Vol 16, No. 3, Autumn 2026

University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management Online ISSN: 2382-9931

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Evaluation of the Effect of Tape-Drip Irrigation with Mulch and the Amount of Water Used and Nitrogen Fertilizer on the Growth and Water Productivity of Rice

Shahla Abbasbeigi[1] | Mahmoud Mashal[2]✉ | Hamzehali Alizade[3] | Yaser Alizadeh[4] | Seyyed Ebrahim Hashemi Garmdareh[5]

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: shahla.abbasbeigi@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: mmashal@ut.ac.ir
3. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: h.alizadeh@ilam.ac.ir
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran. E-mail: y.alizadeh@ilam.ac.ir
5. Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agricultural Technology (Aburaihan), University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: sehashemi@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 30 June 2026
Received in revised form
8 July 2026
Accepted 8 August 2026
Published online 26 October 2026

Keywords:
Plastic film mulch
Tape drip irrigation
Water productivity
Yield components

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of irrigation method, water consumption and nitrogen fertilizer amounts on rice growth and water productivity in the 1403 crop year at the Ilam University Research Farm. The experiment was conducted in split plots in a randomized complete block design with three replications. The treatments included two irrigation methods (tape drip irrigation whith and without plastic mulch), three levels of water supply (80, 100 and 120 percent of plant water requirement) and three levels of nitrogen fertilizer (50, 75 and 100 percent of fertilizer requirement). The results of statistical analysis showed that the main effects of irrigation method, water supply level and nitrogen fertilizer were significant on most of the studied traits. The use of mulch in the drip irrigation type system increased plant growth, yield components and water productivity by improving soil moisture conditions. The highest number of grains per spike and 1000-grain weight were obtained in the drip irrigation treatment with mulch, providing 120% of the water requirement and using 100% of nitrogen; while the highest harvest and water productivity index were observed in the drip irrigation treatment with mulch, providing 100% of the water requirement and using 100% of nitrogen. The reduction in the level of water and nitrogen supply also caused a decrease in growth traits, yield components, and water use efficiency. Based on the results, drip irrigation with mulch and full nitrogen use, especially at the level of providing 100% of the plant's water requirement, can be suggested as an effective strategy for improving yield, increasing water productivity, and sustainability of rice production in semi-arid conditions.

Cite this article: Abbasbeigi, Sh., Mashal, M., Alizade, H., Alizadeh, Y., & Hashemi Garmdareh, S. E. (2026). Evaluation of the Effect of Tape-Drip Irrigation with Mulch and the Amount of Water Used and Nitrogen Fertilizer on the Growth and Water Productivity of Rice. *Journal of Water and Irrigation Management*, 16 (3), 539-557. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2026.417628.1317

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2026.417628.1317

دوره شانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۵

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

ارزیابی تأثیر آبیاری قطره‌ای نواری با خاک‌پوش و میزان آب مصرفی و کود نیتروژن بر رشد و بهره‌وری آب برنج

شهلا عباس بیگی[۱] | محمود مشعل[۲]✉ | حمزه‌علی علیزاده[۳] | یاسر علیزاده[۴] | سید ابراهیم هاشمی گرمدره[۵]

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: shahla.abbasbeigi@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: mmashal@ut.ac.ir

۳. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: h.alizadeh@ilam.ac.ir

۴. گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: y.alizadeh@ilam.ac.ir

۵. گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: sehashemi@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۱۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۸/۰۴

کلیدواژه‌ها:

آبیاری قطره‌ای نواری

اجزای عملکرد

بهره‌وری آب

خاک‌پوش ورق پلاستیکی

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی اثر روش آبیاری، آب مصرفی و مقادیر کود نیتروژن بر رشد و بهره‌وری آب برنج در سال زراعی ۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل دو روش آبیاری (آبیاری قطره‌ای تیپ بدون مالچ و آبیاری قطره‌ای تیپ همراه با مالچ)، سه سطح تأمین آب (۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه) و سه سطح کود نیتروژن (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی) بودند. نتایج تجزیه آماری نشان داد که اثرات اصلی روش آبیاری، سطح تأمین آب و کود نیتروژن بر بیش‌تر صفات موردبررسی معنی‌دار بود. کاربرد مالچ در سیستم آبیاری قطره‌ای تیپ با بهبود شرایط رطوبتی خاک، موجب افزایش رشد گیاه، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب شد. بیش‌ترین تعداد دانه در خوشه و وزن هزاردانه در تیمار آبیاری قطره‌ای تیپ همراه با مالچ، تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی و مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن حاصل شد، درحالی‌که بیش‌ترین شاخص برداشت و بهره‌وری آب در تیمار آبیاری قطره‌ای تیپ همراه با مالچ، تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن مشاهده گردید. کاهش سطح تأمین آب و نیتروژن نیز موجب افت صفات رشدی، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب شد.

براساس نتایج، آبیاری قطره‌ای نواری همراه با خاک‌پوش پلاستیکی و مصرف کامل نیتروژن، به‌ویژه در سطح تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری مؤثر برای بهبود عملکرد، افزایش بهره‌وری آب و پایداری تولید برنج در شرایط نیمه‌خشک پیشنهاد شود.

استناد: عباس‌بیگی، شهلا؛ مشعل، محمود؛ علیزاده، حمزه‌علی؛ علیزاده، یاسر و هاشمی گرمدره، سید ابراهیم (۱۴۰۵). ارزیابی تأثیر آبیاری قطره‌ای نواری با خاک‌پوش و میزان آب مصرفی و کود نیتروژن بر رشد و بهره‌وری آب برنج. *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۶ (۳)، ۵۳۹-۵۵۷.

DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2026.417628.1317

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

محدودیت منابع آب، افزایش تقاضا برای غذا، تغییر کاربری اراضی، تغییرات آب‌وهوایی، کاهش حاصلخیزی خاک و بهره‌وری پایین محصولات ازجمله مهم‌ترین چالش‌های پیشروی تأمین امنیت غذایی جهان می‌باشد. رقابت بین بخش‌های مختلف مصرف، باعث کمیابی آب شیرین برای مصرف در بخش کشاورزی شده است (Reba *et al*., 2013; IWMI, 2019). برنج بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در بخش کشاورزی است و دو یا سه برابر بیش‌تر از سایر غلات مانند گندم و ذرت به آب نیاز دارد (Gheewala *et al*., 2014; Ringler & Zhu, 2015). تقریباً آبیاری در تمام مناطق شالی‌کاری با استفاده از رژیم آبیاری غرقابی انجام می‌شود و درنتیجه منجر به بهره‌وری پایین آب محصول (CWP) می‌شود.

بسته به اقلیم و رقم کشت برای تولید هر کیلوگرم برنج حدود ۲۵۰۰ لیتر آب مصرف می‌شود، درحالی‌که برای تولید یک کیلوگرم گندم و ذرت به‌طور متوسط ۶۵۰ تا ۹۰۰ لیتر آب مصرف می‌شود (Oliver *et al*., 2019). استفاده بهینه از آب یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Ahmadi Saraeilani *et al*., 2020). کم‌آبیاری از اقدامات مدیریتی در مزرعه است که باعث افزایش بهره‌وری آب می‌شود. در پژوهشی نشان داده شده است که در شرایط کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب نسبت به آبیاری کامل بیش‌ترین درآمد خالص نصیب کشاورز می‌شود (Mashal *et al*., 2009). در پژوهشی نشان داده شد تیمار کم‌آبیاری در سطح ۷۵ درصد اثر مخرب بر روی گیاه شب بو نداشته و باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب در سطح یک درصد شد (Azadegan *et al*., 2022). آبیاری قطره‌ای از دیگر تکنیک‌های صرفه‌جویی در آب کشاورزی است.

استفاده از آبیاری قطره‌ای در کشت هوازی برنج، یک استراتژی معاصر برای صرفه‌جویی در مصرف آب است. با این‌حال، شواهد ناکافی در مورد امکان‌سنجی فنی، مانند روش استقرار گیاه، الگوی کاشت، لوازم آبیاری قطره‌ای و روش طراحی، سطح بهره‌وری، میزان صرفه‌جویی در منابع آب و توجیه اقتصادی استفاده از آن را در برنج آبی محدود کرده است.

آبیاری قطره‌ای زیر مالچ پلاستیکی[۴] (DIPM) به‌عنوان یک فناوری پیشرفته صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی که در سطح جهانی شناخته شده است که نقش مهمی در تولید غلات داشته است و به یک روش فزاینده محبوب تبدیل‌شده است. در یک بررسی، Wang *et al.* (2023) نشان دادند که آبیاری قطره‌ای زیر مالچ پلاستیکی می‌تواند موجب صرفه‌جویی ۵۴ تا ۶۴ درصد آب مصرفی گردد. استفاده از مالچ در سطح خاک اثرات مطلوبی بر روی رژیم آب خاک با کنترل تبخیر از سطح خاک، اصلاح نفوذپذیری و نگهداشت آب در خاک، کاهش چگالی ظاهری خاک و چگالش هوای مرطوب خاک در طول شب به‌علت کاهش دمای خاک می‌گذارد، هم‌چنین بر میکروکلیمای خاک اثر مطلوبی بر جوانه‌زنی و ریشه دوانی گیاه دارد (Abbasbeigi *et al*., 2022). از جنبه منفی، باعث آلودگی ناشی از بقایای مالچ پلاستیکی می‌شود، به ساختار خاک آسیب می‌رساند، بر رشد محصول تأثیر می‌گذارد و منجر به افزایش گرفتگی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌شود که هزینه‌های کشاورزی و مصرف انرژی را افزایش می‌دهد، مانع رشد محصول می‌شود، مدیریت شوری خاک را مختل می‌کند و سطح آب‌های زیرزمینی را بیش‌تر کاهش می‌دهد (Wang *et al*., 2024).

