

Aerobic Cultivation of Different Rice Varieties Using Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems (Case Study: Isfahan)

Atefeh Raisi Nafchi¹, Jahangir Abedi-Koupai^{1*} , Mahdi Gheysari¹ and Hamid Reza Eshghiazeh²

(Received: December 18-2024 ; Revised: January 17-2025 ; Accepted: March 3-2025)

1. Department of Water Science and Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

2. Department of Plant Production and Genetics, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding author, Email: koupai@iut.ac.ir

Abstract

Rice is one of the most important crops and the primary food source for more than half of the world's population. The present study was conducted to compare the direct-seeded rice (DSR) of three rice varieties (Jozdan, Firuzan, and Sazandegi) using surface (DI) and subsurface (SDI) drip irrigation systems. The experiment was performed as a split-split plot arranged in a randomized complete block design with three replications in two years (2019 and 2020) in the research farm of Isfahan University of Technology in Najaf-Abad. According to the results of the variance analysis, the most suitable cultivar for DSR in the region (among the tested cultivars) is Sazandegi with a grain yield of 3400 kg/h⁻¹. The results of this experiment showed that the amount of water consumed in DI was 20% less than in SDI. Also, DSR reduced water consumption by 40% compared to transplanted rice (TPR) in the region. However, the grain yield also decreased by about 45%.

Keywords: Aerobic cultivation, Hydrogel, Drip tape, Irrigation water use efficiency

How to cite this article: Raisi Nafchi, A., Abedi Koupai, J. Gheysari, M. and Eshghiazeh, H. 2025. Aerobic Cultivation of Different Rice Varieties Using Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems (Case Study: Isfahan). *J. Water and Soil Sci.* 29(2):1-13. DOI: [10.47176/jwss.29.3.49837](https://doi.org/10.47176/jwss.29.3.49837)

Copyright © 2025 Raisi Nafchi et al. Published by Isfahan University of Technology.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

کشت هوازی ارقام مختلف برنج با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی (مطالعه موردی: اصفهان)

عاطفه ریسی نافچی^۱، جهانگیر عابدی کوپایی^{۱*} , مهدی قیصری^۱ و حمیدرضا عشقی‌زاده^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۲۸؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۳)

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: koupai@iut.ac.ir

چکیده

برنج (*Oryza sativa* L.) از مهم‌ترین محصولات زراعی و غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان است. با توجه به کمبود منابع آب کشور کشت برنج به صورت سنتی با محدودیت روبه‌روست. مطالعه حاضر به منظور مقایسه کشت مستقیم (خشکه کاری) سه رقم برنج (جوزدان، فیروزان و سازندگی) با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی (DI) و زیرسطحی (SDI) انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار طی دو سال (۱۳۹۸-۱۳۹۹) در مزرعه آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در نجف‌آباد اجرا شد. در این مطالعه با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل واریانس، مناسب‌ترین رقم برای خشکه کاری کاری برنج در منطقه بین ارقام مورد آزمایش، رقم سازندگی با عملکرد دانه ۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج این آزمایش نشان داد میزان آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای سطحی ۲۰ درصد کمتر از آبیاری زیرسطحی بوده است. همچنین خشکه کاری در مقایسه با کشت غرقابی منطقه باعث کاهش ۴۰ درصدی میزان مصرف آب شد. هرچند میزان عملکرد دانه نیز تا حدود ۴۵ درصد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: کشت هوازی، هیدروژل، قطره‌ای نواری، کارایی مصرف آب

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. © ۱۴۰۴.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط به استناد صحیح به مقاله و با رعایت

شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است: (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)



