University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 14, No. 1, Spring 2023 (45-60)
doi: 10.22124/CR.2024.26122.1798
pISSN: 2252-0163 eISSN: 2538-6115

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

The effect of planting bed and date on the physiological characteristics and grain yield of three varieties of rice (*Oryza sativa* L.) in Ahvaz

Fatemeh Fayaznia[1], Habibolah Roshanfekr[2*], Payman Hassibi[3] and Abdolali Gilani[4]

1. Ph. D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (* Corresponding author: h.roshanfekr@scu.ac.ir)
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Research Associate Professor, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran

Comprehensive abstract

Introduction

Rice is one of the most important agricultural products in the world, and it has the second place in terms of annual production after wheat. Cultivation of rice in most regions of the world is done in the form of transplanting, but the long period of preparing transplant and sometimes high mortality of transplants in the main field, high water consumption, the impossibility of direct use of transplanting machines in heavy soil textures and high labor costs have caused it is an undeniable necessity to find suitable methods of planting rice with the aim of reducing the inhibiting effects of these factors especially reducing water consumption and achieving optimal performance. On the other hand, choosing the suitable planting date is another important agricultural management to achieve optimal crop performance. In this experiment, the effect of different land preparation (planting bed) methods and different transplanting dates were investigated on the physiological characteristics and yield of three rice varieties in Shavor region, Khuzestan province, Iran. The purpose of this experiment was to determine the role of planting date and planting bed on the growth and development aspects of rice transplants and their interations on reducing the inhibiting effects of production factors.

Material and methods

This experiment was carried out in the form of split split plots based on randomized complete block design with three replications in the research field of Shavor Research Station, Khuzestan province, Iran, in 2021 and 2022. The experimental factors were land preparation (planting bed) methods in four levels including puddling, flat with field capacity, flat with dry soil and raised bed in the ridge with dry soil as the main factor, transplanting date in three levels including 2, 12 and 23 June as the sub-factor, and rice variety in three levels including Champa, Anbori Germez Paboland and Daniyal as the sub-sub-factor. To prepare the planting beds (puddling, flat with field capacity and flat with dry soil), the soil was leveled by leveler after plowing and disking, and to prepare the raised bed in the ridge, the ridges (with a width of 50 cm and a height of 20 cm) were created by a ditcher after plowing, disking and leveling. The measured traits in this study were paddy yield, biological yield, harvest index, chlorophyll index, canopy temperature and stomatal conductance.

Research findings

The results of combined analysis of variance showed that the effect of planting bed, planting date and variety as well as their interactions on rice yield were statistically significant. The results of the

CC BY

comparison of two years means showed that the highest grain yield was belonged to flat bed with dry soil on the planting date of 2 June in Anbori Germez Paboland variety (5.68 ton.ha^{-1}), and the highest biological yield was obtained from the flat bed with field capacity on the planting date of 23 June in Anbori Germez Paboland variety (13.63 ton.ha^{-1}). Also, the highest harvest index (51.71 %) and the best canopy temperature at the stage of panicle emergence (32.22 °C) was observed in the treatment of flat bed with dry soil on the planting date of 23 June in Champa variety.

Conclusion

According to the results of grain yield as the most important goal of rice planting, it seems that by cultivation of the local variety "Anbori Germez Paboland" on the flat bed at 2 June through the provision of environmental conditions (non-implementation of puddling and preventing negative effects on plant growth), and a suitable temperature (preventing the occurrence of stress in the flowering and seeding stage), can obtain a high grain yield.

Keywords: Canopy temperature, Chlorophyll index (SPAD score), Flat bed with dry soil, Stomatal conductance

Received: November 26, 2023 Accepted: May 10, 2024

Cite this article:

Fayaznia, F., Roshanfekr, H., Hassibi, P., & Gilani, A. A. (2024). The effect of planting bed and date on the physiological characteristics and grain yield of three varieties of rice (*Oryza sativa* L.) in Ahvaz. *Cereal Research*, *14*(1), 45-60. doi: 10.22124/CR.2024.26122.1798.

تحقیقات غلات
دوره چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳ (۶۰-۴۵)
doi: 10.22124/CR.2024.26122.1798
مقاله پژوهشی
دسترسی آزاد

اثر بستر و تاریخ نشاکاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه سه رقم برنج (*Oryza sativa* L.) در اهواز

فاطمه فیاض‌نیا[۱]، حبیب‌اله روشنفکر*[۲]، پیمان حسیبی[۳] و عبدالعلی گیلانی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (* نویسنده مسئول: h.roshanfekr@scu.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۴- دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

چکیده جامع

مقدمه: برنج از مهم‌ترین محصولات کشاورزی دنیا است و بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه به‌خود اختصاص داده است. کاشت برنج در بیش‌تر نقاط جهان به صورت نشاکاری صورت می‌گیرد، اما دوره بازیافت طولانی و گاهی مرگ و میر زیاد نشاها در زمین اصلی، مصرف زیاد آب، عدم امکان استفاده از کارنده‌های مستقیم یا ماشین نشاکار در بافت‌های سنگین خاک و هزینه کارگری زیاد، یافتن شیوه‌های مناسب کاشت برنج با هدف کاهش اثرات بازدارنده این عوامل به‌ویژه کاهش مصرف آب و دستیابی به عملکرد بهینه را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. از سوی دیگر، انتخاب تاریخ کاشت مناسب یکی دیگر از مدیریت‌های زراعی مهم جهت دستیابی به عملکرد بهینه محصول است. در این آزمایش، اثر شیوه‌های مختلف آماده‌سازی زمین و تاریخ‌های متفاوت نشاکاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد سه رقم برنج در منطقه شاوور استان خوزستان بررسی شد. هدف از آزمایش، تعیین نقش تاریخ نشاکاری و نوع بستر کاشت بر جنبه‌های رشد و نمو نشاهای تولیدی رقم‌های برنج و روابط متقابل بین آن‌ها بر کاهش اثرات بازدارنده موانع تولید بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات شاوور- استان خوزستان طی دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. عامل‌های آزمایشی، شیوه آماده‌سازی زمین (بستر نشاکاری) در چهار سطح شامل بسترهای گل‌خرابی، مسطح با رطوبت ظرفیت زراعی، مسطح با خاک خشک و کشت در پشته با خاک خشک به‌عنوان عامل اصلی، تاریخ نشاکاری در سه سطح شامل ۱۲ و ۲۲ خرداد و دوم تیر به‌عنوان عامل فرعی و رقم برنج در سه سطح شامل رقم‌های چمپا، عنبوری قرمز پابلند و دانیال به‌عنوان عامل فرعی فرعی بودند. به‌منظور تهیه بسترهای کاشت گل‌خرابی، مسطح با رطوبت ظرفیت زراعی و مسطح با خاک خشک در زمین اصلی، پس از اجرای شخم و دیسک، خاک تسطیح و برای تهیه بستر کشت در پشته، پس از انجام شخم، دیسک و تسطیح، پشته‌ها توسط نهرکن (با عرض ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر) ایجاد شدند. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد شلتوک، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، شاخص کلروفیل، دمای کانوپی و هدایت روزنه‌ای بود.

یافته‌های تحقیق: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر بستر کاشت، تاریخ کاشت، رقم و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین دوساله نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه متعلق به بستر کشت مسطح با خاک خشک در تاریخ نشاکاری ۱۲ خرداد در رقم عنبوری قرمز پابلند (۵/۶۸ تن در هکتار) بود و بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده از بستر کشت مسطح با رطوبت ظرفیت زراعی در تاریخ کاشت دوم تیر در رقم عنبوری قرمز پابلند (۱۳/۶۳ تن در هکتار) به‌دست آمد. همچنین، بیش‌ترین میزان شاخص برداشت (۵۱/۷۱ درصد) و بهترین دمای پوشش گیاهی در مرحله ظهور خوشه (۳۲/۲۲ درجه سلسیوس) نیز در تیمار بستر مسطح با خاک خشک در تاریخ کاشت دوم تیرماه در رقم چمپا مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده از عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین هدف از کاشت گیاه برنج، به‌نظر می‌رسد بتوان با کشت رقم محلی عنبوری قرمز پابلند بر بستر مسطح با خاک خشک در تاریخ نشاکاری ۱۲ خرداد ماه از طریق فراهمی شرایط محیطی (عدم اجرای گل‌خرابی و جلوگیری از ایجاد اثرات منفی بر رشد گیاه) و دمایی مناسب (ممانعت از وقوع تنش در مرحله گلدهی و دانه‌بندی) به تولید محصول بالا دست یافت.