علاوه بر آب آبیاری، نیتروژن به‌طور قابل‌توجهی برای تولید برنج موردنیاز است (Spiertz, 2012). نیتروژن گلوگاه رشد بوده و تشکیل‌دهنده قسمت عمده ساختمان اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوتید کلروفیل را نیتروژن تشکیل می‌دهد. نیتروژن سبب رشد رویشی و زایشی گیاه شده و تعداد خوشه، سطح برگ، تعداد دانه و محتوای پروتئین را افزایش می‌دهد، بنابراین نیتروژن بر تمامی عوامل مؤثر در عملکرد تأثیر مهمی دارد (Nahvi *et al*., 2020). آب و نیتروژن دارای اثر متقابل بر عملکرد محصول می‌باشند (Zhang *et al*., 2020). برهم‌کنش آب و نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیکی برنج ازجمله شیره پرورده، فتوسنتز و شاخص سطح برگ تأثیر به‌سزایی دارد (Xu *et al*., 2018).

با توجه به رغبت کشاورزان به کشت برنج ازیک‌طرف و مصرف بالای آب در این گیاه از طرف دیگر، بررسی شیوه‌هایی که هم معیشت کشاورزان و هم پایداری منابع پایه محفوظ بماند اجتناب‌ناپذیر است. ضمن اینکه مقایسه کود و شیوه‌های مختلف آبیاری برنج در استان ایلام باوجود کشت سالانه برنج، وجود ندارد. با بررسی شیوه کشت و کار برنج در داخل کشور و هم‌چنین تجربیات جهانی کشت برنج به این باور رسیده‌اند که «برنج لزوماً گیاهی که باید در شرایط غرقاب رشد کند، نیست» درنتیجه برای تغییر این نگرش باید برنامه‌های عملیاتی تدوین نمود (Kiani *et al*., 2022). یکی از این راه‌حل‌های عملیاتی استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری از قبیل آبیاری قطره‌ای، استفاده از مالچ و مدیریت کود نیتروژن است. به همین دلیل این پژوهش با هدف بررسی عملکرد و بهره‌وری آب در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و سطوح مختلف کود نیتروژن اجرا شد.

۲. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با هدف، ارزیابی تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب برنج (رقم عنبربو) در استان ایلام در شرایط مزرعه‌ای طراحی و اجرا گردیده است. اجرای این پژوهش طی سال زراعی ۱۴۰۳، در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت دانشگاه ایلام صورت گرفته است. در اینجا، ابتدا مشخصات منطقه موردمطالعه و بررسی‌های آزمایشگاهی شامل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک منطقه ارائه می‌گردد. سپس، جزئیات مربوط به تیمارهای اعمال‌شده در آزمایش تشریح شده و مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت محصول بیان خواهد شد. در انتها نیز، روش‌های محاسبه شاخص‌های بهره‌وری و تحلیل‌های آماری مورداستفاده در این پژوهش توضیح داده می‌شوند.

۲. ۱. منطقهٔ موردمطالعه

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت دانشگاه ایلام با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ارتفاع ۱۱۷۴ متر از سطح دریا انجام شد. موقعیت منطقه موردمطالعه در شکل (۱) ارائه شده است.

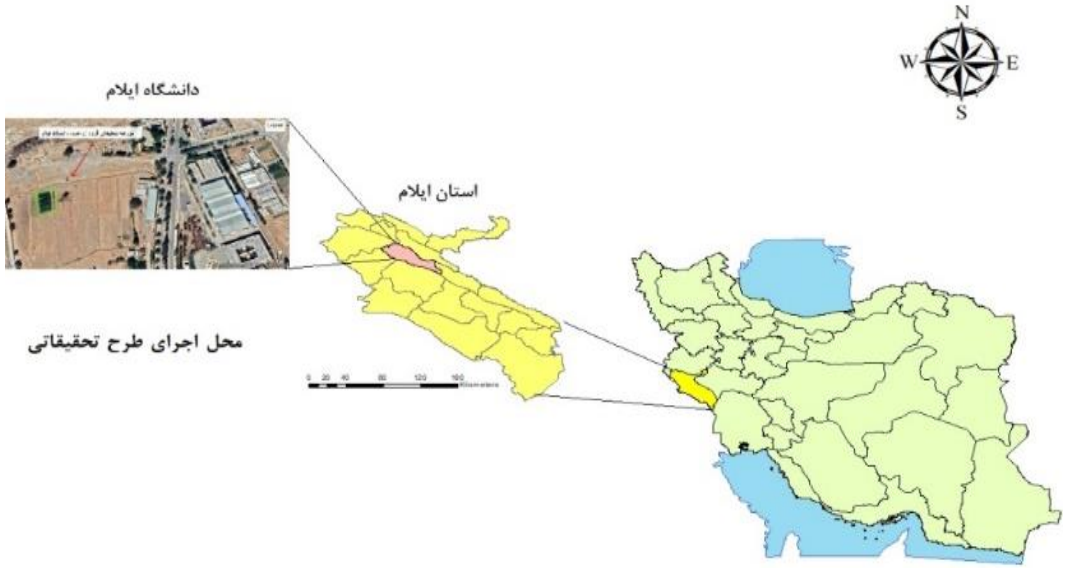


Figure 1. Geographic location of the study area

منطقه موردمطالعه دارای اقلیمی نیمه‌خشک با میانگین بارندگی سالانه ۴۴۸ میلی‌متر، حداکثر درجه حرارت ۴۶ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت ۱۲- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک موردمطالعه در این آزمایش در جدول (۱) ارائه‌شده است.

Table 1. Some physical and chemical properties of soil at the experimental site

Soil depth (cm)	Soil texture (cm)	Bulk density (g/cm³)	Available potassium (ppm)	Available phosphorus (ppm)	Total nitrogen (%)	Electrical conductivity (dS/m)	Field capacity (%)	Permanent wilting point (%)
0-60	Clay loam	1.41	319.3	3.8	0.14	1.31	27.5	14.1

۲. ۲. روش انجام مطالعه

آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت طرح کرت‌های دو بار خردشده (split -split-plot) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار، طی سال زراعی (۱۴۰۳) انجام شد. روش آبیاری شامل دو روش آبیاری (آبیاری قطره‌ای و آبیاری قطره‌ای با پوشش مالچ)، به‌عنوان کرت اصلی و سطوح آبیاری مختلف (۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه) و سطوح کود نیتروژن شامل سه سطح نیتروژن (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیتروژن موردنیاز) به‌عنوان کرت‌های فرعی اجرا گردید. کرت‌ها به ابعاد ۱/۵ متر در ۵ متر برای مجموعاً ۱۸ تیمار در سه تکرار اجرا گردید. به‌منظور جلوگیری از تداخل رطوبتی، فاصله ۱ متری بین کرت‌های اصلی و ۰/۵ متر بین کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. خاک‌پوش ورق پلاستیکی[۱] مورداستفاده از جنس پلی‌اتیلن کم‌چگالی[۲] (LDPE)، به رنگ سفید، با عرض ۱۰۰ سانتی‌متر و ضخامت ۳۰ میکرون، حاوی ۳ درصد پایدارکننده UV بود. نحوه قرارگیری تیمارها نسبت به هم در شکل (۲) به‌صورت شماتیک نمایش داده شده است.

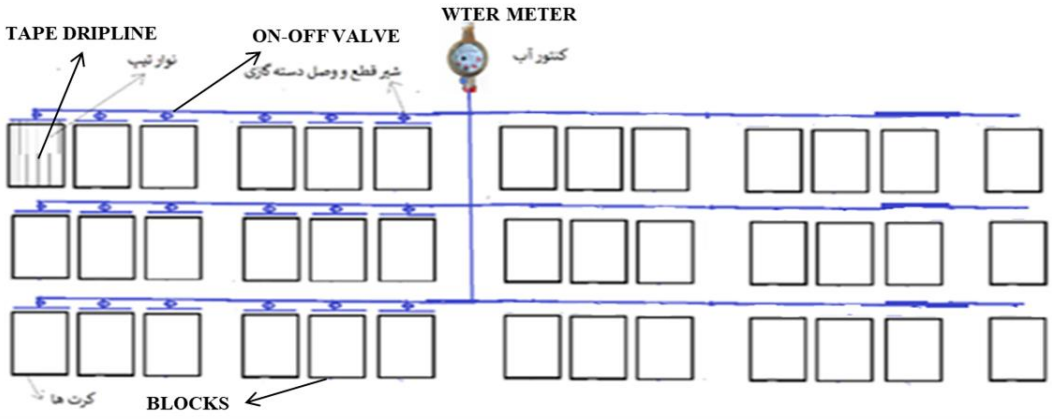


Figure 2. Position of different irrigation treatments with and without mulch

مقدار نیتروژن خالص موردنیاز براساس آزمایش خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد. تیمارهای کودی شامل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد این مقدار بودند. میزان ۵۰ درصد آن در ابتدای فصل رشد و ۵۰ درصد باقی‌مانده قبل از گلدهی به‌صورت کودآبیاری اعمال گردید. مقدار کود فسفر و پتاسیم موردنیاز براساس آزمون خاک تعیین شد. بر این اساس، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل (۴۶ درصد) به‌صورت پایه مصرف شد. با توجه به آنالیز خاک نیازی به کود پتاسیم نبود.

کشت شلتوک در کلیه تیمارها به‌صورت بذرپاشی خشکه در ۲۲ اردیبهشت‌ماه انجام شد. عملیات تهیه بستر و آماده‌سازی زمین مانند شخم، تسطیح خاک، افزودن کودهای پایه، مرز کشی کرت‌ها و مالچ‌کشی در اوایل اردیبهشت‌ماه انجام شد. شکل (۳) نمایی از آماده‌سازی زمین، توزین کود نیتروژن و مراحل رشد گیاه را نشان می‌دهد.