مقدمه

برنج (*Oryza sativa L.*) یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی جهان و منبع اصلی تغذیه برای بیش از نیمی از جمعیت جهانی است (۷). از طرفی کمبود آب جهانی منجر به فشار بیشتر بر منابع آب شده است (۱۰). روند رو به رشد جمعیت انسانی، همواره توسعه جهانی را با چهار مشکل مرتبط با هم شامل بحران انرژی، کمبود مواد غذایی، فقر و بیکاری مواجه می‌کند. در این خصوص، نقش گیاه برنج به عنوان تأمین‌کننده غذای ۲/۴ میلیارد نفر در حال حاضر و ۴/۶ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ بسیار حائز اهمیت است؛ به طوری که تولید جهانی برنج در قرن ۲۱ با افزایش ۷۰ درصدی، باید از ۵۲۰ میلیون تن کنونی به ۸۸۰ میلیون تن برسد. با توجه به اینکه برنج بیشتر به دو شیوه نشایی و مستقیم در دنیا کشت می‌شود، بنابراین یکی از راه‌های تحقق این هدف مهم تغییر اصلاح نگرش در مدیریت تولید برنج به خصوص روش کشت مستقیم است (۹). سطح زیر کشت برنج در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در استان اصفهان، ۶۷۸۹ هکتار با میانگین عملکرد ۵۷۶۱ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۲۰). یکی از ویژگی‌های بارز خشک‌کاری برنج نسبت به کشت سنتی (رایج)، کاهش چشمگیر مصرف آب است (۱۹). برتری کاشت برنج به صورت مستقیم در مقایسه با نشاکاری به طور معمول شامل موارد زیر است: صرفه‌جویی در آب آبیاری، کاهش نیاز به نیروی کار و هزینه‌های تولید، بازده اقتصادی بیشتر و کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای متان (۱۲). وانگ و همکاران (۲۲) دریافتند که میزان آب آبیاری مورد نیاز کاشت برنج به صورت هوازی در مقایسه با آب مورد نیاز کاشت برنج به صورت غرقابی در شمال چین، ۵۰ تا ۷۰ درصد کمتر است (۲۲). نتایج پژوهش گیلانی و همکاران (۹)، در خوزستان روی سه روش کاشت برنج شامل نشاکاری، کشت مستقیم در بستر مرطوب و خشک‌کاری نشان داد بیشترین عملکرد به ترتیب در روش نشاکاری، کشت مستقیم در بستر مرطوب و خشک‌کاری به میزان ۴/۴۹۲۰، ۶۳۹۴ و ۴۶۲۲ کیلوگرم در هکتار

به دست آمد؛ در حالی که میزان آب مصرفی در سه روش یادشده به ترتیب برابر ۳۸۹۸۱، ۲۸۵۳۱ و ۲۰۶۹۱ مترمکعب در هکتار بود. آن‌ها همچنین بیان کردند عملکرد بیشتر در روش نشاکاری به دلیل تعداد بیشتر دانه در خوشه است (۹). استفاده از سامانه آبیاری تحت فشار با توجه به قابلیت مدیریت دقیق‌تر نقش مهمی در کاهش مصرف آب دارد (۸). آقای و همکاران در پژوهشی روی گندم نشان دادند با اعمال تنش در دو سامانه آبیاری سنتی و قطره‌ای بدون تغییر در دور آبیاری، میزان عملکرد در آبیاری قطره‌ای ۱/۱۶ برابر و بهره‌وری آب ۱/۴۶ برابر آبیاری سنتی بود (۱). رضانی و دهقانی پژوهشی در لنجان اصفهان در رابطه با کاربرد آبیاری قطره‌ای نواری در خشک‌کاری کاری برنج (بر اساس ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر تجمعی و آبیاری غرقابی به عنوان شاهد) روی دو رقم برنج سازندگی و لاین امیدبخش شماره ۲ انجام دادند. آبیاری قطره‌ای بر اساس ۱۲۰ درصد تبخیر تجمعی نسبت به ۸۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر تجمعی و آبیاری غرقابی انجام شد. نتایج آن‌ها نشان داد صرفه‌جویی در آب مصرفی در تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر تجمعی به ترتیب ۶۱، ۵۰/۹ و ۴۱/۲ درصد بیشتر از تیمار غرقاب بوده است. بیشترین عملکرد دانه در این مطالعه مربوط به تیمار غرقاب بوده است و به ترتیب ۵۹/۳، ۲۵/۶ و ۱۷/۷ درصد نسبت به عملکرد دانه در تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر تجمعی بیشتر بوده است (۱۶). نتایج مطالعات مارتینز و رکا (۱۳)، فنه و همکاران (۱۵) و کمپ و همکاران (۴) روی گیاهان مختلف نشان می‌دهد که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بهتر از قطره‌ای سطحی است؛ زیرا عملکرد و شاخص کارایی مصرف آب برای روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر بود (۴، ۱۳ و ۱۵). ساموی پاسکوال و همکاران گزارش کردند که استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای برنج با عمق نصب ۶۰ سانتی‌متر میزان بهره‌وری آب را تا ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داده و باعث افزایش ذخیره آب نسبت به روش آبیاری