واژه‌های کلیدی: بستر مسطح با خاک خشک، دمای پوشش گیاهی، شاخص کلروفیل (عدد اسپد)، هدایت روزنه‌ای

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۱

نحوه استناد به این مقاله:

فیاض‌نیا، فاطمه، روشنفکر، حبیب‌اله، حسیبی، پیمان، و گیلانی، عبدالعلی. (۱۴۰۳). اثر بستر و تاریخ نشاکاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه سه رقم برنج (*Oryza sativa* L.) در اهواز. *تحقیقات غلات*، ۱۴(۱)، ۶۰-۴۵. doi: 10.22124/CR.2024.26122.1798

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی دنیا است. این گیاه بعد از گندم جایگاه دوم را از نظر تولید سالانه به‌خود اختصاص و غذای اصلی نیمی از مردم دنیا را تشکیل می‌دهد (Manzoor *et al*., 2006). سطح زیر کشت برنج در ایران ۷۹۱۶۰۵ هکتار با متوسط عملکرد ۴۵۸۵ کیلوگرم در هکتار است که از این تولید سهم استان خوزستان ۷۸۸۳۸ هکتار با متوسط تولید عملکرد ۴۲۷۶ کیلوگرم در هکتار است. همچنین، به‌دلیل اهمیت بالای برنج در سبد غذایی مردم، نیاز به این گیاه در دنیا نیز روز به‌روز در حال افزایش است (Ministry of Agriculture-Jahad, 2023). در کشور ما نیز برنج یک محصول استراتژیک محسوب می‌شود و استان خوزستان از نظر تولید دارای مقام چهارم است و سطح زیر کشت برنج استان (نشاکاری و کشت مستقیم) در سال‌های جاری به بیش از ۷۰ هزار هکتار رسیده است. از طرفی تعداد بهره‌بردارانی که به کشت برنج اشتغال دارند، ۱۷-۱۶ هزار نفر می‌باشد که به‌لحاظ اقتصادی و اجتماعی بسیار حائز اهمیت است. از سوی دیگر، دو عامل مهم و تعیین کننده سطح زیر کشت این گیاه، میزان آب قابل دسترس و قیمت برنج در بازار هستند، به‌طوری که در سال‌های با محدودیت آب، سطح زیر کشت برنج نسبت به شرایط مطلوب به‌میزان ۷۵ درصد کاهش می‌یابد. وقوع چنین شرایطی نه تنها تأثیر قابل توجهی بر تولید برنج استان خواهد داشت، بلکه می‌تواند بر وضعیت اقتصادی زارعین برنج‌کار خسارت جبران‌ناپذیری وارد کند (Gilani, 2010).

کاشت برنج در بیش‌تر نقاط جهان به‌صورت نشاکاری صورت می‌گیرد. با توجه به این‌که این روش به‌صورت غرقاب انجام می‌شود و وابسته به مصرف آب فراوان است، از این‌رو کمبود شدید آب در شرایط اقلیمی حاضر، کاربرد این شیوه را با مشکل مواجه می‌کند. یافتن شیوه‌های جدید و مناسب کاشت برنج با هدف کاهش مصرف آب و دستیابی به عملکرد بهینه، ضرورتی انکارناپذیر است. نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد برنج در شرایط غرقاب به‌دست می‌آید و کاشت در پشته و آبیاری یک در میان جوی‌ها، صرفه‌جویی ۶۲ درصدی مصرف آب را به‌همراه دارد (Yousefiyan *et al*., 2023). نتایج آزمایش بهویان و همکاران (Bhuyan *et al*., 2012) نیز نشان داد که روش کاشت بر بستر پشته، عملکرد دانه برنج را تا ۱۶ درصد نسبت به روش گل‌خرابی افزایش داد.

از جمله مدیریت‌های زراعی مهم جهت دستیابی به عملکرد بهینه محصول انتخاب تاریخ کاشت مناسب است. با انتخاب تاریخ کاشت مطلوب در هر منطقه، امکان استفاده بهینه گیاه از نهاده‌های محیطی به‌طور کامل فراهم می‌شود (Sanderson & Ahmadi-Esfahani, 2010). لیموچی و همکاران (Limouchi *et al*., 2013) با بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت (۵ خرداد، ۲۰ خرداد و ۵ تیر) بر شاخص‌های رشد و عملکرد رقم‌های برنج در شمال خوزستان، عنوان کردند که بیش‌ترین شاخص سطح برگ و ماده خشک کل مربوط به تاریخ کاشت پنجم خرداد و بیش‌ترین وزن خوشه و عملکرد دانه مربوط به پنجم تیر بود. آن‌ها بیان کردند که با افزایش تنش حرارتی در مرحله زایشی در تاریخ کاشت پنجم خرداد، شاخص سطح برگ و ماده خشک کل در مدت زمان کم‌تری به حداکثر خود رسید، در حالی‌که وزن خشک خوشه به‌دلیل عقیمی بیش‌تر دانه‌ها، کم‌ترین افزایش را طی دو هفته آخر تاریخ کاشت پنجم خرداد دارا بود. در بین رقم‌ها نیز کم‌ترین تغییرات را عنبوری قرمز پاکوتاه و بیش‌ترین عملکرد را رقم چمپا دارا بود. همچنین، لیموچی و همکاران (Limouchi *et al*., 2015) دریافتند که تاریخ کاشت بر صفات مرتبط با عملکرد اقتصادی برنج موثر بود، به‌طوری که مرحله ظهور خوشه، دانه‌بندی و گرده‌افشانی در تاریخ کاشت پنجم خرداد با تنش گرما مواجه و سبب کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، میزان باروری و دانه پر در خوشه شد. گیلانی و همکاران (Gilani *et al*., 2017) نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد دانه برنج مربوط به تاریخ کاشت پنجم خرداد بود که نسبت به تاریخ ۱۵ اردیبهشت افزایش قابل توجهی داشت. آن‌ها شاخص‌های فیزیولوژیک به‌ویژه دوام سطح برگ طی دوره رسیدگی و همچنین ظرفیت تجمع ماده خشک بیش‌تر را از جمله دلایل این افزایش دانستند. آن‌ها عنوان کردند که رقم دانیال دارای بیش‌ترین طول دوره رسیدگی (۱۴۴ روز) و کم‌ترین ارتفاع بوته (۹۲ سانتی‌متر) و عملکرد دانه در مقایسه با ارقام هویزه و حمر بود. اعلایی بازکیانی و همکاران (Aalaee Bazkiaei *et al*., 2019) عنوان کردند که بیش‌ترین عملکرد زیستی با میانگین ۱۰/۶ و ۱۰/۴ تن در هکتار در تاریخ کاشت اول و بیستم اردیبهشت به‌دست آمد و تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت در هر دو سال زراعی آزمایش با میانگین ۳/۸ تن در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت.

به این ترتیب، اگرچه انجام عمل گل‌خرابی از عملیات ضروری و شرط موفقیت زراعت برنج در استان محسوب می‌شود، اما دوره بازیافت طولانی و گاهی مرگ و میر زیاد نشاها در زمین اصلی، سختی مربوط به نشاکاری ناشی از دمای بالای محیط، عدم امکان استفاده از کارنده‌های مستقیم یا ماشین نشاکار در بافت‌های سنگین خاک در شرایط گل‌خرابی و هزینه کارگری زیاد (Gilani, 2010)، اتخاذ تمهیداتی همچون تغییر در زمان‌های خزانه‌گیری و یا بستر کاشت در زمین اصلی و همچنین تغییر در روش‌های کاشت و خاک‌ورزی مرسوم جهت کاهش اثرات بازدارنده عوامل مزبور اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو، این آزمایش در راستای تعیین نقش تاریخ نشاکاری و نوع بستر کاشت بر جنبه‌های رشد و نمو نشاهای تولیدی ارقام برنج و روابط متقابل بین آن‌ها بر کاهش اثرات بازدارنده موانع تولید طراحی و اجرا شد.

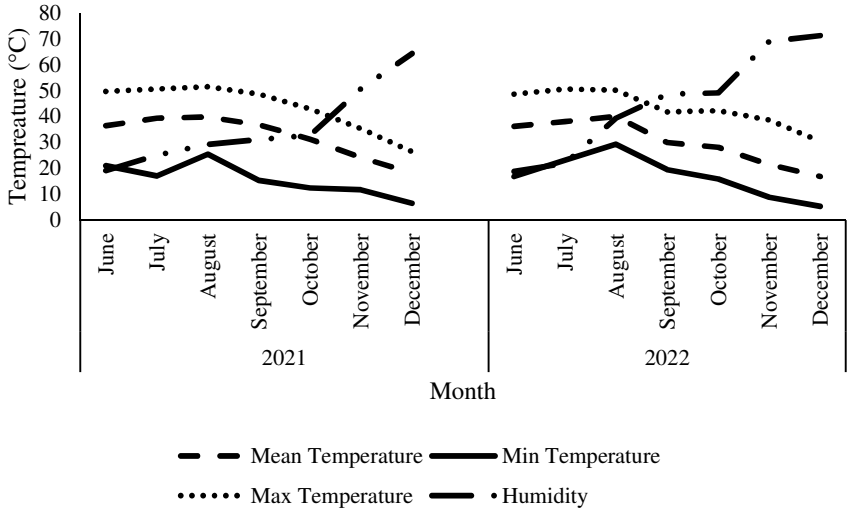
مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور (وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان) اجرا شد. ایستگاه تحقیقاتی شاوور با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی با ارتفاع ۳۲ متر از سطح دریا در ۶۵ کیلومتری شمال اهواز در جاده اهواز-اندیمشک واقع شده است. آمار هواشناسی (بیشینه، کمینه و متوسط دما) در زمان اجرای آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. خاک مزرعه آزمایشی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری دارای بافت لومی-رسی با ۰/۹ درصد ماده آلی، نسبت کربن به نیتروژن ۱۰، اسیدیته ۷/۷۸، هدایت الکتریکی ۱/۴۳ میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر، میزان نیتروژن ۰/۰۹ درصد و میزان فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ۷/۸ و ۲۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود.

