی، تهران، ایران.

سعیدی‌پور، س. ۱۳۹۴. بررسی تأثیر تنش شوری بر پتانسیل اسمزی، میزان غلظت قندها و پروتئین‌های محلول در ژنوتیپ‌های مختلف برنج در مرحله گیاهچه‌ای. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۲۸(۴). ۱-۸.

شاهین رخسار، پ.، ح. شکری واحد، ح. و. شرفی، ن. ۱۳۹۹. بررسی تأثیر مدیریت بهینه آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کاشت دوم برنج (راتون) رقم هاشمی. آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۴): ۱۳۱۰-۱۳۰۱.

صداقت، ن.، بیابانی، ع.، نصیری، م.، فلاح، ا. و فتحی، ن. ۱۴۰۱. اثر روش‌های آبیاری و محلول‌پاشی عناصر غذایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی برنج. به زراعی کشاورزی. ۲۴(۴): ۱۰۵۱-۱۰۶۷. DOI: http://doi.org/10.22059/jci.2022.326144.2572

عرفانی، ر.، پیردشتی، ه.ا.، عباسی، ر. و نوری، م.ز. ۱۳۹۸. ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی برنج رقم طارم هاشمی در سامانه‌های زراعی متداول، کم نهاده و ارگانیک در استان مازندران. بوم‌شناسی کشاورزی. ۱۱(۳): ۱۱۵۱-۱۱۶۸.

فتحی، ن.، ه. پیردشتی، م. نصیری. و ا. بخشنده. ۱۳۹۶. اثر دما در مرحله پر شدن دانه بر برخی صفات کیفی دانه برنج در شرایط اقلیمی مازندران. تولید گیاهان زراعی. ۱۰(۲): ۱۵۴-۱۴۵.

کریمی‌فرد، م.، م. ذاکری نیا، ع.ر. کیانی و م. ت. فیض بخش. ۱۳۹۹. تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی بر عملکرد برنج و بهره‌وری آب در دو روش کاشت نشائی و کاشت مستقیم بذر. آب و خاک، ۳۴(۵): ۱۰۳۲-۱۰۱۹.

محمدی، ص.، م. نحوی. و ع. محدثی. ۱۳۹۴. تأثیر آبیاری تناوبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام و لاین برنج. زراعت. ۱۰۷: ۱۱۴-۱۰۸.

نحوی، م. م. ر. یزدانی، م. اله قلی پور و. م. حسینی. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر نوبت‌های مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب و عملکرد برنج رقم خزر. مجله علم کشاورزی ایران. ۶(۲): ۶۰-۵۳.

نیک‌زاد سمسکندی، م. ۱۴۰۱. تأثیر روش‌های نوین کشت بر صفات

کمی در برنج. خلاصه مقالات سومین کنفرانس ملی توسعه کشاورزی، زمین سالم.

یوسفیان، م.، عربزاده، ب.، سودایی مشایی، ص. و محمدی نشلی، ی. ۱۳۹۳. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، خواص کمی و کیفی دانه دو رقم برنج (طارم و شیرودی). زراعت. ۱۰۴: ۶۹-۷۵.

Ahmad S., Zia-Ul-Haq M., Ali H., Ahmad A. and Khan M.A. 2009. Morphological and quality parameters of Oryza sativa. As affected by population dynamics, nitrogen fertilization and irrigation regimes. Pakistan Journal Botanic. 41(3):1259-1269.

Ahmed, N., Maekawa, M. and Tetlow, I.J. 2008. Effects of low temperature on grain filling, amylose content, and activity of starch biosynthesis enzymes in endosperm of basmati rice. Crop and Pasture Science. 59: 599-604.

Akbari, S., Kafi, M. and Rezvan Beidokhti, S. 2016. The effect of drought stress on yield, yield components & anti-oxidant of two garlic (Allium sativum L.) ecotypes with different planting densities. journal of Agriecology. 8 (1): 95-106.

Asadi, R., Rezaei, M. and Moatamed, M. K. 2004. A very to mitigate water shortages in paddy fields. J. Agri Aridity & Drought. 14: 87-91.

Avil Kumar, K. and Rajitha, G. 2019. Alternate Wetting & Drying (AWD) Irrigation - A Smart Water Saving Technology for Rice: A Review. International Journal of Current Microbiology & Applied Sciences. 8 (03): 2561-2571.

Boojang, H. and S. Fukai. 2002. Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions.1: Growth during drought. Field Crops Research. 1: 37-45.