به نام‌های فیروزان، جوزدان و سازندگی به صورت بذر استفاده شد. پس از کاشت بذر در ۷ خرداد ۱۳۹۸ و ۱ خرداد ۱۳۹۹ تا زمان استقرار گیاه، آبیاری به صورت روزانه انجام شد و پس از آن آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک نسبت به رطوبت ظرفیت مزرعه ادامه یافت. در این مدیریت تخلیه مجاز رطوبتی خاک ۲۰ درصد در نظر گرفته شد که با استفاده از معادله ۱ به دست آمد. تخلیه مجاز رطوبتی ۲۰ درصد بر اساس پیشنهاد آلن و همکاران (۲) برای برنج انتخاب شد (۵).

$$\theta_{MAD20\%} = \theta_{fc} - (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times 0.2 \quad (1)$$

که در این رابطه $\theta_{MAD20\%}$ درصد رطوبت حجمی خاک است، زمانی که ۲۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک تخلیه شده است و θ_{fc} و θ_{pwp} به ترتیب رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم هستند. زمانی که میانگین رطوبت خاک به $\theta_{MAD20\%}$ می‌رسید، آبیاری صورت می‌گرفت. برای محاسبه عمق آبیاری از معادله ۲ استفاده شد.

$$D_{ir} = \sum (\theta_{fc} - \theta_i) \times D_r \quad (2)$$

که در آن D_{ir} عمق خالص آبیاری (سانتی‌متر)، D_r عمق ریشه (سانتی‌متر) و θ_i درصد رطوبت حجمی قبل از آبیاری خواهد بود. به منظور بررسی میزان آب مصرفی، هر یک از سامانه‌های آبیاری به طور جداگانه به کنتور آب مجهز شد.

در پایان آزمایش نیز شاخص کارایی مصرف آب (WUEI) با استفاده از معادله ۳ ارزیابی شد (۱۴):

$$WUEI = \frac{Y}{I} \quad (3)$$

که در آن WUEI شاخص کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) و I مقدار آب به کار برده شده (آبیاری و بارندگی مؤثر بر حسب مترمکعب بر هکتار) در فصل کشت هستند.

همچنین صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه‌های پوک در خوشه و وزن صد دانه در این پژوهش اندازه‌گیری شد. برای عمل تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه SAS و نرم‌افزار Excel استفاده شد.

غرقابی به میزان ۴۲ درصد شده است (۱۸).