Figure 3. Land preparation, nitrogen fertilizer weighing, and plant growth stages

در این پژوهش، به‌منظور اندازه‌گیری رطوبت خاک و تعیین زمان بهینه آبیاری از دستگاه TDR[۳] (مدل R2V/6 ساخت شرکت Delta-T) استفاده شد. معادله واسنجی دستگاه TDR برای مزرعه موردمطالعه به‌صورت رابطه (۱) استخراج شد.

رابطه ۱) $\theta_o=1.087\times\theta_{TDR}-0.03$

که در آن، θ_o رطوبت خاک اندازه‌گیری‌شده و θ_{TDR} قرائت دستگاه می‌باشد.

حجم آب آبیاری براساس جبران کمبود رطوبت خاک در ناحیه ریشه و مساحت کرت محاسبه شد (رابطه ۲). حجم آب آبیاری لازم با استفاده از کنتور حجمی به کرت داده می‌شد.

رابطه ۲) $V=(\theta_{fc}-\theta_i)\times A\times D_r$

که در آن، θ_{fc}: رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی (درصد)، θ_i: رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد)، A: مساحت کرت به ابعاد ۱/۵ متر در ۵ متر و Dr: عمق توسعه ریشه برحسب متر می‌باشد.

بیش از ۹۰ درصد کل طول ریشه برنج در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک توزیع می‌شود (Teo *et al*., 1995)، بنابراین عمق مؤثر توسعه ریشه در این مطالعه ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

دور آبیاری وابسته به مرحله رشد و کمبود رطوبتی خاک بین ۲ تا ۵ روز متغیر بود. مقدار حجم آب کاربردی تیمارها در جدول (۲) ارائه شده است.

Table 2. Volume of irrigation water applied in different treatments ($m^3 \cdot ha^{-1}$)

Irrigation Treatment	Treatment	
	Drip	Drip +mulch
I120	11000	8880
I100	9250	7400
I080	7400	5920

۲. ۲. ۱. شاخص‌های عملکرد

مهم‌ترین شاخص‌های عملکردی اندازه‌گیری‌شده در پایان فصل شامل ارتفاع بوته، تعداد خوشه، تعداد دانه روی خوشه، وزن زیست‌توده، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و بهره‌وری آب بود. برای بررسی اثر تیمارهای مختلف بر شاخص بهره‌وری آب مبتنی بر وزن دانه و وزن ماده خشک به‌ترتیب از روابط زیر استفاده شد (Shoaei Parchin *et al*., 1995):

$$WP_{bg}=\frac{Y_g}{I}$$ رابطه ۳)

$$WP_{bdm}=\frac{Y_{dm}}{I}$$ رابطه ۴)

در این روابط، WP_{bg}: بهره‌وری آب مبتنی بر دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_g: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، I: میزان آب آبیاری (مترمکعب در هکتار)، WP_{bdm}: بهره‌وری آب مبتنی بر ماده خشک (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_{dm}: عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های عملکردی در پایان فصل رشد، از هر کرت یک مترمربع (۱×۱ متر) به‌صورت تصادفی انتخاب و گیاهان در سطح زمین قطع (کف‌بر) شدند. نمونه‌های برداشت‌شده به آزمایشگاه منتقل و ابتدا وزن تر زیست‌توده (بیوماس) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها خشک‌شده و وزن خشک زیست‌توده تعیین گردید. عملکرد دانه برنج نیز پس از کوبیدن و جداسازی دانه‌ها از کاه و کلش، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد. برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه از تیمار (سه تکرار) به‌طور تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و پارامترهای مدنظر اندازه‌گیری شد. تعیین وزن هزاردانه، از هر کرت سه نمونه ۱۰۰۰ دانه‌ای به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از خشک‌کردن وزن شد و میانگین آن‌ها گزارش گردید. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده (وزن خشک) محاسبه شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

با هدف ارزیابی اثر سطوح تأمین آب و کود نیتروژن و کاربرد خاک‌پوش پلاستیکی، بر بهره‌وری آب و رشد گیاه در آبیاری زراعت برنج (رقم عنبربو) به‌روش آبیاری قطره‌ای نواری در استان ایلام، پژوهشی در شرایط مزرعه در سال زراعی ۱۴۰۳ انجام شد.

در پایان دوره رشد و هم‌زمان با رسیدن فیزیولوژیک گیاه برنج، پارامترهای مختلف مورفولوژیک و عملکردی شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، وزن بوته، وزن هزاردانه اندازه‌گیری گردید. سپس شاخص برداشت و شاخص بهره‌وری مصرف آب محاسبه گردید. قبل از انجام تجزیه واریانس، فرضیات موردنیاز برای تجزیه واریانس (نرمال‌بودن توزیع اشتباه‌های آزمایش، یکنواختی واریانس‌های درون‌تیماری) بررسی گردید. نتایج نشان داد که صفات موردارزیابی در این پژوهش از توزیع نرمال تبعیت می‌نمودند. پس از اطمینان از برآورده‌شدن فرضیات موردنظر، اقدام به تجزیه واریانس مشاهدات آزمایش گردید. نتایج تجزیه واریانس صفات ارزیابی‌شده در جدول (۳) آورده شده است.

Table 3. Results of analysis of variance of evaluated traits

Source of changes	df	Thousand grain weight	Crop yield	Plant height	Number of panicles per plant	Number of grains per panicle	Biomass	Water productivity	Harvest index
Block (R)	2	31.98**	25304.667 ns	11.79 ns	1.55 ns	253 ns	55443.50 ns	0.012 ns	0.0029*
Irrigation method (A)	1	329.55**	3722512.667**	620.16**	68.90**	4854**	13193756.74**	0.826**	0.1300*
R×A	2	0.69 ns	202066.889**	60.38 ns	0.51 ns	245 ns	95766.24 ns	0.010 ns	0.0018 ns
Irrigation level (B)	2	37.42**	2274203.722**	422.57**	12.05**	6240**	12993924.22**	0.148**	0.0224**
A×B	2	54.50**	21665.056 ns	32.16 ns	5.35*	18.2 ns	3268181.41 ns	0.100**	0.0050*
R×B(A)	8	0.158 ns	77306.500**	46.62 ns	1.37 ns	166 ns	1027757.81 ns	0.008 ns	0.0031 ns
Fertilizer level (C)	2	94.15**	303647.722*	343.90**	12.16**	2776**	11906068.67**	0.085**	0.0052**
A × C	2	6.83**	270646.056**	10.16 ns	1.90 ns	21.12 ns	3718034.96*	0.1522**	0.0015**
B × C	4	7.18**	216846.861**	35.46 ns	1.05 ns	173 ns	832644.31 ns	0.028**	0.0025*
A×B× C	4	6.64**	142267.028**	37.33 ns	0.35 ns	466*	808304.21 ns	0.074**	0.0054*
Error	24	0.298	28355.29	27.33	1.37	9152	672737.3	0.0059	0.002
%CV		2.30	6.23	5.54	22.65	10.99	11.70	17.34	14.17

ns, **, *: non-significant and significant at 1% and 5% probability level, respectively.

۳. ۱. ارتفاع بوته

تجزیه واریانس ارتفاع بوته (جدول ۳) نشان داد که از بین اثرات ساده و متقابل تیمارهای موردبررسی تنها اثرات ساده روش آبیاری، درصد آبیاری و هم‌چنین نرخ کوددهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد، درحالی‌که اثر متقابل هیچ‌کدام معنی‌دار نشد.

مقایسه میانگین روش‌های آبیاری نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته با میانگین ۹۷ سانتی‌متر از روش قطره‌ای نواری با مالچ به‌دست آمد که نسبت به‌روش قطره‌ای نواری بدون مالچ ۷/۸ درصد بیش‌تر بود (شکل ۴). ازآنجایی‌که استفاده از مالچ نسبت به شرایط بدون مالچ باعث کاهش تبخیر آب‌شده در نتیجه مقدار آب در دسترس گیاه افزایش می‌یابد و از طرف دیگر از رشد علف‌های هرز جلوگیری می‌کند، لذا رشد گیاه را افزایش می‌دهد (Lamptey *et al.*, 2020)، بنابراین افزایش ارتفاع بوته می‌تواند به‌دلیل اثرات مذکور از کاربرد مالچ باشد.

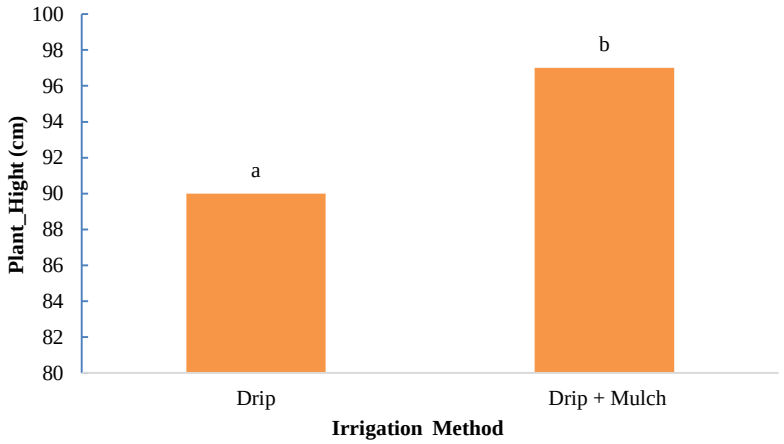


Figure 4. Mean comparison of the simple effect of irrigation methods on rice plant height

مقایسه میانگین درصد آب آبیاری اعمال‌شده نیز نشان داد که استفاده از حداکثر ظرفیت آب (۱۲۰ درصد) باعث حصول حداکثر ارتفاع بوته گردید. نتایج هم‌چنین نشان داد که بین ظرفیت آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد ازنظر آماری اختلافی مشاهده نشد (شکل ۵).