عامل‌های آزمایشی شامل شیوه‌های آماده‌سازی زمین (بستر کاشت) در چهار سطح در کرت‌های اصلی، تاریخ نشاکاری در سه سطح در کرت‌های فرعی و رقم در سه سطح در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. شیوه‌های آماده‌سازی زمین شامل بستر مرسوم (گل‌خرابی)، نشاکاری در شرایط غرقاب، بستر مسطح با رطوبت ظرفیت زراعی (نشاکاری در خاک دارای رطوبت در حد ظرفیت زراعی)، بستر مسطح در شرایط خشک (نشاکاری در بستر مسطح با خاک خشک) و کشت در پشته در شرایط خشک (نشاکاری در سطح پشته در خاک خشک)، تاریخ‌های کاشت شامل ۱۲ خرداد، ۲۲ خرداد و دوم تیرماه و رقم‌های برنج شامل چمپا (رقم مرسوم منطقه به‌عنوان شاهد)، عنبوری قرمز پابلند (رقم محلی) و دانیال (رقم پرمحصول) بودند. رقم چمپا یکی از مهم‌ترین ارقام برنج است که در جنوب غرب ایران کشت می‌شود و دارای عطر و طعم مطبوع است. این رقم که انتخابی از توده چمپای رامهرمز است، رقمی با پنجه‌دهی متوسط، ارتفاع بوته ۱۵۰-۱۴۵ سانتی‌متر، دوره رشد ۱۳۵-۱۳۰ روز، برگ زیاد، دانه قطور و کوتاه بین ۶ تا ۷ میلی‌متر و معطر، با میانگین تولید شلتوک ۵-۴/۵ تن در هکتار و معمولاً دیررس است (Gilani, 2010). رقم عنبوری قرمز، پابلند از تیپ چمپا با بوته‌های قوی و کم‌پنجه، برگ‌های باریک به‌رنگ سبز تیره، با خوشه‌های قرمز، ریشک‌های کوتاه قهوه‌ای، دوره رشد ۱۵۰-۱۴۵ روز، دانه‌های متوسط نسبتاً معطر با میانگین تولید ۵-۴/۵ تن در هکتار شلتوک بوده و از کشور عراق وارد شده است (Gilani, 2010). رقم دانیال نیز از طریق معرفی ژرم‌پلاسم خارجی با نام LD183 برای منطقه خوزستان معرفی شد. این رقم سازگار به شرایط اقلیمی خوزستان و مقاوم به بلاست است. مهم‌ترین ویژگی رقم دانیال عملکرد بسیار بالا، مقاومت به بلاست و ورس است (Gilani, 2010).

به‌منظور آماده‌سازی خزانه، کرت‌های ۱۰ مترمربعی برای هر رقم در نظر گرفته شد. بذرپاشی در خزانه (دو رقم چمپا و عنبوری قرمز پابلند ۵۵ کیلوگرم در هکتار و رقم دانیال ۲۳ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت دستی با پاشیدن بذرهای جوانه‌دار (۴۸ ساعت پیش از بذرپاشی در خزانه، جوانه‌دار شدند) در خاک اشباع از آب انجام شد. پس از تهیه خزانه و مراقبت‌های لازم برای تولید نشاهای قوی، نشاها در مرحله ۵-۴ برگی به‌صورت دستی به زمین اصلی انتقال داده شدند. جهت آماده‌سازی زمین اصلی، ابتدا به‌منظور تهیه بسترهای گل‌خرابی، مسطح با رطوبت ظرفیت زراعی و مسطح با خاک خشک، پس از اجرای شخم و دیسک، خاک توسط لولر تسطیح و سپس زمین بر اساس نقشه طرح برای بسترهای چهارگانه کاشت (عامل اصلی) تهیه و آماده شد. برای تهیه بستر کشت در پشته، پس از انجام شخم، دیسک و لولر، توسط نهرکن پشته‌هایی به‌عرض ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر ایجاد شدند.

بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه‌های فنی مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان برای گیاه برنج، عنصر نیتروژن از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) به‌مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار برای رقم‌های چمپا و عنبوری قرمز پابلند و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار برای رقم دانیال، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به‌ترتیب به‌میزان ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفتند. تمامی مقدار کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم و ۵۰ درصد کود اوره هم‌زمان با انتقال نشا به زمین اصلی و باقیمانده کود اوره به‌نسبت مساوی (۲۵ درصد) در دو نوبت در ابتدای مراحل ساقه‌دهی و آبستنی به‌عنوان سرک‌های اول و دوم مصرف شد (Gilani *et al*., 2002). کشت نشاها در کرت‌های ۱۲ متر مربعی صورت گرفت. در هر کپه به‌طور ثابت پنج نشا کشت شد و فاصله بین ردیف‌ها و بین کپه‌ها روی ردیف برای رقم‌های چمپا و عنبوری قرمز پابلند ۱۶×۱۶ سانتی‌متر (۳۹ کپه در متر مربع) و برای رقم دانیال ۲۵×۲۵ سانتی‌متر (۱۶ کپه در مترمربع) در نظر گرفته شد. در روش کشت روی پشته در شرایط خاک خشک، روی هر پشته سه ردیف از ارقام چمپا و عنبوری قرمز پا بلند و دو ردیف از رقم دانیال کشت شد. در این روش کشت، ارتفاع آب در جوی‌ها تا محل داغاب (ارتفاع ۴ تا ۵ سانتی‌متر) بود. در بستر مسطح دارای رطوبت ظرفیت زراعی، دو تا سه روز پس از آبیاری، رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی رسید و بر اساس درصد وزنی رطوبت خاک (۲۲ تا ۲۵ درصد)، رطوبت ظرفیت زراعی تعیین شد. در بستر گل‌خرابی و ظرفیت مزرعه، آبیاری کرت‌ها به‌طور دائم تا پایان دوره بازیافت نشاها به ارتفاع ۵-۴ سانتی‌متر انجام شد، اما در بستر خشک (مسطح و روی پشته‌های بلند)، آبیاری به‌همین ارتفاع و با دوره ۴-۳ روزه صورت گرفت. پس از پایان دوره بازیافت نشاها در تمام کرت‌های مربوط به بسترهای انتقال نشا، آبیاری به‌صورت ۳-۴ روز در میان با ارتفاع ۵-۴ سانتی‌متر انجام شد. با آغاز دوره طویل شدن ساقه‌ها و پوشش‌دهی کامل مزرعه تا ۱۰ روز قبل از برداشت (رسیدگی فیزیولوژیک)، آبیاری با دور ۳-۲ روز در میان صورت گرفت.



شکل ۱- اطلاعات هواشناسی محل آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور خوزستان

Figure 1. Meteorological information of the experimental site at Shavur Agricultural Research Station, Khuzestan, Iran

برای تعیین میزان کلروفیل، عدد دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502 ساخت ژاپن) در سه نقطه از برگ پرچم سه بوته تصادفی از هر کرت در مرحله ظهور خوشه‌ها (زمان آغاز خوشه‌دهی در ۵۰٪ از بوته‌ها) و مرحله خمیری دانه (زمان خمیری شدن دانه‌ها در ۵۰٪ از بوته‌ها) قرائت و سپس میانگین سه نقطه ثبت شد (Neisi *et al*., 2022). مراحل ظهور خوشه و خمیری دانه در ۵۰٪ از بوته‌ها به‌ترتیب در نیمه اول مهرماه و اواخر مهرماه رخ دادند. اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پورومتر (Leaf Porometer مدل SC-1 ساخت آمریکا) در مراحل آغاز ظهور خوشه و آغاز مرحله خمیری دانه از برگ پرچم انجام شد. دمای پوشش گیاهی با استفاده از دماسنج