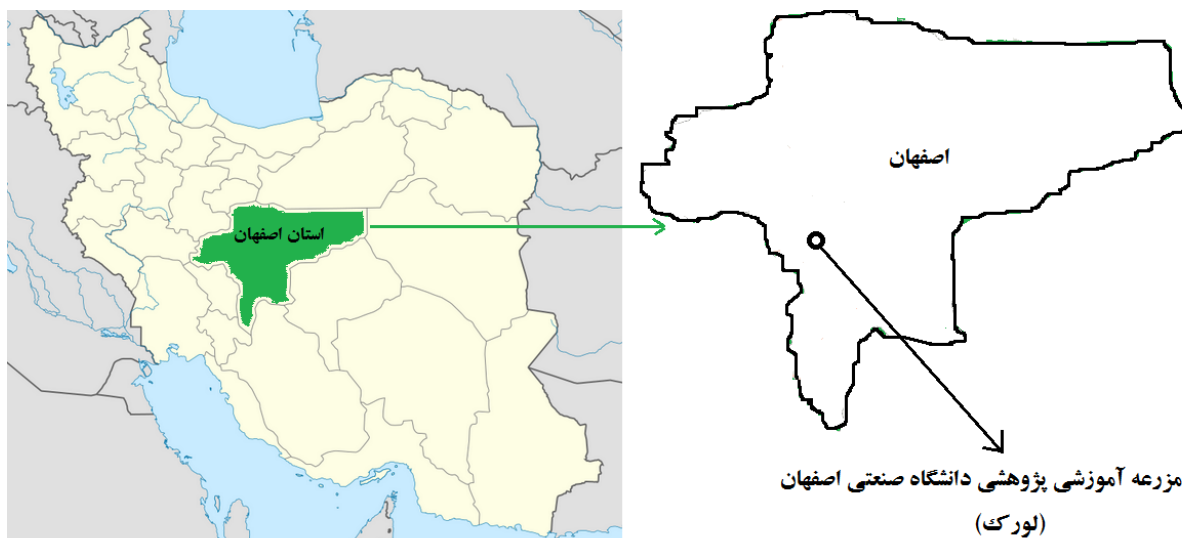
با توجه به اینکه استفاده از روش‌های کشت مستقیم برنج برای شرایط محلی و آب‌وهوایی هر منطقه توسعه یافته‌اند، از این رو به منظور کاربرد در شرایط متفاوت نیاز به ارزیابی، واسنجی و اصلاح دارند. در این پژوهش خشکه‌کاری کاری برنج با استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی برای منطقه برنج کاری اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان (لورک) با طول جغرافیایی $51^{\circ}28'$ شرقی و عرض جغرافیایی $32^{\circ}42'$ شمالی، ارتفاع متوسط منطقه از دریا ۱۶۲۴ متر و میانگین بارندگی سالانه ۱۵۱ میلی‌متر انجام شده است. این منطقه بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی تورنت وایت دارای آب‌وهوای خشک است (۲۱). موقعیت شماتیک محل مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است.

بیشینه دمای فصل رشد ۴۲ درجه سانتی‌گراد (در هر دو سال) و کمینه دمای آن $33/2^{\circ}$ و $31/3^{\circ}$ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ ثبت شد. بارندگی در فصل رشد ناچیز و قابل صرف نظر بود. بافت خاک منطقه تا عمق ۳۰ سانتی‌متر لومی و از عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر لومی رس ارزیابی شد.

برای انجام پژوهش مساحت تقریبی ۱۰۰۰ مترمربع شامل ۸ پلات در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها صحرایی در این طرح به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال بود. سامانه آبیاری تحت فشار نیز در دو حالت سامانه نواری قطره‌ای سطحی (قطر نوارها ۱۶ میلی‌متر، فاصله نوارها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله قطره‌چکان‌ها ۲۰ سانتی‌متر، دبی ۳ لیتر در ساعت) و سامانه زیرزمینی در عمق ۴۰ سانتی‌متر (قطر نوارها ۱۶ میلی‌متر، فاصله نوارها ۵۰ سانتی‌متر، فاصله قطره‌چکان‌ها ۲۵ سانتی‌متر، دبی ۴ لیتر در ساعت) استقرار یافت. فاصله ردیف‌های کشت نیز ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش از ارقام برنج