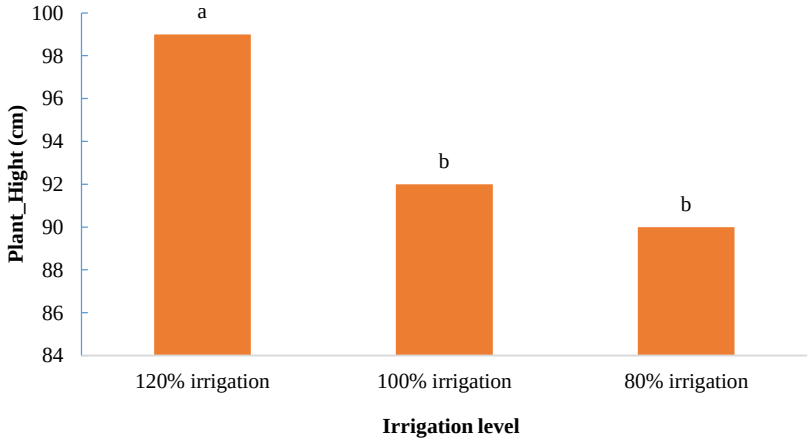


Figure 5. Mean comparison of the simple effect of irrigation percentage on rice plant height

مقایسه میانگین ساده تیمارهای مختلف کود نیتروژن نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته با میانگین ۹۸ سانتی‌متر از تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن حاصل که با تیمار کودی ۷۵ درصد نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشت، درحالی‌که نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیتروژن ۱۰ درصد افزایش ارتفاع را باعث شد (شکل ۶).

گزارش شده است که نیتروژن به‌دلیل افزایش رشد رویشی و تقسیم سلولی، افزایش ارتفاع بوته را به‌دنبال خواهد داشت (Ghanbari *et al*., 2023). افزایش ارتفاع بوته در اثر افزایش مصرف نیتروژن توسط Gholami *et al*. (2026)، Moosavi *et al*. (2015) و Moslehi *et al*. (2016) گزارش شده است. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

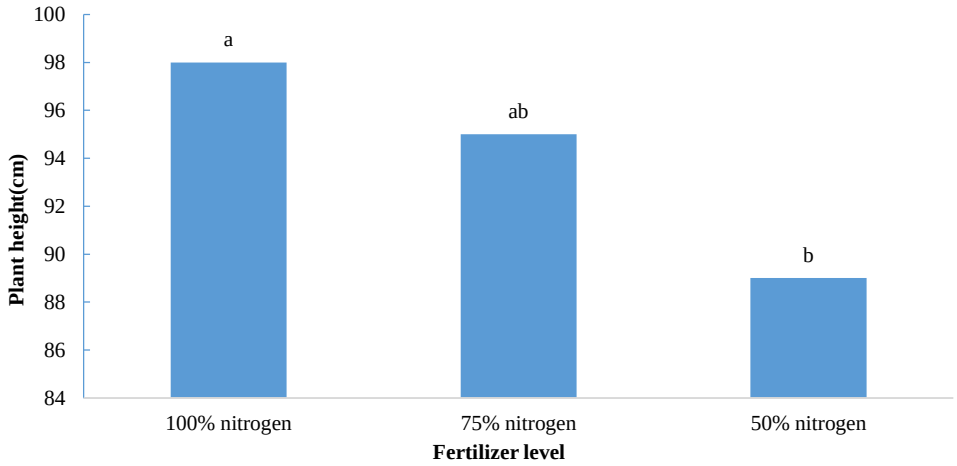


Figure 6. Mean comparison of the simple effect of nitrogen fertilizer treatments on rice plant height

۳. ۲. تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه

نتایج تجزیه واریانس حاصل از داده‌های تعداد خوشه در بوته نشان داد که تمامی اثرات ساده تیمارهای موردبررسی شامل روش آبیاری، درصد آبیاری و هم‌چنین کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. از بین اثرات متقابل چندگانه تنها اثر متقابل روش آبیاری در درصد آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل روش‌ها و درصد آبیاری نشان داد که استفاده از حداکثر ظرفیت آبیاری (۱۲۰ درصد) با روش آبیاری قطره‌ای نواری همراه با مالچ با میانگین ۷/۳۳ درصد حداکثر تعداد خوشه در بوته برنج را به‌همراه داشت این در حالی است که در شرایط حداقل ظرفیت آبیاری (۸۰ درصد) درروش آبیاری قطره‌ای نواری بدون مالچ باعث کاهش نزدیک به ۵۰ درصد از ظرفیت بوته برای تولید تعداد خوشه شد (شکل ۷).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تعداد دانه در خوشه نیز تحت تأثیر اثرات تیمارهای مختلف قرار گرفت، به‌طوری‌که تمامی اثرات ساده روش آبیاری، درصد آبیاری و هم‌چنین کوددهی در سطح یک درصد و هم‌چنین اثر متقابل سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. این در حالی است که هیچ‌کدام از اثرات متقابل دوگانه تیمارها معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای سه‌گانه نشان داد که حداکثر تعداد دانه در خوشه از روش آبیاری قطره‌ای نواری همراه مالچ با حداکثر مصرف آب (۱۲۰ درصد) و حداکثر کاربرد نیتروژن (۱۰۰ درصد) با میانگین ۱۵۶ عدد به‌دست آمد. نتایج هم‌چنین نشان داد که تعداد دانه در خوشه در شرایط استفاده از ۱۲۰ درصد آبیاری در روش قطره‌ای بدون مالچ با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری در شرایط قطره‌ای نواری همراه مالچ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۹).

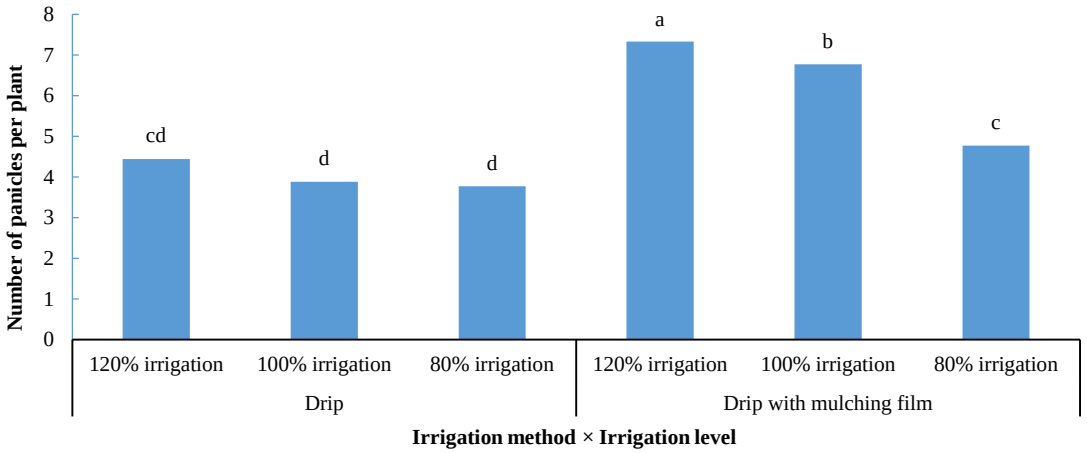


Figure 7. Mean comparison of the interaction effect of irrigation methods and irrigation percentage on the number of panicles per plant in rice

مقایسه میانگین اثر ساده نیتروژن بر تعداد خوشه بوته نشان داد که حداکثر تعداد خوشه از بیش‌ترین مقدار کاربرد نیتروژن با میانگین ۵/۷۲ عدد به‌دست آمد که نسبت به تیمار کاربرد حداقل نیتروژن ۲۶ درصد افزایش یافت (شکل ۸).

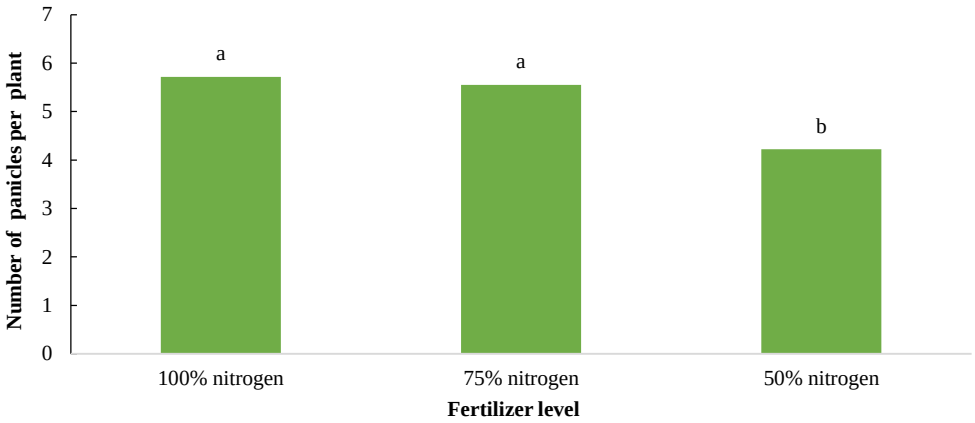


Figure 8. Mean comparison of the simple effect of nitrogen fertilizer levels on the number of panicles per plant in rice