مادون قرمز (Infrared, Δ AZ-8866 Instrument) در مراحل آغاز ظهور خوشه و آغاز مرحله خمیری دانه در ساعت ۱۲ تا ۱۴ ظهر در فاصله یک متری گیاه اندازه‌گیری شد. به‌منظور برآورد عملکرد زیستی، تمامی بوته‌های مساحت یک متر مربع از هر کرت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت و پس از قرار دادن در دستگاه آون به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس توزین شدند. پس از جداسازی کامل شلتوک از اندام‌هوایی گیاه، عملکرد دانه به‌دست آمد و شاخص برداشت محاسبه شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها و یکنواختی خطاهای آزمایش در دو سال اجرای آزمایش با استفاده از آزمون بارتلت بررسی شد (Aalaee Bazkiaei *et al*., 2019) و سپس تجزیه واریانس مرکب با نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از برنامه اکسل (Excel 2013) استفاده شد. ضریب همبستگی بین صفات نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه، عملکرد زیستی و برخی صفات مورفولوژیک در سال اول آزمایش نشان داد که اثر شیوه‌های مختلف آماده‌سازی زمین (بستر کاشت) بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای معنی‌داری بود، اما بر صفات عملکرد زیستی و دمای پوشش گیاهی معنی‌دار نبود (نتایج ارائه نشده است). تاریخ‌های نشاکاری نیز اختلاف آماری معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای داشتند و از نظر رقم نیز عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند (نتایج ارائه نشده است). برهمکنش عوامل مورد بررسی بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای نیز معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه، عملکرد زیستی و برخی صفات مورفولوژیک در سال دوم آزمایش نیز نشان داد که برای اثر شیوه‌های مختلف آماده‌سازی زمین (بستر کاشت) اختلاف آماری معنی‌داری برای صفات عملکرد دانه و عدد کلروفیل‌متر در مرحله خمیری دانه و هدایت روزنه‌ای مشاهده شد، اما اثر بستر کاشت بر عملکرد زیستی، شاخص برداشت، دمای پوشش گیاهی و عدد کلروفیل‌متر در مرحله ظهور خوشه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). همچنین، تاریخ‌های کاشت نشا اثر آماری معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، دمای پوشش گیاهی در مرحله ظهور خوشه، عدد کلروفیل‌متر در مرحله خمیری دانه و هدایت روزنه‌ای نشان داد و اثر رقم نیز بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای در مرحله ظهور خوشه معنی‌دار بود (نتایج ارائه نشده است). برهمکنش عوامل مورد بررسی نیز بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، دمای پوشش گیاهی در مرحله ظهور خوشه، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه نشان داد که اثر سال بر همه صفات به‌جز شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر شیوه‌های مختلف آماده‌سازی زمین (بستر کاشت) بر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، دمای پوشش گیاهی و هدایت روزنه‌ای دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود، اما اثر بستر کاشت بر عدد کلروفیل‌متر اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱). برای تاریخ‌های نشاکاری، اختلاف آماری معنی‌داری از نظر صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد مشاهده شد و اثر رقم نیز بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، دمای پوشش گیاهی و هدایت روزنه‌ای (در مرحله ظهور خوشه) معنی‌دار بود. برهمکنش عوامل مورد بررسی نیز برای صفات عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت، دمای پوشش گیاهی، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین دو ساله نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه به‌میزان ۵/۶۸ تن در هکتار مربوط به تیمار بستر مسطح با خاک خشک در تاریخ کاشت ۱۲ خرداد در رقم عنبوری قرمز پابلند و کم‌ترین عملکرد دانه به‌میزان ۳/۲۲ تن در هکتار مربوط به تیمار بستر مسطح با رطوبت ظرفیت زراعی در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد در رقم دانیال بود (شکل ۲-A).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب اثر شیوه‌های آماده‌سازی زمین و تاریخ‌های نشاکاری بر صفات مورد مطالعه در ارقام برنج

Table 1. Combined analysis of variance of the effect of land preparation methods and transplanting dates on the studied traits of rice cultivars

Source of variation	df	Grain yield	Biological yield	Harvest index	Panicle emergence			Grain dough stage		
					Canopy temperature	SPAD value	Stomatal conductance	Canopy temperature	SPAD value	Stomatal conductance
Year	1	66359466 **	341254810.7 **	25.5 ns	34.51 **	1137.74 **	185.95 *	96.04 **	229.97 **	2129.77 **
Block (Year)	4	73190 ns	3261680.2 **	25.8 *	1.88 ns	6.30 ns	78.90 ns	4.57 **	2.49 *	73.54 ns
Planting bed (A)	3	2730793 **	5504489.9 **	94.6 **	79.49 **	11.68 ns	1014.55 **	6.71 **	1.61 ns	610.03 **
Year × A	3	455230 **	927876.4 ns	69.1 **	60.81 **	22.65 *	1573.70 **	0.04 ns	5.29 **	1176.42 **
Error A	12	158449	1326933.2	3.6	9.25	5.51	46.32	3.61	2.14	52.85
Planting date (B)	2	3002961 **	19566126.5 **	1.5 ns	0.79 ns	210.96 **	37982.65 **	0.65 ns	71.13 **	1365.66 **
A × B	6	2005248 **	5981298.6 **	63.3**	32.13 **	14.34 ns	3209.65 **	1.86 ns	9.55 **	4441.47 **
Year × B	2	498751 *	8299319.8 **	81.1 **	111.63 **	58.67 **	152.43 *	0.10 ns	36.74 **	333.77 **
Year × A × B	6	559558 **	2368746.3 **	78.6**	14.05 **	32.94 **	157.29 **	0.15 ns	10.56 **	237.13 **
Error B	32	124947	846175.1	10.8	4.88	11.46	35.28	0.70	1.66	44.58
Cultivar (C)	2	38808954 **	173683931.0 **	25.0 *	135.59 **	12.81 ns	1176.14 **	1.41 ns	0.05 ns	56.46 ns
A × C	6	450026 **	918490.8 ns	44.9 **	40.45 **	14.83 ns	675.72 **	2.94 **	3.32 **	1266.03 **
B × C	4	337179 *	4653725.8 **	88.4 **	6.01 ns	21.61 *	3793.13 **	1.29 ns	3.04 **	3964.96**
Year × C	2	8021912**	135864.9 ns	684.4 **	39.86 **	41.57 **	590.00 **	0.13 ns	0.66 ns	255.87 **
Year × A × C	6	1635476 **	11145358.4 **	89.6 **	6.40 ns	23.83 **	298.19906 **	0.09 ns	1.40 ns	103.11 *
Year × B × C	4	1197633 **	2498478.9 **	92.0 **	38.30 **	31.58 **	512.38 **	0.14 ns	3.78**	146.91 *
Year × A × B × C	12	627951 **	3176538.9 **	83.0 **	16.63 **	11.56 ns	326.13 **	0.12 ns	1.72 *	104.73 *
A × B × C	12	411315 **	3871488.6 **	98.6 **	27.54 **	30.45 **	1106.11 **	2.84 **	2.86 **	1289.97 **
Error C	96	107463	661498.0	8.1	3.34	7.27	43.94	0.94	0.81	45.13
CV (%)	-	7.26	7.55	6.75	4.81	6.83	5.44	3.79	3.46	6.35