Chen, G., Ligong, P., Jing, G., Jin, W., Chaoyue, W., Xiaodong, S. and Yunfeng, T. 2023. Effects of Water Stress on Starch Synthesis and Accumulation of Two Rice Cultivars at Different Growth Stages. Frontiers in Plant Science. 14: 1133524. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1133524

Ghosh, B. and Chakma, N. 2015. Impacts of rice intensification system on two C. D. blocks of Barddhaman district. West Bengal. Current Science. 109 (2): 342-346.

Hadiarto, T. and L.S. Tran. 2011. Progress studies of drought- responsive genes in rice. Plant Cell Reports. 30: 297-310. doi: 10.1007/s00299-010-0956-z

Hiromoto, Y., Hisrose, T., Kuroda, M. and Yamaguchi, T. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling related genes under high temperature using DNA microarray. The Journal of Plant Physiology. 144: 258-277.

Ho, C., Yang, C., Hsiao, C. and Lai, M. 2012. Effect of climatic conditions during heading to harvest stage on quality of rice cultivar TNG 71. Journal of Taiwan Agricultural Research. 61: 222-240.

Jin, Z., Qian, C., Yang, J., Liu, H. and Jin, X. 2005. Effect of temperature at grain filling stage on activities of key enzymes related to starch synthesis & grain quality of rice. Rice Science. 12: 261-266.

Juliano, B.O., Oñate, L.U. and Del Mundo, A.M. 1972. Amylose and protein contents of milled rice as eating quality factors. Philippine Agriculturist 56: 44-47.

Katharine, R., Howell, P. S. and Dodd, I. C. 2015. Alternate wetting & drying irrigation-maintained rice yields despite half the irrigation volume, but is currently unlikely to be adopted by smallholder lowland rice farmers in Nepal. Food & Energ Security. 4 (2): 144- 157.

Kheyri, N., Y. Niknejad. and M. Abbasalipour. 2018. The effects of using organic and biological fertilizer along with lower rate of chemical nitrogen fertilizer on quality and quantity of rice yield. Journal of Crop Ecophysiology. 47(3): 445-460.

Lestari, A. P., Abdullah, B., Junaedi, A., & Aswidinnoor, H. (2014). Performance of grain quality & aroma of aromatic new plant type promising rice lines. Indonesian. The Journal of Agricultural Science. 12 (2): 84-93.

Li, J. and Yuan, J. 2012. Research progress in effects of different altitude on rice yield and quality in China. Greener. The Journal of Agricultural Science. 2: 340-344.

Manigat. C.C. and Juliano, B. O. 1980. Starch, lipids and their effect on rice starch properties, Starch, 32: 76–82.

Naresh, R.K., Misra, A.K. and Singh, S.P. 2013. Assessment of direct seeded and transplanting methods of rice cultivars in the western part of Uttar Pradesh. Int. J. Pharmac. Sci. Busin. Manage. 1(1): 1-8.

Nie, L., Peng, S., Chen, M., Shah, F., Huang, j., Cui, K. and Xiang, J. 2012. Aerobic rice for water saving agriculture, a review. Agron. Sustain. Develop. 32(2): 411-418.

Oko, A. O., Ubi, B. E. and Dambaba, N. 2012. Rice cooking quality & physico-chemical characteristics: a comparative analysis of selected local & newly introduced rice varieties in ebonyi state, Nigeria. Food & Public Health. 2 (1): 43-49.

Panda, D., Sakambari Mishra, S. and Kumar Behera, P. 2020. Drought tolerance in rice: focus on recent mechanisms and approaches. Rice Science. 28(2): 1-17. doi:10.1016/j.rsci.2021.01.002

Prathap, V., Kishwar, A., Singh, A., Vishwakarma, Ch. and V. Krishnan. 2019. Starch accumulation in rice grains sunjected to drough during grain filling. Plant Physiology and Biochemistry. 142: 440-451. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.07.027

Rezazadeh, M., Khodarahmpour, Z. and Gilani, A. 2016. Analysis of IRRI rice lines heat stress tolerant by multivariate statistical methods. Electron. Journal of Crop Production. 9: 35-55.

Sedaghat, N., Pirdashti, H., Asadi, R. and Mosavi, S. Y.

using DNA microarray. The Journal of Plant Physiology. 144: 258-277.

Yoo, C.Y., H.E. Pence, J.B. Jin, K. Miura, M.J. Gosney, P.M. Hasegawa. and M.V. Mickelbart. 2010. The arabidopsis GTL1 transcription factor regulates water use efficiency and drought tolerance by modulating stomatal density via transrepression of SDD1. The Plant Cell. 22: 4128-4141. doi: 10.1105/tpc.110.078691

Yosefian, M., Shahnazari, A., Ziatabar Ahmadi, M., Raeni Sirjaz, M. and Arabzadeh, B. 2018. Effects of regulated deficit irrigation & partial root drying on yield, yield components & water productivity of rice in furrow & basin methods. Journal of Water Research in Agriculture. 32 (3): 341-351. (In Persian).