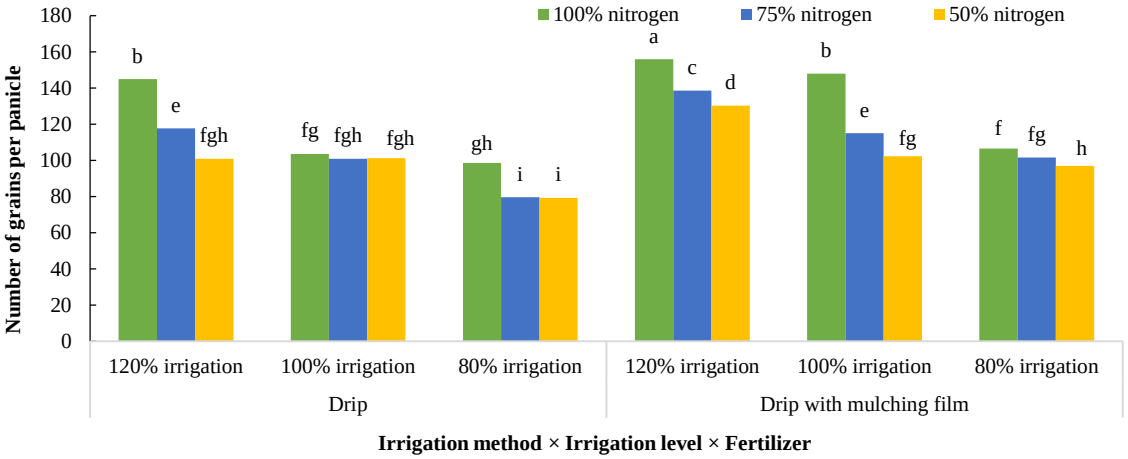


Figure 9. Mean comparison of the three-way interaction effect of the studied treatments on the number of grains per panicle in rice

در پژوهشی، Dass *et al.* (2016) گزارش کردند که با کاهش آب قابل‌دسترس گیاه کاهش رشد سلولی، کاهش پتانسیل آب برگ، بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش مواد غذایی قابل‌دسترس گیاه، کاهش نرخ فتوسنتز و درنتیجه کاهش تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه برنج را باعث می‌شود. در ارتباط با کاربرد مالچ و تأثیر آن برافزایش اجزای عملکرد گیاه نظیر تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه این‌طور به‌نظر می‌رسد که مالچ با کنترل مؤثر علف‌های هرز در طی اوایل رشد برنج، منجر به پایین‌آمدن رقابت علف هرز با گیاه در زمینه رطوبت، مواد مغذی و نور خورشید شده که به‌نوبه خود منجر به افزایش تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در خوشه برنج می‌شود (El-Ghandor *et al.*, 2019). افزایش تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه برنج با کاربرد مالچ توسط پژوهش‌گران دیگر گزارش شده است (Antralina *et al.*, 2015). کود نیتروژن با تأثیر بر قدرت پنجه‌زنی، افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تأمین مواد فتوسنتزی به‌دلیل افزایش شاخص و دوام سطح برگ و نیز باروری بیش‌تر گل‌آذین، باعث افزایش تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه شده است (Moosavi *et al.*, 2015). افزایش تعداد خوشه و دانه برنج با مصرف بیش‌تر نیتروژن توسط قنبری و همکاران (۱۴۰۲) گزارش شده است. بنابراین استفاده هم‌زمان از حداکثر ظرفیت آبیاری در کنار کود نیتروژن و استفاده از مالچ باعث حصول نتایج فوق می‌باشد.

۳. ۳. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن هزاردانه تحت تأثیر اثرات ساده روش‌های آبیاری، درصد آبیاری و تیمارهای کوددهی (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. هم‌چنین برهم‌کنش تمامی اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارهای موردبررسی نیز بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه روش‌های آبیاری در درصد آبیاری و کوددهی نشان داد که حداکثر وزن هزاردانه با میانگین ۳۱ گرم از روش آبیاری قطره‌ای نواری همراه با مالچ و حداکثر ظرفیت آبیاری (۱۲۰ درصد) و کود نیتروژن (۱۰۰ درصد) به‌دست آمد. بررسی نتایج هم‌چنین نشان داد که مقدار وزن هزاردانه در روش آبیاری قطره‌ای نواری همراه مالچ بین دو تیمار ۱۲۰ درصد آبیاری و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد. این نتیجه در شرایط روش آبیاری قطره‌ای نواری بدون مالچ نیز صدق می‌کند که نتیجه کلی حاکی از این می‌باشد که در مقدار وزن هزاردانه در شرایط آبیاری ۱۲۰ درصد و ۱۰۰ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱۰).

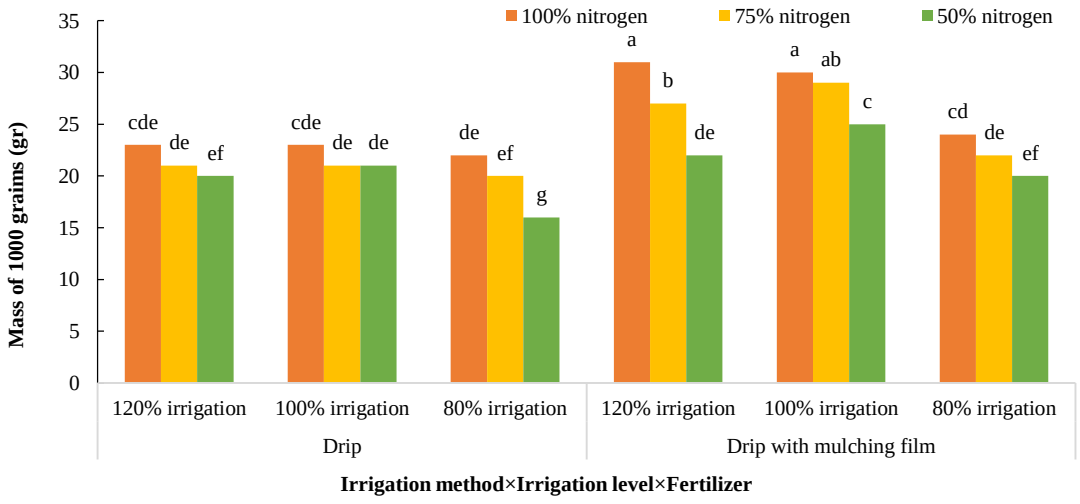


Figure 10. Mean comparison of the three-way interaction effect of the studied treatments on 1000-grain weight in rice

وزن هزاردانه یکی از مؤلفه‌های عملکرد برنج است که مقدار آن به خصوصیات ارقام برنج و شرایط رطوبتی در دوره رسیدگی بستگی دارد، افزایش آب قابل‌دسترس گیاه با افزایش دوره پر شدن دانه، افزایش فتوسنتز و افزایش عرضه مواد پرورده به گیاه تحت این شرایط و درنتیجه باعث افزایش وزن دانه می‌شود (Pashang *et al.*, 2021). گزارش‌شده است که مالچ به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تبادل بخارآب بین سطح خاک و اتمسفر جلوگیری می‌کند و درنتیجه موجب صرفه‌جویی در آب آبیاری، مهار رشد علف‌های هرز، بهبود دمای خاک، تحریک فعالیت میکروبی و درنهایت افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد ازجمله وزن هزاردانه می‌شود (Gu *et al.*, 2017). افزایش وزن هزاردانه عدس با کاربرد مالچ در شرایط دیم توسط Naghizadeh *et al.* (2026) گزارش‌شده است. گزارش شده است که فراهمی نیتروژن موجب افزایش تقسیمات میتوزی بافت آندوسپرمی دانه در مرحله تورم غلاف و ایجاد یک مخزن قویتری برای تجمع آسمیلات‌های فتوسنتزی و درنهایت افزایش وزن هزاردانه می‌شود (Noroozi Shahri *et al.*, 2018).

۳. ۴. عملکرد دانه

جدول تجزیه واریانس حاصل از آنالیز داده‌های عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر اثرات ساده و هم‌چنین اثرات متقابل تیمارهای موردبررسی قرار گرفت. به‌طوری‌که تمامی اثرات ساده هم‌چنین اثر متقابل سه‌گانه روش آبیاری در درصد آبیاری و درصد کوددهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه با میانگین ۳۶۰۴ کیلوگرم در هکتار از روش آبیاری قطره‌ای نواری همراه مالچ در شرایط ۱۲۰ درصد آبیاری با کوددهی ۱۰۰ درصد نیتروژن حاصل شد (شکل ۱۱).

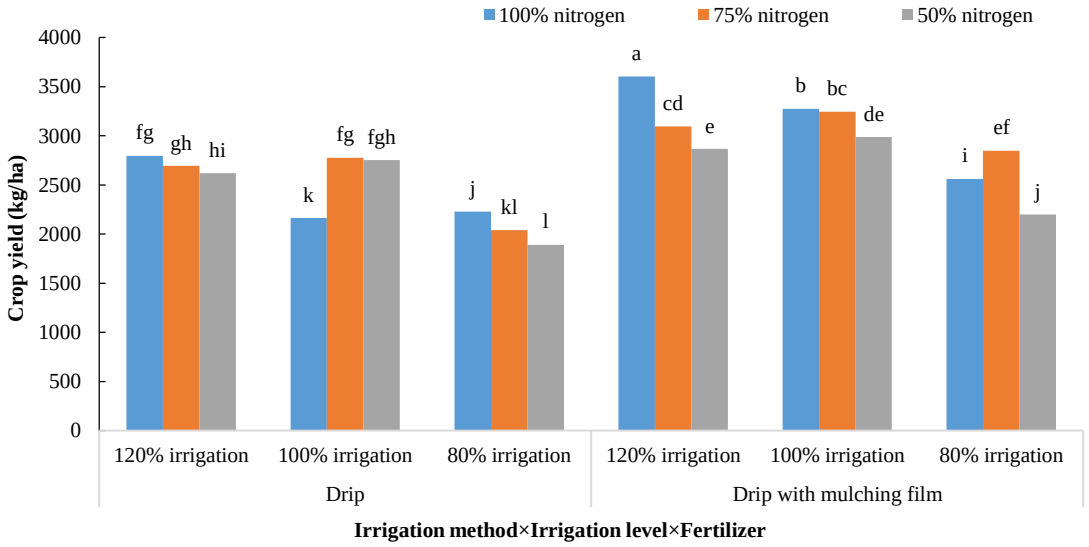


Figure 11. Mean comparison of the three-way interaction effect of the studied treatments on grain yield in rice