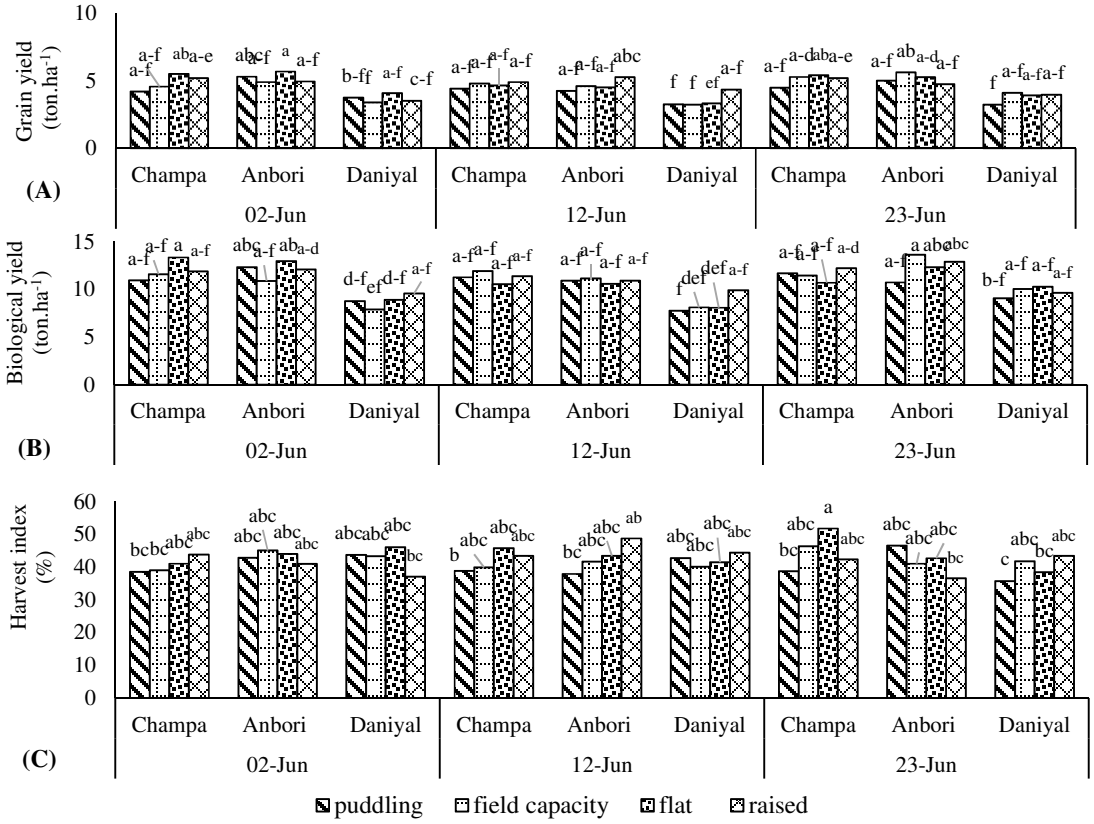
ns, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار با دمای پوشش گیاهی در مراحل ظهور خوشه (r=-۰/۲۱۶**) و خمیری دانه (r=-۰/۲۴۹**) نشان داد (جدول ۲). مقایسه دمای پوشش گیاهی ارقام مورد مطالعه نیز نشان داد که در تیمار بستر مسطح با رطوبت ظرفیت زراعی در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد، بیش‌ترین دمای پوشش گیاهی در مرحله ظهور خوشه (معادل ۴۲/۵۶ درجه سلسیوس) را رقم دانیال به‌خود اختصاص داد. به این ترتیب، به‌نظر می‌رسد که وقوع دمای بالای پوشش گیاهی در مرحله ظهور خوشه و همبستگی منفی بین عملکرد دانه و دمای پوشش گیاهی منجر به کاهش عملکرد دانه رقم پرمحصول دانیال نسبت به سایر ارقام شده و سازگاری بالای ارقام بومی به شرایط حاکم منطقه، موجب برتری آن‌ها نسبت به رقم دانیال شده است. در مرحله خمیری دانه در شرایط کشت در پشته نیز بیش‌ترین دمای پوشش گیاهی (با ۲۶/۹۴ درجه سلسیوس) متعلق به رقم دانیال بود. موت و همکاران (Mote *et al*., 2017) عنوان کردند که اجرای آبیاری متناوب در گیاه برنج موجب تولید تعداد پنجه، سطح برگ و زیست توده بیش‌تری نسبت به غرقاب دائم شد. نتایج تحقیق پان و همکاران (Pan *et al*., 2017) نشان داد که شاید اعمال دور آبیاری کم‌تر سبب کاهش جزئی عملکرد شود، اما مصرف آب آبیاری را به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. مائو (Mao, 2002) بیان کرد که وقوع غرقاب طولانی مدت در روش کشت مرسوم یا گل‌خرابی سبب ایجاد اختلالاتی (ایجاد شرایط احیاء در اثر عدم تهویه، تجمع مواد سمی در محیط ریشه، حساسیت گیاه به آفات و بیماری‌ها و آلودگی آب و خاک) در طول دوره رشد برنج می‌شود و به نظر می‌رسد که این عوامل سبب کاهش عملکرد محصول برنج در شرایط گل‌خرابی می‌شوند. یوسفی مقدم و همکاران (Yousefi Moghadam *et al*., 2007) نیز عنوان کردند که گل‌خرابی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیک خاک تأثیر می‌گذارد و این تغییرات بر رشد گیاه برنج مؤثر است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که علی‌رغم اثرگذاری ویژگی‌های درونی گیاه بر تولید محصول، شرایط محیطی اعم از کاربرد تاریخ و بستر مناسب کاشت و رقم مناسب نیز در تولید عملکرد بالا تاثیر به‌سزایی دارد. به‌نظر می‌رسد که تاریخ کاشت ۱۲ خرداد شرایط دمایی بهتری برای رشد برنج ایجاد کرده و از وقوع تنش در مرحله گلدهی و دانه‌بندی گیاه ممانعت کرده است. دستیابی به عملکرد دانه بیش‌تر توسط فتوسنتز و تلفات تنفسی گیاه تعیین می‌شود که هر دو به دما حساس بوده و تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار دارند (Ziska & Manalo, 1996). فیض‌بخش و فرجی (Feizbakhsh & Faraji, 2022) نتایج مشابهی را عنوان کردند. نتایج یک آزمایش سه ساله در ژاپن نیز نشان داد که با افزایش دمای هوا طی دوره پر شدن دانه، علاوه بر کاهش ۲۳ درصدی تعداد دانه‌های رسیده، متعاقب آن عملکرد دانه نیز کاهش یافت (Jagadish *et al*., 2007). ندیمی دفرازی و همکاران (Nadimi Dafrazi *et al*., 2018) نیز بیان کردند که با تاخیر در نشاکاری، وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در خوشه و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابند. آن‌ها دلیل این مساله را عدم باروری و عدم پر شدن دانه‌ها دانستند. ساتو و همکاران (Sato *et al*., 1973) نیز دمای بالا را دلیل عقیمی خوشه‌ها به‌علت تولید دانه‌های گرده کوچک‌تر و بساک‌های بازنشده عنوان کردند. عملکرد دانه بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد زیستی (r=۰/۸۰۷**) و شاخص برداشت (r=۰/۳۸۱**) نشان داد (جدول ۲). در تاریخ کاشت ۱۲ خرداد، رشد رویشی بوته‌ها با شرایط محیطی مناسب‌تری مواجه بود و منجر به افزایش تولید و تجمع بیش‌تر ماده خشک شد. از این‌رو، رقم عنبوری قرمز پابلند توانست از منابع محیطی در دسترس در مدت زمان بیش‌تری استفاده و با تخصیص بیش‌تر ماده خشک به دانه، شلتوک بیش‌تری تولید کند. به این دلیل این رقم در این تاریخ کاشت، بیش‌ترین میزان عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد.

بیش‌ترین عملکرد زیستی به تیمار بستر دارای رطوبت ظرفیت زراعی در تاریخ کاشت دوم تیرماه در رقم عنبوری قرمز پابلند (فاقد اختلاف معنی‌دار در بسترهای مختلف کاشت و تاریخ کاشت ۱۲ خرداد) به‌میزان ۱۳/۶۳ تن در هکتار و کم‌ترین عملکرد زیستی به تیمار بستر گل‌خرابی در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد در رقم دانیال به‌میزان ۷/۷۵ تن در هکتار تعلق داشت (شکل ۲-B). اگرچه پتانسیل رشد و عملکرد گیاهان وابسته به عوامل ژنتیکی است، اما برای دستیابی به حداکثر پتانسیل تولید، عامل‌های محیطی از قبیل شرایط اقلیمی بر رشد و نمو و عملکرد محصولات زراعی به‌ویژه برنج اثرگذار است (Liu *et al*., 2013). احتمالاً در تاریخ کاشت دوم تیرماه تغییرات دما (شب‌های کوتاه‌تر و خنک‌تر و روزهای طولانی‌تر و گرم‌تر)، تابش مستقیم نور و رطوبت بالاتر محیط به‌گونه‌ای بوده است که

با تعویق رشد زایشی، رشد رویشی و ماده خشک تجمع یافته در اندام هوایی بیش‌تر شده و رقم عنبوری قرمز پابلند قادر به تولید بیش‌ترین عملکرد زیستی شده است. در حالی‌که فیض‌بخش و فرجی (Feizbakhsh & Faraji, 2022) بیان کردند که در گرگان، کاشت در اول تیرماه نسبت به تاریخ کاشت ۳۰ اردیبهشت، به‌دلیل کوتاه‌تر شدن دوره رشد رویشی در نتیجه هم‌زمانی با روزهای گرم و طولانی، عملکرد زیستی برنج کاهش یافت. تفاوت تجمع ماده خشک کل بین ارقام مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی آن‌ها در استفاده از منابع رشد از جمله عناصر غذایی، رطوبت و تشعشع خورشیدی باشد. روساتی و دجونگ (Rosati & Djong, 2003) نیز ارتباط قوی میان عملکرد و کارایی دریافت تشعشع توسط گیاه را نشان دادند. ربیعی و همکاران (Rabiee *et al*., 2015) نیز بیان کردند که افزایش عملکرد زیستی در تاریخ‌های کاشت زودتر می‌تواند به دلیل تخصیص بیش‌تر مواد غذایی به ساقه در بازه زمانی طولانی‌تر به گیاه باشد.

از نظر شاخص برداشت نیز بیش‌ترین و کم‌ترین میزان به‌ترتیب در تیمارهای بستر مسطح با خاک خشک در تاریخ کاشت دوم تیر در رقم چمپا به‌میزان ۵۱/۷۱ درصد و در بستر گل‌خرابی در تاریخ کاشت دوم تیر در رقم دانیال به‌میزان ۳۵/۶۷ درصد مشاهده شد (شکل ۲-C). شاخص برداشت به عواملی نظیر طول دوره قبل و بعد از رشد دانه، تجمع ماده خشک و میانگین دما به‌دلیل تأثیر بر عملکرد دانه بستگی دارد (Soltani *et al*., 2005). به‌نظر می‌رسد در تاریخ کاشت دوم تیرماه به‌دلیل کوتاه شدن دوره رشد زایشی (کاهش سهم دوره زایشی از کل دوره رشد) و گسیل سریع‌تر مواد فتوسنتزی در مدت زمان کوتاه‌تر به سوی مخازن فیزیولوژیک منجر به افزایش در شاخص برداشت شده است. برخی مطالعات نشان داده است که شاخص برداشت از تاریخ کاشت متاثر نشد و دلیل این مساله را کاهش هم اندازه صفات رویشی و اجزای عملکرد دانه در شرایط تاخیر در تاریخ کاشت دانستند (Askari & Ehsanzadeh, 2015).