Zakaria, S.T., S. Matsuda, S. Tajima. and Y. Nitta. 2002. Effect of high temperature at ripening stage reserve accumulation in seed in some rice cultivars. Plant Production Science. 5: 160-168. doi: 10.1626/pps.5.160

Zhang H., Links P.H., Ngsee J.K., Tran K., Cui Z., KO K.W. and Yao Z. 2003. Localization of LDL receptor-releated protein 1 (LRP1) to caveolae in 3T3-L1 adipocytes in response to insulin treatment. Journal of Biological Chemistry.

Zia, M.S., Salim, M., Aslam, M. and Gill, M. 1994. Effect of low temperature of irrigation water on rice growth and nutrient uptake. Journal of Agronomy and Crop Science. 173: 22-31.

2016. Effect of irrigation methods on water quality in rice. Water Research in Agriculture, 28 (1), 1-9.

Shi HR., Zhang WZ., Xie WX., Yang Q. and Zhang Z.Y. 2009. Analysis of matter production characteristics under different nitrogen application patterns of japonica super rice in north China. Acta Agronomica Sinica. 34: 1985–1993. (In Chinese with English abstract)

Stayashi, A., Arabzadeh, B., Mobaser, H. R. and Pirdashti, H. 2014. Investigation of some morphological traits of rice (Tarom cultivar) in different irrigation managements. 16th National Rice Conference, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 5 pages.

Verma, D. K., Mohan, M., Prabhakar, P. K. and Srivastav, P. P. (2015). Physico-chemical & cooking characteristics of Azad basmati. International Food Research Journal. 22 (4): 1380-1389.

Xia, Y., Wei, W. and Qing-Sen, Z. 2007. EFFECTS OF WATER STRESS ON NUTRIENT QUALITY AND ACCUMULATION OF PROTEIN IN RICE GRAINS. Chinese Journal of Plant Ecology. 31(3): 536-543.

Xu L., Li X., Wang X., Xiong D. and Wang F. 2019. Comparing the Grain Yields of Direct-Seeded and Transplanted Rice: A Meta-Analysis. Agronomy. 14 pp.

Yamakawa, H., Hirose, T., Kuroda, M. and Yamaguchi, T. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 19, Oct.-Nov. 2025, p. 643-655

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۹، مهر - آبان ۱۴۰۴، ص. ۶۵۵-۶۴۳

The Effect of Different Irrigation and Cultivation Methods on the Physical and Qualitative Characteristics of Fajr Rice Grains

M. R. Youri[1*], A. Hezarjaribi[2], A. R. Kiani[3], Kh. Ghorbani[4], M. Zakerinia[5]
Recived: Dec.30, 2024 Accepted: Ju1.22, 2025

Abstract

The quality of rice grains is one of the key factors influencing consumer preferences for this product. In many cases, the lack of interest in certain varieties and the tendency of consumers to favor specific types reflect a greater emphasis on quality over quantity. To achieve this goal, it is essential to thoroughly understand the factors affecting rice quality. This study was conducted to evaluate the effects of different rice cultivation methods and irrigation systems on the physical and quality characteristics of rice in paddy fields. The experiment was designed as a split-plot layout based on a randomized complete block design with three replications in Gorgan County. The main treatment included four levels of irrigation systems: sprinkler irrigation, continuous flooding, alternate wetting and drying, and drip tape irrigation. The sub-treatment consisted of three cultivation methods: direct seeding of rice, non-puddled transplanting, and puddled transplanting. The results indicated that the effects of irrigation system type and cultivation method on the number of filled and unfilled grains per panicle, bran percentage, amylose percentage, protein content, and starch percentage were significant at the 1% probability level. The results showed that the permanent flood irrigation method demonstrated the best performance with a starch content of 76.5%, amylose content of 23.2%, and bran percentage of 9.7%. Additionally, puddled transplanted cultivation exhibited higher quality compared to other methods, with an amylose content of 24.1% and a bran percentage of 9.8%. The combination of permanent flood irrigation and puddled transplanted cultivation significantly improved rice grain quality, making it an ideal option for producing market-preferred rice.

Keywords: Irrigation, Filled grain, Bran, Amylose, Direct seeding

1- PhD Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran
3- Professor, Department of Agricultural Engineering, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran
4- Professor, Department of Water Engineering, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran
5- Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: mohammadreza.youri@gmail.ir)