افزایش عملکرد دانه با افزایش مقدار آب در دسترس گیاه به دلایلی همچون افزایش فتوسنتز برگ و درنتیجه افزایش میزان آسیمیلات (Gamez *et al.*, 2019) برای دانه‌های در حال رشد این گیاه نسبت داده شده است. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که کاربرد خاک‌پوش‌ها در کشاورزی، در حفظ و نگهداری رطوبت خاک، کاهش میزان علف‌های هرز افزایش دمای خاک، افزایش کارایی عناصر غذایی خاک، کاهش آسیب و زیان برخی از آفات در

افزایش عملکرد محصولات، نقش مؤثری داشته‌اند (Velandia *et al*.,2020). در ارتباط با تأثیر نیتروژن بر عملکرد محصول به‌نظر می‌رسد که مصرف بیش‌تر کود نیتروژن توان فتوسنتزی گیاه را افزایش داده و با تأمین مواد فتوسنتزی به‌دلیل افزایش شاخص و دوام سطح برگ و نیز باروری بیش‌تر گل‌آذین باعث افزایش تعداد خوشه در مترمربع شده است و درنتیجه امکان تشکیل دانه‌های بیش‌تر و عملکرد بالاتر در واحد سطح را فراهم کرده است. به‌عبارتی، می‌توان گفت که کود نیتروژن یکی از فاکتورهای تأمین شیره پرورده کافی برای گیاهان است که این عامل درنتیجه تخصیص یا تقسیط بیش‌تر شیره پرورده به دانه باعث پرشدن تمامی دانه‌ها شده است و احتمالاً به همین دلیل حداکثر عملکرد از طریق مصرف بالای کود نیتروژن به‌دست آمده است (Moosavi *et al*., 2015). نتایج پژوهش حاضر با نتایج مطالعه Rezavipour *et al*. (2018) مبنی بر اینکه افزایش کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش عملکرد برنج می‌شود، مطابقت دارد.

۳. ۵. وزن زیست‌توده

بررسی تجزیه واریانس ساده وزن زیست‌توده نشان داد (جدول ۱) اثرات ساده روش آبیاری، درصد آبیاری و هم‌چنین کوددهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد و از بین اثرات متقابل تنها اثر متقابل روش آبیاری در درصد کوددهی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری در درصد کوددهی نشان داد که بیش‌ترین وزن زیست‌توده با میانگین ۸۷۶۰ کیلوگرم در هکتار درروش آبیاری قطره‌ای نواری با مالچ با مقدار کود۱۰۰ درصد به‌دست آمد. حداقل وزن زیست‌توده نیز در شرایط آبیاری فاقد مالچ و کوددهی ۵۰ درصد با میانگین ۶۲۰۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱۲).

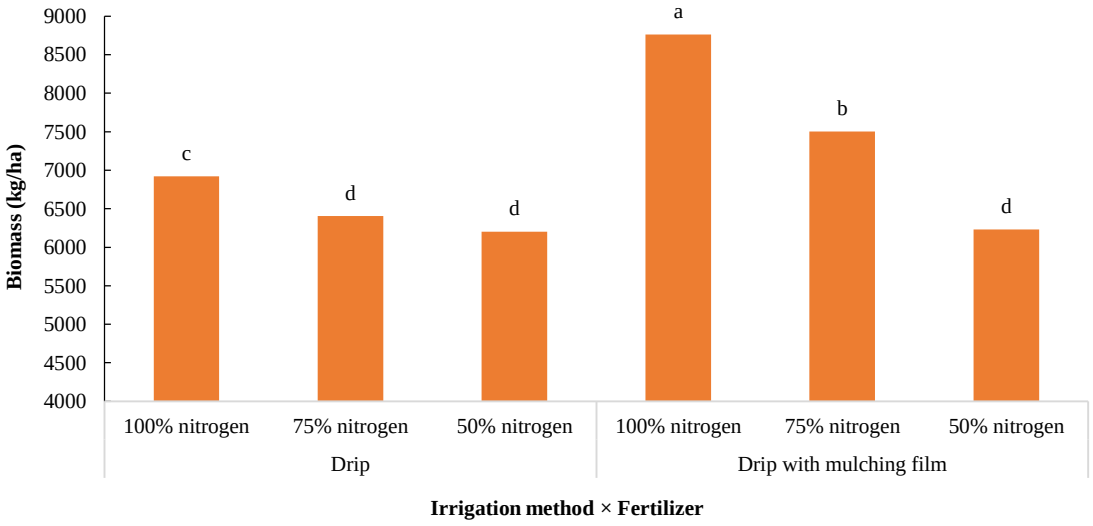


Figure 12. Mean comparison of the interaction effect of irrigation methods and fertilization on rice biomass weight

گزارش‌شده است که کاربرد مالچ در سطح خاک با کنترل تبخیر از سطح خاک، اصلاح نفوذپذیری و نگهداشت آب در خاک، کاهش چگالی ظاهری خاک و چگالش هوای مرطوب خاک در طول شب نیز اثرات مطلوبی بر روی رژیم آب خاک می‌گذارد و از این طریق شرایط مطلوبی برای افزایش رشد گیاه و درنهایت افزایش عملکرد بیولوژیک فراهم می‌کند (Liu *et al*., 2010). نیتروژن مؤلفه مهمی در ترکیب‌های آلی همانند اسیدهای نوکلئیک و پروتئین‌ها، کلروفیل، است (Bredemeier & Schmidhalter, 2005) و نقش بسیار مهمی در رشد و توسعه گیاه دارد. بنابراین، به‌کارگیری آبیاری قطره‌ای نواری در کنار مالچ

به‌همراه حداکثر میزان نیتروژن استفاده‌شده بهینه‌ترین شرایط برای رشد مطلوب گیاه را به وجود آورده و احتمال دست‌یابی به حداکثر وزن زیست‌توده گیاه را فراهم می کند. Valiollahi *et al.* (2024) افزایش وزن زیست‌توده برنج با افزایش مصرف نیتروژن را گزارش کردند. مقایسه میانگین درصد آبیاری بر وزن زیست‌توده نیز نشان داد که بیش‌ترین وزن زیست‌توده از شرایط ۱۲۰ درصد آبیاری با میانگین ۷۷۲۷ کیلوگرم به‌دست آمد که نسبت به شرایط حداقل آبیاری ۲۱ درصد افزایش یافت (شکل ۱۳). دلیل افزایش وزن زیست‌توده گیاهان تحت شرایط افزایش آب در دسترس گیاه، افزایش سطح برگ، افزایش رشد و توسعه سلول‌ها و درنتیجه افزایش فتوسنتز گزارش‌شده است (Gamez *et al.*, 2019).

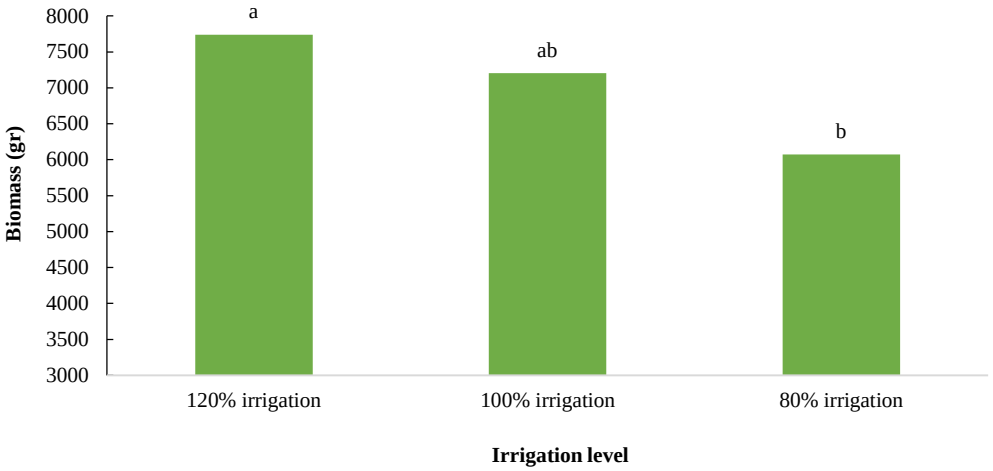


Figure 13. Mean comparison of the simple effect of irrigation percentage on rice biomass weight

۳. ۶. شاخص برداشت

این شاخص بیانگر نسبت عملکرد اقتصادی (دانه) به عملکرد بیولوژیکی می‌باشد. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس ساده (جدول ۳) نشان داد که اثرات روش‌های آبیاری در سطح پنج درصد و اثر ساده کوددهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد، هم‌چنین تمامی اثرات متقابل دو و سه‌گانه ازنظر آماری معنی‌دار شدند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که بیش‌ترین شاخص برداشت با میانگین ۴۶/۵ درصد از روش آبیاری قطره‌ای نواری همراه مالچ و ظرفیت آبیاری ۱۰۰ درصد و کوددهی ۱۰۰ درصد حاصل شد، نتایج هم‌چنین نشان داد که درروش آبیاری قطره‌ای نواری همراه مالچ و آبیاری ۱۰۰ درصد بین تیمارهای مقادیر مختلف کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۴).