شکل ۲- برهمکنش شیوه‌های آماده‌سازی زمین×تاریخ نشاکاری بر عملکرد دانه (A)، عملکرد زیستی (B) و شاخص برداشت (C) ارقام برنج

Figure 2. Land preparation methods × transplanting dates interaction on grain yield (A), biological yield (B) and harvest index (C) of rice cultivars. Means followed by at least one similar letter are not significantly different by Tukey's test at 5% probability level.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط کاربرد شیوه‌های آماده‌سازی زمین و تاریخ‌های نشاکاری در ارقام برنج

Table 2. Correlation coefficients between traits under land preparation methods and transplanting dates conditions in rice cultivars

Trait†	GY	BY	HI	Panicle emergence			Grain dough stage		
				CT_{PE}	$SPAD_{PE}$	SC_{PE}	CT_{DS}	$SPAD_{DS}$	SC_{DS}
GY	1								
BY	0.807**	1							
HI	0.381**	-0.227**	1						
CT_{PE}	-0.216**	-0.241**	0.055 ns	1					
$SPAD_{PE}$	-0.296**	-0.324**	0.061 ns	0.256**	1				
SC_{PE}	0.04 ns	0.004 ns	0.043 ns	-0.10 ns	-0.274**	1			
CT_{DS}	-0.249**	-0.291**	0.086 ns	0.272**	0.272**	-0.032 ns	1		
$SPAD_{DS}$	-0.201**	-0.236**	0.04 ns	-0.004 ns	0.122 ns	-0.097 ns	0.002 ns	1	
SC_{DS}	0.097 ns	0.145*	-0.072 ns	-0.073 ns	-0.019 ns	0.125 ns	-0.127 ns	-0.127 ns	1

ns, * and ** Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

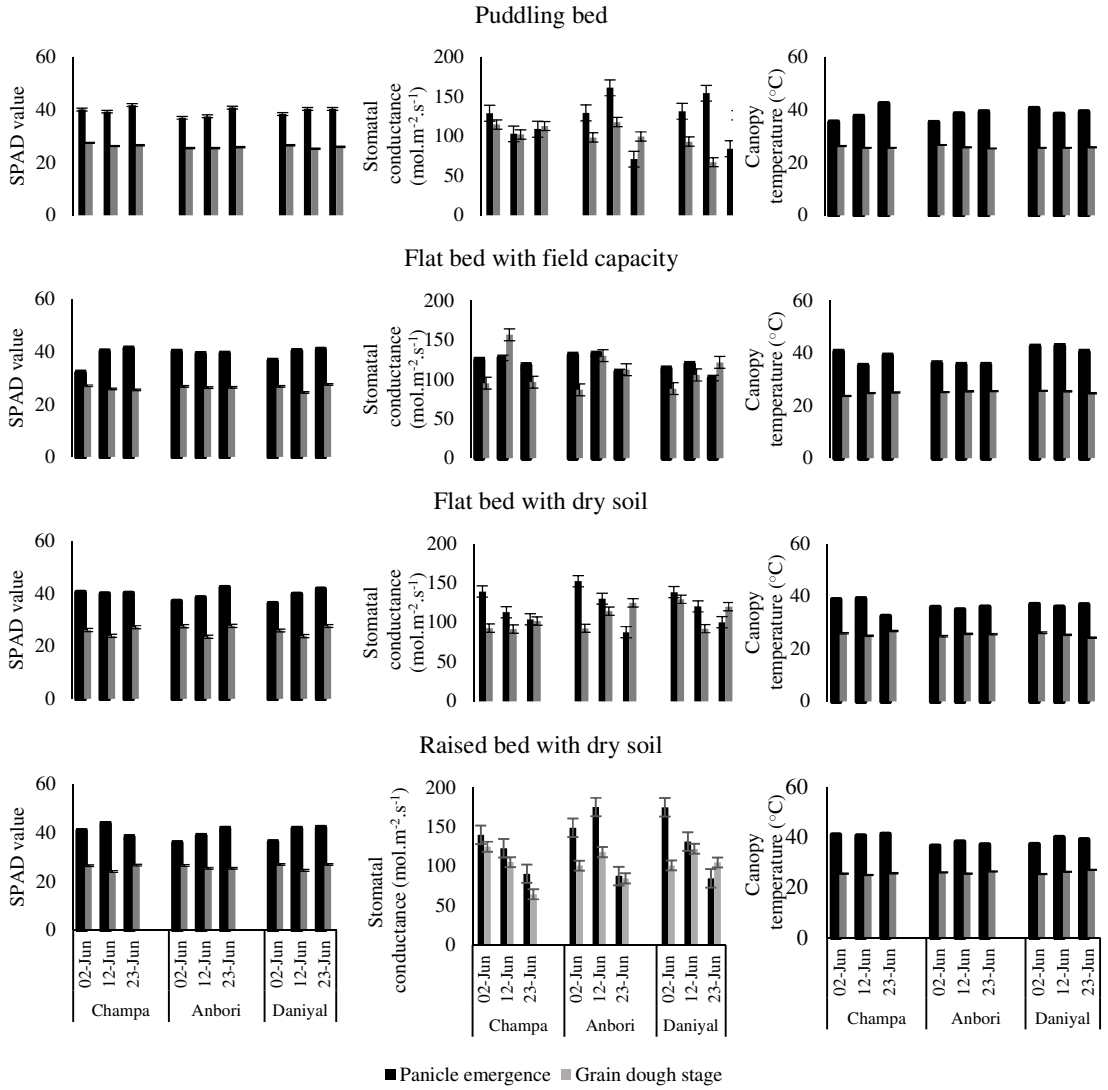
† GY, grain yield; BY, biological yield; HI, harvest index; CT, canopy temperature; SPAD chlorophyll meter value; SC, stomatal conductance; PE, panicle emergence stage; DS, grain dough stage.

بیش‌ترین دمای پوشش گیاهی در مرحله ظهور خوشه (۴۲/۵۶ درجه سلسیوس) به تیمار بستر دارای رطوبت ظرفیت زراعی در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد در رقم دانیال و کم‌ترین میزان آن (۳۲/۲۲ درجه سلسیوس) به تیمار بستر مسطح با خاک خشک در تاریخ کاشت دوم تیرماه در رقم چمپا تعلق داشت. در مرحله خمیری شدن دانه نیز بیش‌ترین و کم‌ترین دمای پوشش گیاهی به‌ترتیب در تیمارهای کشت در پشته در تاریخ کاشت دوم تیرماه در رقم دانیال (۲۶/۹۴ درجه سلسیوس) و بستر دارای رطوبت ظرفیت زراعی در تاریخ کاشت ۱۲ خرداد در رقم چمپا (۲۳/۶۶ درجه سلسیوس) مشاهده شد (شکل ۳).

بیش‌ترین میزان عدد کلروفیل‌متر در مرحله ظهور خوشه به‌میزان ۴۳/۶۵ درصد در تیمار کاشت پشته‌ای در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد در رقم چمپا و کم‌ترین مقدار این صفت به‌میزان ۳۲/۰۱ درصد در تیمار بستر دارای رطوبت زراعی در تاریخ کاشت ۱۲ خرداد در رقم چمپا مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین عدد کلروفیل‌متر در مرحله خمیری دانه نیز در تیمارهای بستر مسطح با خاک خشک در رقم عنبوری قرمز پابلند به‌ترتیب در تاریخ کاشت دوم تیرماه (۲۷/۷۹ درصد) و در تاریخ کاشت ۲۲ خردادماه (۲۳/۶۶ درصد) به‌دست آمد (شکل ۳). با توجه به نتایج همبستگی بین صفات به‌نظر می‌رسد که دمای بیش‌تر پوشش گیاهی، کاهش عملکرد دانه ($r = -0.216^{**}$ و $r= -0.249^{**}$) را در پی داشته است. از آنجایی که یکی از راه‌کارهای اساسی برای مقابله گیاه با تنش دمای بالا و جلوگیری از هدررفت آب، کاهش تبخیر و تعرق و بسته شدن روزنه‌ها است، این رفتار روزنه‌ها دسترسی کلروپلاست را به دی‌اکسیدکربن محدود می‌کند و به‌عنوان عامل اصلی تعیین کننده کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد تلقی می‌شود.