شکل ۱. موقعیت شماتیک محل اجرای پژوهش

نتایج و بحث

مقایسه سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در میزان

آب مصرفی

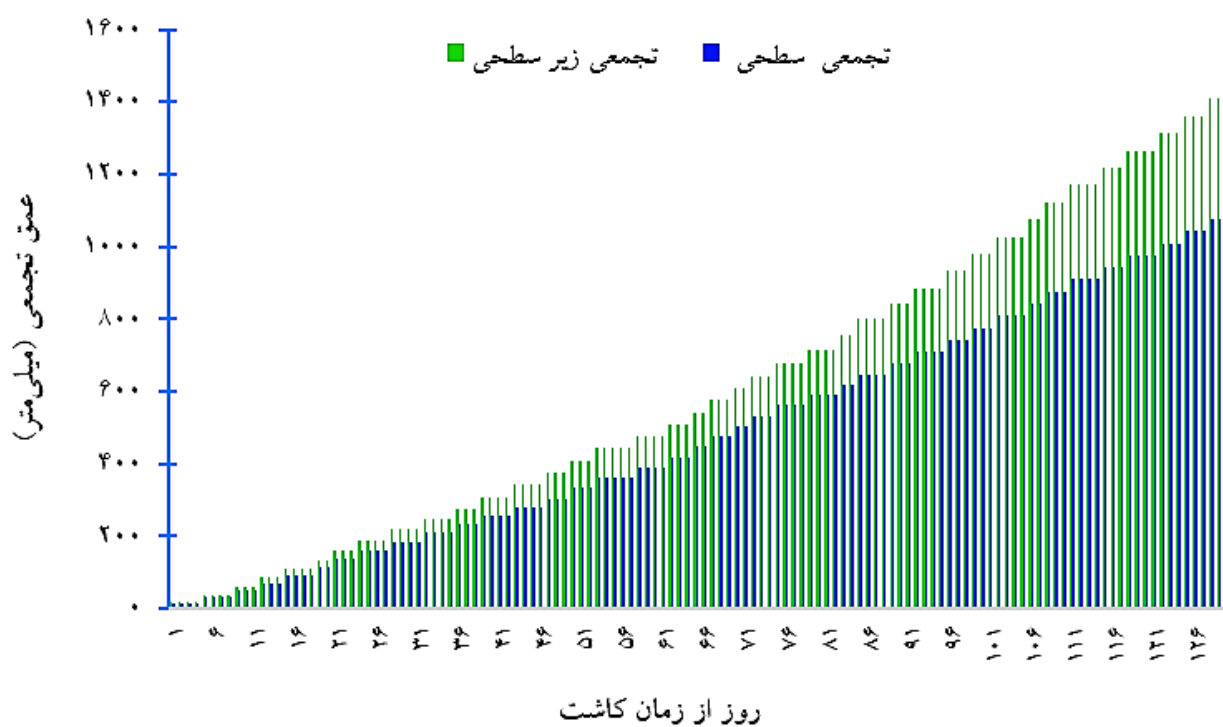
شکل ۲ و ۳ عمق آبیاری تجمعی را برای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ نشان می‌دهند. به طور میانگین در هر سال ۴۰ آبیاری انجام شد. عمق آبیاری نسبت به مرحله رشد، وضعیت آب‌وهوایی و وضعیت گیاه حدود ۱۵ تا ۵۰ میلی‌متر متغیر بود.

مقدار کل عمق آب آبیاری در آبیاری زیرسطحی ۱۴۵۵ میلی‌متر در سال ۱۳۹۸ و ۱۲۶۶ میلی‌متر در سال ۱۳۹۹ اندازه‌گیری شد. در رابطه با آبیاری سطحی این ارقام ۱۱۱۹ میلی‌متر در سال ۱۳۹۸ و ۱۱۲۳ میلی‌متر در سال ۱۳۹۹ ثبت شد. در واقع مصرف آب در آبیاری قطره‌ای سطحی به طور میانگین ۲۰ درصد کمتر از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بوده است. با توجه به میزان آب مصرفی در شیوه سنتی منطقه که طبق پژوهش‌های محلی حدود ۱۸۰۰ میلی‌متر گزارش شده است، خشکه‌کاری کاری برنج حدود ۴۰ درصد باعث کاهش مصرف آب آبیاری شده است. مصرف بیشتر آب در سامانه قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند به دلیل نفوذ عمقی بیشتر در این سامانه باشد. این نتایج با نتایج مطالعات دهقانیان که در آن نشان