به‌نظر می‌رسد افزایش مقدار آب در دسترس گیاه باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده و به همین علت تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری نسبت به تیمار ۱۲۰ درصد آبیاری از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بوده است. بنا بر دلایل مذکور افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج و احتمالاً افزایش شاخص برداشت ناشی از تأثیر افزایش به‌کارگیری کود نیتروژن است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که دسترسی به آب کافی پس از مرحله گرده‌افشانی، عاملی تعیین‌کننده درروند انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌هاست. نتایج بیانگر آن است که محدودیت منابع آبی در این مرحله، با اختلال در فرایند انتقال مواد، منجر به کاهش شاخص برداشت می‌شود. این پدیده به‌ویژه به‌دلیل حساسیت بالاتر مراحل رشد زایشی در مقایسه با رشد رویشی نسبت به تنش‌های محیطی تشدید می‌گردد، به‌طوری‌که Ghassemi *et al.* (2019) نیز پیش‌تر بر آسیب‌پذیری بیش‌تر شاخص برداشت در شرایط کمبود آب تأکید کرده‌اند. از سوی دیگر، نقش کلیدی نیتروژن در ارتقای شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه برنج غیرقابل‌انکار است. این عنصر به‌عنوان جزء اصلی در ساختار کلروفیل،

پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک، با تقویت رشد رویشی و افزایش پنجه‌زنی در مراحل اولیه توسعه، بستری مناسب برای شکل‌گیری تعداد بیش‌تر خوشه‌ها و سنبلچه‌ها فراهم می‌آورد (Hirzel *et al*., 2012). درواقع، مدیریت مطلوب نیتروژن از طریق افزایش عملکرد دانه، پتانسیل گیاه را برای بهبود شاخص برداشت ارتقا می‌دهد؛ موضوعی که در پژوهش‌های اخیر نیز به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم موردتأیید قرارگرفته است. برای نمونه، پژوهش‌های Hirzel *et al*. (2012)، ضیایی‌فر و همکاران (۱۴۰۱)، Yahyazadeh *et al*. (2023) و همچنین Shen *et al*. (2023) همگی گزارش کرده‌اند که کاربرد بهینه کود نیتروژن، همبستگی مثبتی با افزایش شاخص برداشت در ارقام برنج دارد.

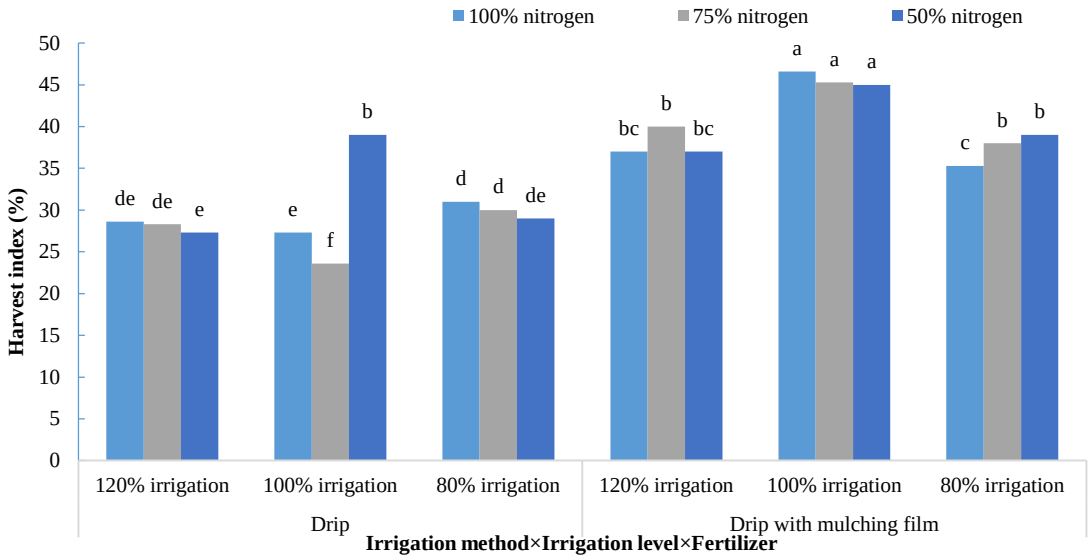


Figure 14. Mean comparison of the three-way interaction effect of the studied treatments on harvest index in rice

۳. ۷. بهره‌وری آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان بهره‌وری آب تحت تأثیر اثرات ساده روش آبیاری، درصد آبیاری و کوددهی (معنی‌داری در سطح یک درصد) قرار گرفت. نتایج هم‌چنین نشان داد که تمامی اثرات متقابل تیمارهای موردبررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر متقابل سه‌گانه روش‌های آبیاری، درصد آبیاری و کوددهی نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که حداکثر بهره‌وری آب با میانگین ۷۶ درصد از روش آبیاری قطره‌ای نواری به‌همراه مالچ، درصد آبیاری ۱۰۰ درصد و کوددهی ۱۰۰ درصد نیتروژن به‌دست آمد (شکل ۱۵).

سیستم تولید برنج با پوشش سطح زمین[۵] (GCRPS) در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این سیستم، از ورق پلاستیکی و یا کاه برنج به‌عنوان مانعی میان خاک و اتمسفر استفاده می‌شود و با حذف آب راکد در طول دوره کشت برنج، تلفات تبخیری کاهش‌یافته و نگهداشت رطوبت خاک افزایش می‌یابد (Seguy *et al*., 2012). به‌منظور افزایش بهره‌وری استفاده از منابع و عملکرد دانه در این سیستم، کاربرد مستقیم کود در آبیاری قطره‌ای زیر خاک‌پوش پلاستیکی به‌عنوان یک اصلاح در GCRPS، معرفی‌شده است (He *et al*., 2013). این روش، با ایجاد عملکرد دانه بیش‌تر، بهره‌وری آب بالاتر و منافع اقتصادی بیش‌تر، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای و بارانی، به‌عنوان یک سیستم بهتر صرفه‌جویی آب درکشت برنج معرفی‌شده است.

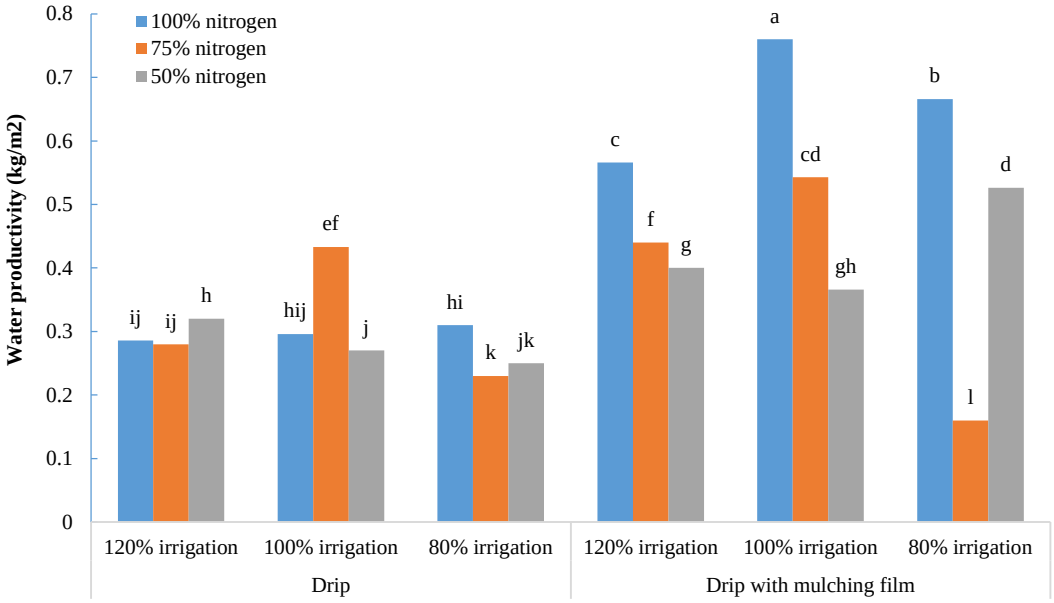


Figure 15. Mean comparison of the three-way interaction effect of the studied treatments on water use efficiency in rice

در پژوهشی (He *et al.*, 2013) هم‌چنین گزارش شده است که روش کاربرد مستقیم کود در آبیاری قطره‌ای زیر خاک‌پوش پلاستیکی در مقایسه با سیستم غرقاب پیوسته، می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را نیز کاهش دهد (Fawibe *et al.*, 2020). کشت زیر خاک‌پوش پلاستیکی، به‌دلیل اثر گرم‌کنندگی و حفظ رطوبت، این پتانسیل را دارد که در مقایسه با آبیاری غرقابی سنتی، در سطح بالای عملکرد دانه، به‌طور قابل‌توجهی در منابع آب صرفه‌جویی کند (Tao *et al.*, 2006). در پژوهشی، Shokri Vahed *et al.* (2018) نتیجه گرفتند که افزایش کود نیتروژن حتی در شرایط کم‌آبیاری می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه و درنتیجه افزایش بهره‌وری آب مبتنی بر دانه شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که روش آبیاری، درصد تأمین آب و سطح کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده برنج داشتند. در این میان، کاربرد آبیاری قطره‌ای همراه با مالچ در مقایسه با شرایط بدون مالچ، موجب بهبود معنی‌دار صفات موردبررسی شد و نقش مؤثری در افزایش تعداد پنجه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و زیست‌توده ایفا کرد. هم‌چنین، افزایش سطح آبیاری تا ۱۲۰ درصد، به‌ویژه در همراهی با مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن، مناسب‌ترین شرایط را برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد فراهم ساخت. به‌طورکلی، بیش‌ترین مقادیر صفات موردمطالعه در تیمار آبیاری قطره‌ای همراه با مالچ، ۱۲۰ درصد آبیاری و ۱۰۰ درصد نیتروژن به‌دست‌آمده که نشان‌دهنده برتری مدیریت تلفیقی آب و تغذیه در بهبود رشد و تولید برنج است. این نتایج بیانگر آن است که استفاده هم‌زمان از سامانه آبیاری کارآمد، پوشش مناسب سطح خاک و تأمین کافی نیتروژن می‌تواند ضمن ارتقای بهره‌وری آب، موجب افزایش اجزای عملکرد و عملکرد نهایی برنج شود. بنابراین، در شرایط مشابه این پژوهش، به‌کارگیری آبیاری قطره‌ای همراه با خاک‌پوش و مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن موردنیاز می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری مؤثر برای افزایش تولید و بهبود مدیریت مصرف آب درکشت برنج پیشنهاد شود.