وجود عدد کلروفیل‌متر بالا و وقوع کم‌ترین دمای پوشش گیاهی در مرحله ظهور خوشه در تاریخ کاشت دوم تیرماه احتمالاً سبب افزایش تولیدات فتوسنتزی و افزایش عملکرد زیستی گیاه شده است. عدد کلروفیل‌متر در مرحله ظهور خوشه در بسترهای مختلف کاشت در ارقام مختلف افزایشی بود، اما در مرحله خمیری تغییرات عدد کلروفیل‌متر تقریباً ثابت بود. با توجه به نتایج همبستگی بین صفات (جدول ۲)، افزایش دما در مرحله ظهور خوشه احتمالاً سبب افزایش غلظت پروتوپلاسم سلول‌ها شد و در نتیجه به‌واسطه افزایش غلظت سلول‌های مزوفیل و همچنین کاهش اندازه و حجم سلول‌ها و سطح برگ، مقدار عدد کلروفیل‌متر یا غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ افزایش یافته است. وقوع تنش دمایی به‌دلیل تاخیر در تاریخ کاشت باعث افزایش عدد کلروفیل‌متر می‌شود، اما پس از گذشت زمان و ماندگاری شرایط تنش، احتمالاً به‌علت تخریب کلروپلاست‌ها و اثرات منفی بر کلروفیل، این صفت کاهش خواهد یافت. در آزمایش اسدی نسب و همکاران (Assadi Nassab *et al*., 2012) نتایج مشابهی گزارش شده است. در آزمایشی که مهدوی و همکاران (Mahdavi *et al*., 2006) انجام دادند، گزارش کردند که ارقام بومی به‌دلیل دارا بودن عدد کلروفیل‌متر کم‌تر، تراکم نیتروژن کم‌تری در واحد سطح برگ داشتند و به همین

دلیل میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده آن‌ها کم‌تر بود. زیرا درصد نیتروژن برگ، رابطه تنگاتنگی با میزان فتوسنتز و تولید بیوماس گیاه دارد (Kropff *et al*., 1993; Peng *et al*., 1995). دمای پوشش گیاهی گیاه در مرحله ظهور خوشه با تاخیر در کاشت در بستر گل‌خرابی و مسطح با خاک خشک، روند افزایشی نشان داد، اما در مرحله خمیری دانه، دمای پوشش گیاهی در هر سه رقم در چهار بستر مختلف کاشت از روند ثابتی تقریباً برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد که با تاخیر در تاریخ کاشت و در نتیجه مواجه شدن گیاه با دمای بالای محیط در دوره رشد زایشی، گیاه زراعی برنج با استفاده از چرخه زانتوفیل به‌منظور جلوگیری از تخریب کلروپلاست، مازاد الکترون‌های برانگیخته شده و نشت کرده از غشای تیلاکوئید را خنثی و به حرارت تبدیل کرده و دمای پوشش گیاهی افزایش یافته است، اما با افزایش بیش‌تر دمای محیط و مختل شدن چرخه زانتوفیل، مسیر زیست‌ساخت کاروتنوئیدها متوقف شده و احتمالاً مسیر زیست‌ساخت برخی آنتی‌اکسیدان‌ها فعال شده باشد.



شکل ۳- برهمکنش شیوه‌های آماده‌سازی زمین و تاریخ نشاکاری بر دمای پوشش گیاهی، عدد کلروفیل‌متر و هدایت روزنه‌ای در مراحل ظهور خوشه و خمیری دانه در ارقام برنج

Figure 3. Land preparation methods × transplanting dates interaction on canopy temperature, SPAD value and stomatal conductance at panicle emergence and grain dough stages in rice cultivars

هدایت روزنه‌ای در مرحله ظهور خوشه که در اواسط مهرماه به‌وقوع پیوست، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان را به‌ترتیب در تیمارهای کشت در پشته در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد در رقم عنبوری قرمز پابلند با میانگین ۱۷۵/۰۸ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه و بستر گل‌خرابی در تاریخ کاشت دوم تیرماه در رقم عنبوری قرمز پابلند به‌میزان ۷۰/۹۵ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه نشان داد. بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای در مرحله خمیری دانه در تیمار بستر دارای رطوبت زراعی در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد در رقم چمپا به‌میزان ۱۵۶/۴ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه و کم‌ترین مقدار آن در تیمار کشت در پشته در تاریخ کاشت دوم تیرماه در رقم چمپا با میانگین ۶۴/۳۱ میل‌مول بر مترمربع بر ثانیه مشاهده شد (شکل ۳). بر اساس نتایج پژوهش حاضر به‌نظر می‌رسد که تاریخ کاشت ۲۲ خرداد شرایط مطلوب‌تری را جهت افزایش هدایت روزنه‌ای در مرحله ظهور خوشه فراهم کرد و کشت در پشته نیز تهویه مناسب‌تری به‌وجود آورد و از این‌رو رقم عنبوری قرمز پابلند توانست هدایت روزنه‌ای بیش‌تر تولید کند. نتایج نشان داد که با تاخیر در کاشت، هدایت روزنه‌ای در بسترهای مختلف کاشت و در هر سه رقم کاهش یافت. احتمالاً با وقوع تنش دمایی به‌دلیل تاخیر در کاشت، گیاه به‌منظور حفظ محتوای آب سلول‌های خود و کاهش تعرق، با بستن روزنه‌ها، مقاومت روزنه‌ای را افزایش و هدایت روزنه‌ای را کاهش می‌دهد. بنابراین تاخیر در کاشت برنج و افزایش دمای محیط با اختلال در عوامل روزنه‌ای مانند هدایت روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای مانند کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو همراه است. با کاهش هدایت روزنه‌ای، گیاه با محدودیت ورود دی اکسید کربن و نیز اثر سمی تجمع یون‌ها روبرو می‌شود. میزان تعرق گیاه نیز همسو با کاهش هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. کاهش میزان تعرق گیاه و عدم تعادل دمایی موجب افزایش دمای برگ می‌شود، زیرا با کاهش مقدار آب در برگ گیاه، دمای برگ نسبت به محیط افزایش می‌یابد و با انجام آبیاری متناوب، رطوبت در داخل گیاه افزایش و دمای پوشش سبز گیاه کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، یک حد بحرانی دما برای هر گیاه وجود دارد که وقتی دمای برگ بیش‌تر از آن شد، می‌توان گفت که تنش رطوبتی در داخل گیاه آغاز شده است. این حد بحرانی دما مطلق نیست و بسته به دمای محیط متغیر است (Shahrukhnia, 2015). افشاریان‌زاده و همکاران (Afsharianzadeh *et al*., 2023) اعلام کردند که بین دمای پوشش گیاهی و هدایت روزنه‌ای رابطه عکس وجود دارد و با افزایش هدایت روزنه‌ای، دمای پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. کاهش هدایت روزنه‌ای و افزایش دمای پوشش گیاهی در اثر کمبود آب نشان‌دهنده بسته شدن نسبی روزنه‌ها و کاهش تعرق به‌عنوان فرآیند خنک کننده گیاه است. از طرفی بسته شدن روزنه‌ها، ورود دی اکسید کربن به برگ را مختل می‌کند و باعث کاهش غلظت دی اکسید کربن در جایگاه آنزیم رابیسکو می‌شود که نتیجه آن کاهش فتوسنتز و افزایش تنفس نوری و در نهایت کاهش ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این آزمایش شیوه‌های مختلف آماده-سازی زمین (بستر کاشت) و مدیریت بهینه این بسترها از طریق اعمال تاریخ نشاکاری مناسب توانست بر تولید محصول برنج تأثیرگذار باشد. عملکرد دانه به عنوان مهم-ترین هدف از کاشت گیاه برنج، بیش‌ترین میزان را در تیمار بستر مسطح با خاک خشک در تاریخ کاشت ۱۲ خرداد در رقم عنبوری قرمز پابلند نشان داد. تاریخ کاشت ۱۲ خرداد شرایط دمایی بهتری برای رشد رقم محلی عنبوری قرمز پابلند ایجاد نموده و از وقوع تنش در مرحله گلدهی و دانه‌بندی آن ممانعت نموده است. لذا منجر به افزایش تولید و تجمع بیش‌تر ماده خشک دانه گردیده و تولید شلتوک بیش‌تری نموده است. بستر مسطح با خاک خشک نیز از طریق ایجاد تهویه مناسب خاک، عدم تجمع مواد سمی در محیط ریشه و عدم ایجاد حساسیت گیاه به آفات و بیماری‌ها توانست بالاترین محصول را به‌وجود آورد. بنابراین به نظر می‌رسد بتوان با کاشت این گیاه بر بستر مسطح با خاک خشک و عدم اجرای گل‌خرابی، ایجاد اثرات منفی بر رشد گیاه را کاهش داده و به تولید محصول بالا دست یافت.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت تأمین اعتبار لازم برای اجرای این طرح تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع

نویسندگان تایید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هرگونه روابط تجاری یا مالی می‌تواند به عنوان تضاد منافع بالقوه تعبیر شود، انجام شده است.

رعایت اخلاق در نشر

نویسندگان اعلام می‌کنند که در نگارش این مقاله به‌طور کامل از اخلاق نشر از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و انتشار دوگانه، پیروی کرده‌اند. همچنین این مقاله حاصل یک کار تحقیقاتی اصیل بوده و تا کنون به‌طور کامل به هیچ زبانی و در هیچ نشریه یا همایشی چاپ و منتشر نشده است و هیچ اقدامی نیز برای انتشار آن در هیچ نشریه یا همایشی صورت نگرفته و نخواهد گرفت.