۵. پی نوشت‌ها

1. Plastic film mulching
2. Low-density polyethylene (LDPE)
3. Time-Domain Reflectometer (TDR)
4. Drip Irrigation under Plastic Mulch (DIPM)
5. Ground Cover Rice Production System (GCRPS)

۶. تشکر و قدردانی

از ریاست محترم دانشکده کشاورزی و مدیر گروه محترم زراعت دانشگاه ایلام به خاطر در اختیار قراردادن زمین و تمامی امکانات مزرعه پژوهشی گروه زراعت، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

Abbasbeigi, S., Mashal, M., & Rahimikhoob, A. (2022). Interaction of water deficit and mulch on the yield and water use efficiency in basil using elasticity theory. *Water and Irrigation Management, 12*(3), 645–657. https://doi.org/10.22059/jwim.2022.342246.988

Antralina, M., Istina, I. N., Yuwariah, Y., & Simarmata, T. (2015). Effect of different weed control methods on yield of lowland rice in the Sobari. *Procedia Food Science, 3*, 323–329.

Bredemeier, C., & Schmidhalter, U. (2005). Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing to determine biomass and nitrogen uptake of winter wheat under controlled environment and field conditions. In *Precision Agriculture '05* (pp. 273–280). Wageningen Academic. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-549-9_034

Dass, A., Chandra, S., Choudhary, A. K., Singh, G., & Sudhishri, S. (2016). Influence of field responding pattern and plant spacing on rice root-shoot characteristics, yield, and water productivity of two modern cultivars under SRI management in Indian Mollisols. *Paddy and Water Environment, 14*(1), 45–59. DOI 10.1007/s10333-015-0477-z

El-Ghandor, A. M. A., & Khozimy, A. M. (2019). Effect of seedling age and weed management on growth and yield of transplanted rice (Sakha 106 cv). *Journal of Applied Plant Protection, 8*(1), 23–30.

Fawibe, O. O., Hiramatsu, M., Taguchi, Y., Wang, J., & Isoda, A. (2020). Grain yield, water-use efficiency, and physiological characteristics of rice cultivars under drip irrigation with plastic-film mulch. *Journal of Crop Improvement, 34*(3), 414–436. https://doi.org/10.1080/15427528.2020.1725701

Gámez, A. L., Soba, D., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M., Aranjuelo, I., & Morales, F. (2019). Effect of water stress during grain filling on yield, quality and physiological traits of quinoa cultivars. *Plants, 8*(6), 173. https://doi.org/10.3390/plants8060173

Ghassemi, S., Ghassemi-Golezani, K., & Salmasi, S. Z. (2019). Changes in antioxidant enzyme activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. *Scientia Horticulturae, 246*, 957–964. doi: 10.1016/j.scienta.2018.11.086

Ghanbari, M., Tobeh, A., Farzaneh, S., Gavidel, A., & Jahanbakhsh, S. (2023). 'Yield and yield components of rice in crop rotation with clover under the influence of nitrogen and potassium fertilizers'. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 33(4), 87-97. doi: 10.22034/saps.2023.53709.2940

Gholami, M., Alikhani, H., Etesami, H., Karami, Z., Shirinzadeh, M., Zare Guildehi, H. (2026). 'Feasibility of Isolating Heterotrophic and Autotrophic Diazotrophs from Periphyton Biofilm in Rice Fields and Evaluating Their Effects on Rice Growth under Greenhouse Conditions', Journal of Sol Biology, 13(2), 147-169. doi: 10.22092/sbj.2025.369574.280

Gu, X. B., Li, Y. N., & Du, Y. D. (2017). Biodegradable film mulching improves soil temperature, moisture and seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Soil and Tillage Research, 171*, 42–50.

He, H., Ma, F., Yang, R., Chen, L., Jia, B., Cui, J., & Li, L. (2013). Rice performance and water use efficiency under plastic mulching with drip irrigation. *PLoS ONE, 8*(12), e83103.

Hirzel, J., Pedreros, A., & Cordero, K. (2012). Effect of nitrogen rates and split nitrogen fertilization on grain yield and its components in flooded rice. *Chilean Journal of Agricultural Research, 71*(3), 437–444.

Lamptey, S., Li, L., Xie, J., & Coulter, J. A. (2020). Tillage system affects soil water and photosynthesis of plastic-mulched maize on the semiarid Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research, 196*, 104444.

Liu, Y., Li, S., Chen, F., Yang, S., & Chen, X. (2010). Soil water dynamics and water use efficiency in spring maize fields subjected to different water management practices on the Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management, 97*(5), 769–775.

Moslehi, N., Niknejad, Y., Fallah-Amoli, H., & Kheiri, N. (2016). Effect of integrated application of chemical, organic, and biofertilizers on some morphophysiological traits of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Tarom Hashemi. *Journal of Crop Plant Physiology, 8*(30), 87–103.

Moosavi, S. G., Mohamadi, O., Baradaran, R., Seghatoleslami, M. J., Amiri, E. (2015). 'Effect of Nitrogen Fertilizer Rates on Morphological Traits, Yield and Yield Components of Three Cultivars of Rice', Iranian Journal of Field Crops Research, 13(1), 146-152. doi: 10.22067/gsc.v13i1.28350

Naghizadeh, I., Sarabi, V., & Hazrati, S. (2026). The effect of supplementary irrigation and mulching on lentil (*Lens culinaris* Medik.) yield and yield components under rainfed conditions. *Journal of Plant Production Research*. Advance online publication. https://doi.org/10.22069/jopp.2026.24099.3291

Nahvi, M., Babazadeh, S., Sabouri, H. (2010). 'Effect of Rate and Split Application of Nitrogen Fertilizer on Yield and Yield Components in (Bahar) Hybrid Rice Cultivar', *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5), 845-854.

Noroozi Shahri, F., Gholami, B., Jalali Honarmand, S., Mondani, F., & Saeedi, M. (2018). Evaluating the effect of smoke-water and nitrogen fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L.) ecophysiological traits. *Iranian Journal of Field Crops Research, 16*(2), 459–475. https://doi.org/10.22067/gsc.v16i2.66520

Pashang, D., Weisany, W., & Ghajar, F. (2021). Changes in fatty acid and morphophysiological traits of safflower cultivars in response to auxin under water-deficit stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21*, 2164–2177.

Rezavipour, T., Khaledian, A., & Rezaei, A. (2018). Effect of nitrogen fertilizer rate and split application on yield and nutrient uptake percentage in Hashemi rice cultivar. *Human and Environment, 45*(16), 153–164.

Seguy, L., Husson, O., Charpentier, H., Bouzinac, S., Michellon, R., Chabanne, A., *et al*. (2012). Principles, functioning, and management of ecosystems cultivated under direct seeding mulch-based cropping systems (DMC). CIRAD.

Shahri, F. N., Gholami, B., Honarmand, S. J., Mondani, F., & Saeedi, M. (2018). Evaluating the effect of smoke-water and nitrogen fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L.) ecophysiological traits. *Iranian Journal of Field Crops Research, 16*(2), 459–475.

Shen, Y., Xu, L., Guo, H., Ismail, H., Ran, X., Zhang, C., & Tang, S. (2023). Mitigating the adverse effect of warming on rice canopy and rhizosphere microbial community by nitrogen application. *Science of the Total Environment, 905*, 167151.

Shoaei Parchin, N., Biglouei, M. H., Mohsenabadi, G. R., & Farhangi, M. B. (2022). Effect of integrated flood and drip irrigation methods at different nitrogen fertilizer levels and seedling densities on rice yield and water productivity. (In Persian). doi: 20.1001.1.24764531.1401.9.1.10.1

Shokri Vahed, S. R., Davatgar, A., & Naser, A. (2018). Effect of water limitation on nitrogen consumption in paddy fields and its impact on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hashemi. *Agricultural Water Management, 5*(1), 25–32.

Tao, H. B., Holger, B., & Klaus, D. (2006). Growth and yield formation of rice (*Oryza sativa* L.) in the water-saving ground cover rice production system (GCRPS). *Field Crops Research, 95*, 1–12.

Teo, Y. H., Beyrouty, C. A., Norman, R. J., & Gbur, E. E. (1995). Nutrient uptake relationship to root characteristics of rice. *Plant and Soil, 171*(2), 297–302. https://doi.org/10.1007/BF00010285

Valiollahi, S., Zavareh, M., Kavoosi, M., & Shahbahrami, A. (2024). Effect of varying nitrogen fertilizer levels on tissue nitrogen content, leaf area, and biomass of rice (*Oryza sativa* L. cv. Hashemi). *Cereal Research, 14*(2), 155–168.

Velandia, M., DeLong, K. L., Wszelaki, A., Schexnayder, S., Clark, C., & Jensen, K. (2020). Use of polyethylene and biodegradable plastic mulches among Tennessee fruit and vegetable growers. *HortTechnology, 30*(2), 212–218.

Wang, J., Fawibe, O. O., Fawibe, K. O., & Isoda, A. (2023). Water productivity, sink production and varietal differences in panicle structure of rice (*Oryza sativa* L.) under drip irrigation with plastic-film mulch. *Field Crops Research, 291*, 108790.

Wang, C., Li, S., Huang, S., & Feng, X. (2024). A Review of the Application and Impact of Drip Irrigation under Plastic Mulch in Agricultural Ecosystems. *Agronomy*, 14(8), 1752. https://doi.org/10.3390/agronomy14081752

Yahyazadeh, S., Mobsar, H. R., Rahimi-Petroudi, A., & Daneshmand, A. (2023). Effect of nitrogen fertilizer and plant density on growth characteristics, yield components, and grain yield of rice. *Journal of Crop and Horticultural Products Processing, 13*(1), 1–14. (In Persian).

Zhang, Y., Liu, G., Huang, W., Xu, J., Cheng, Y., Wang, C., Zhu, T., & Yang, J. (2020). Effects of irrigation regimes on yield and quality of upland rice and paddy rice and their interaction with nitrogen rates. *Agricultural Water Management, 241*, 106344.