اجازه انتشار مقاله

نویسندگان با چاپ این مقاله به‌صورت دسترسی باز موافقت کرده و کلیه حقوق استفاده از محتوا، جدول‌ها، شکل‌ها، تصویرها و غیره را به ناشر واگذار می‌کنند.

References

Aalaee Bazkiaei, P., Kamkar, B., Amiri, A., Kazemi, H., & Rezaei, M. (2019). Effect of planting date and irrigation intervals on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in Rasht region. *Journal of Water Research in Agriculture*, *33*(2), 283-297. [In Persian]. doi: 10.22092/jwra.2019.119743.

Afsharianzadeh, R., Majidi Hervan, A., Nasri, M., Heidari SharifAbad, H., & Nourmohammadi, Gh. (2023). Comparison of yield and some physiological characteristics of wheat cultivars under cut irrigation levels in Shahriar region. *Journal of Crop Ecophysiology*, *17*(2), 185-204. [In Persian]. doi: 10.30495/JCEP.2023.1937295.1823.

Askari, E., & Ehsanzadeh, P. (2015). Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid and their interactive effects on physiological characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, *37*, 1-14. https://10.1007/s11738-014-1762-y.

Assadi Nassab, N., Hassibi, P., Roshanfekr, H., & Meskarbashee, M. (2012). Study of photosynthesis and respiration changes in different sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes under salinity stress. *Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture)*, *35*(1), 55-69. [In Persian].

Bhuyan, M. H. M., Ferdousi, R., & Iqbal, M. T. (2012). Yield and growth response to transplanted aman rice under raised bed over conventional cultivation method. *International Scholarly Research Network (ISRN Agronomy)*, *2012*, 646859. doi: 10.5402/2012/646859.

Feizbakhsh, M. T., & Faraji, A. (2022). Effects of planting date on the yield and water efficiency of rice by direct cultivation method in dry bed. *Journal of Crops Improvement*, *24*(2), 437-447. [In Persian]. doi: 10.22059/jci.2021.319801.2523.

Gilani, A. (2010). Determination of tolerance mechanisms and physiological effects of heat stress in Khuzestan rice cultivars. Ph. D. Dissertation. Ramin University of Agriculture and Natural Resources (Ahvaz), Ahvaz, Iran. [In Persian].

Gilani, A., Fathi, Gh., & Siadat, A. (2002). Effect of planting date on yield and yield components of seven high quality rice cultivars in Khuzestan. *Soil & Water Sciences*, *6*(1), 163-176. [In Persian]. dor: 20.1001.1.24763594.1381.6.1.6.3.

Gilani, A., Siadat, A., Jalali, S., & Limuchi, K. (2017). Evaluating the effects of sowing dates on the peduncle anatomy and grain yeild of rice cultivars in the climatic condition of Khuzestan province. *Journal of Crop Ecophysiology*, *10*(40), 975-990. [In Persian].

Kropff, M. J., Cassman, K. J., Van Laar, H. H., & Peng, S. (1993). Nitrogen and yield potential of irrigated rice. *Plant & Soil*, *156*, 391-394. doi: 10.1007/BF00025065.

Jagadish, S. V. K., Craufurd, P. Q., & Wheeter, T. R. (2007). High temperature stress and spikelet fertility in ricen (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, *58*(7), 1627-1635. doi: 10.1093/jxb/erm003.

Limouchi, K., Siyadat, A., & Gilani, A. A. (2013). The effect of different planting dates on growth indices and yield of rice cultivars at Northern Khozestan. *Crop Production*, *6*(2), 167-184. [In Persian]. dor: 20.1001.1.2008739.1392.6.2.10.8.

Limouchi, K., Siyadat, A., & Gilani, A. A. (2015). Effect of different planting dates on the panicle characteristics and yield of rice cultivars in northern Khuzestan. *Journal of Crop Production & Processing*, *4*(14), 77-88. [In Persian]. dor: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.7.7.

Liu, L., Zhu, Y., Tang, L., Cao, W., & Wang, E. (2013). Impacts of climate changes, soil nutrients, variety types and management practices on rice yield in east China: A case study in the Taihu region. *Field Crops Research*, *149*, 40-48. doi: 10.1016/j.fcr.2013.04.022.

Mahdavi, F., Esmaili, M. A., Fallah, A., & Pirdashti, H. A. (2006). Study of morphological characteristics, physiological indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.)

landraces and improved cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *7*(4), 280-297. [In Persian]. dor: 20.1001.1.15625540.1384.7.4.1.9.

Manzoor, Z., Awan, T. H., Safdar, E., Ali, R. I., Ashraf, M. M., & Ahmad, M. (2006). Effect of nitrogen levels on yield and yield components of Basmati. *Journal of Agricultural Research*, *44*(2), 115-122.

Mao, Z. (2002). Water efficient irrigation and environmentally sustainable irrigated rice production in China. Department of Irrigation and Drainage, Wuhan University, China. 15 p.

Mote, K., Rao, V. P., Ramulu, V., Kumar, K. A., & Devi, M. U. (2017). Standardization of alternate wetting and drying (AWD) method of water management in low land rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Plant Production*, *11*(4), 515-532. http://10.22069/ijpp.2017.3715.

Neisi, H., Rafieiolhossaini, M., Tadayon, M. R., Ahmadpour, S. R., & Karimi, A. (2023). Effect of different sources organic fertilizers and nitrogen on some physiological, quantitive and qualitive characteristics of rice. *Crop Physiology Journal*, *14*(54), 45-62. [In Persian].

Nadimi Dafrazi, M. H., Esfahani, M., & Aalami, A. (2018). Effect of transplanting time on grain yield, yield components and remobilization of three rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Roudbar region. *Cereal Research*, *7*(4), 471-483. [In Persian]. doi: 10.22124/c.2018.3052.

Pan, J., Liu, Y. Z., Zhong, X., Lampayan, R. M., Singleton, G. R., Huang, N., Liang, K., Peng, B., & Tian, K. (2017). Grain yield, water productivity and nitrogen use efficiency of rice under different water management and fertilizer-N inputs in South China. *Agricultural Water Management*, *184*, 191-200. doi: 10.1016/j.agwat.2017.01.013.

Peng, S., Cassman, K. G., & Kropff, M. J. (1995). Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in the tropics. *Crop Science*, *35*(6), 1627-1630. 10.2135/cropsci1995.0011183X003500060018x.

Rabiee, M., & Jilani, M. (2015). Effect of the planting date, row spacing and seed rate on grain yield and protein yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in Rasht. *Iranian Journal of Pulses Research*, *5*(1), 9- 22. [In Persian]. doi: 10.22067/IJPR.V1393I1.46052.

Rosati, A., & Djong, T. M. (2003). Estimating photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. *Annals of Botany*, *91*(7), 869-877. doi: 10.1093/aob/mcg094.

Sanderson, T., & Ahmadi-Esfahani, F. Z. (2010). Climate change and Austeria's comparative advantage in broadacre agriculture. *Agricultural Economics*, *42*(6), 657-665. doi: 10.1111/j.1574-0862.2011.00544.x.

Sato, K., Inaba, K., & Tozawa, M. (1973). High temperature injury of ripening in rice plant. I. The effects of high temperature treatments at different stages of panicle development on the ripening. *Japanese Journal of the Crop Science*, *42*, 207-213. doi: 10.1626/jcs.42.207.

Shahrukhnia, M. A. (2015). Irrigation planning of fields and gardens by measuring plant leaf temperature. Technical Note Vo. 7. Publication of Fars Agricultural and Natural Resources Research and Training Center. [In Persian].

Soltani, A., Torabi, B., & Zarei, H. (2005). Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: Application in chickpea. *Field Crops Research*, *91*, 273-285. doi: 10.1016/j.fcr.2004.07.016

Ministry of Agriculture-Jahad. (2023). Agricultural statistics, Vol. 1. Crop plants. Center of Statistics, Information & Communication Technology, Ministry of Agriculture-Jahad, Tehran, [In Persian].

Yousefi Moghadam, S., Mousavi, S., Mostafazadeh Fard, B., Yazdani, M., & Hemmat, A. (2007). The effect of different levels of puddling on changes in moisture content and volume density of three dominant soil textures in paddy fields of Gilan province. *Journal of Water & Soil*, *22*(2), 382-393. [In Persian]. doi: 10.22067/jsw.v0i22.1037.

Yousefiyan, M., Shahnazari, A., Zia-Tabar Ahmadi, M. Kh., Rayini Sarjaz, M., & Arabzadeh, B. (2023). Investigating the effect of regulated deficit irrigation and partial root dring on some physical and qualitative properties of rice grains and nitrogen absorption in furrow cultivation. *Journal of Irrigation Sciences & Engineering*, *45*(4), 73-86. [In Persian]. doi: 10.22055/JISE.2021.31483.1889.

Ziska, L., & Manalo, P. A. (1996). Increasing night temperature can reduce seed set and potential yield of tropical rice. *Australian Journal of Plant Physiology*, 23(6), 791-794. doi: 10.1071/PP9960791.