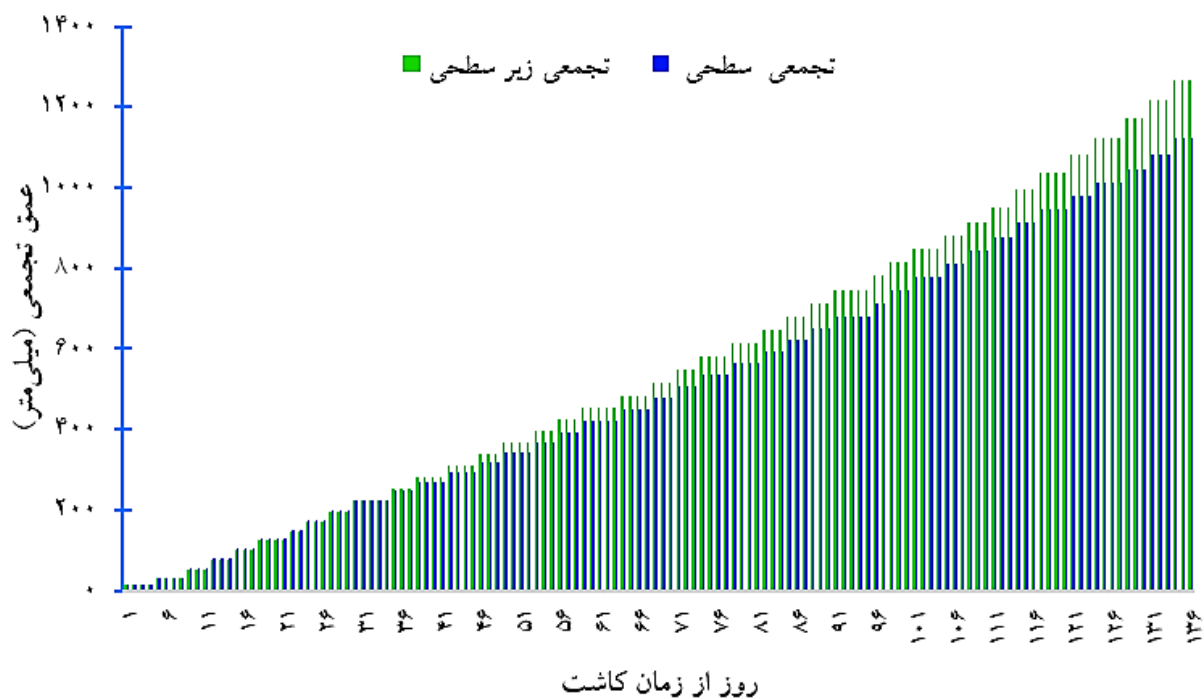
داد روش آبیاری قطره ای نواری، مصرف آب آبیاری برنج را ۶۴ درصد نسبت به روش آبیاری غرقابی کاهش داد، همخوانی دارد. همچنین دهقانیان نشان داد آبیاری قطره‌ای بیشتر از دو برابر، شاخص کارایی مصرف آب آبیاری را نسبت به آبیاری غرقابی افزایش داد (۶). نتایج مطالعه کریمی فرد و همکاران نیز نشان داد آبیاری نواری-تیپ، سبب کاهش مصرف آب نسبت به آبیاری سنتی در کشت نشایی و مستقیم شده است. همچنین بیشترین مقدار بهره‌وری مصرف آب در کشت مستقیم در آبیاری نواری-تیپ (۰/۹۹ کیلوگرم بر متر مکعب) به دست آمد. در مجموع در این پژوهش روش آبیاری قطره‌ای علاوه بر کاهش مصرف آب، توانایی افزایش بهره‌وری آب و حفظ میزان عملکرد برنج در کشت مستقیم را داشته است (۱۱).

نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای صفات مورد آزمایش

مطابق جدول ۲ در سال ۱۳۹۸ در فاکتور سامانه آبیاری ارتفاع بوته، تعداد دانه پر، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ و بهره‌وری آب در سطح یک درصد و تعداد دانه پوک در سطح ۵ درصد و در سال ۱۳۹۹ تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ و شاخص بهره‌وری آب در سطح یک درصد



شکل ۲. عمق تجمعی آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و تبخیر-تعرق برنج ۱۳۹۸



شکل ۳. عمق تجمعی آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و تبخیر-تعرق برنج ۱۳۹۹

جدول ۲. تجزیه و تحلیل واریانس برای صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص بهره‌وری آب	شاخص سطح برگ	شاخص برداشت	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه پوک در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	طول خوشه (سانتی متر)	تعداد پنجه	ارتفاع گیاه (سانتی متر)
سامانه آبیاری	۱	**	**	ns	**	ns	*	**	ns	ns	**
ژنوتیپ	۲	**	**	**	**	**	**	*	*	**	**
ضریب تغییرات (%)		۹/۳۸	۴/۱	۱۴/۶	۱۰/۹	۹/۳۴	۳/۳۷	۱۵/۵	۵/۹۵	۲۷/۸	۱۲/۷۳
سامانه آبیاری	۱	**	**	ns	**	**	**	**	ns	ns	*
ژنوتیپ	۲	**	**	**	**	**	**	**	**	*	**
ضریب تغییرات (%)		۹/۱	۳/۱۱	۱۲/۱	۶/۸	۹/۱۴	۵/۹۲	۸/۴	۱/۷۹	۵/۶۶	۷/۲۷

و ارتفاع بوته در سطح ۵ درصد معنادار بوده است. نتایج مطالعه بیانی و همکاران روی رقم هوندا برنج در کیاسر مازندران نیز نشان داد طول خوشه، تعداد پنجه، ارتفاع بوته، طول ریشه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی در تیمارهای آبیاری نواری سطحی نسبت به تیمارهای آبیاری زیرسطحی افزایش معنی‌دار داشته است (۳).

در هر دو سال در فاکتور ژنوتیپ همه شاخص‌ها معنادار بوده؛ به‌طوری که در سال ۱۳۹۸ شاخص ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد دانه پوک، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت و شاخص سطح برگ و شاخص بهره‌وری آب در سطح یک درصد و برای شاخص طول خوشه و تعداد دانه پر در سطح ۵ درصد معنادار بوده است و در سال ۱۳۹۹ شاخص ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت و شاخص سطح برگ و شاخص بهره‌وری آب در سطح یک درصد و شاخص تعداد پنجه در سطح ۵ درصد معنادار بوده است (جدول ۲).

صفات مورد بررسی تحت تأثیر سامانه آبیاری در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ قرار گرفت (جدول ۳). مطابق نتایج جدول ۳ آبیاری قطره‌ای سطحی در سال ۱۳۹۸ موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد دانه پر، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ و شاخص بهره‌وری آب و کاهش تعداد دانه پوک و در سال ۱۳۹۹ موجب افزایش ارتفاع گیاه، تعداد دانه پر، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ و شاخص کارایی مصرف آب و کاهش تعداد دانه پوک شد. سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی به ترتیب ۱۹ درصد و ۲۲ درصد بیشتر از آبیاری زیرسطحی بوده است. همچنین این صفات در سال ۱۳۹۹ به ترتیب حدود ۱۵ درصد و ۳۲ درصد بیشتر از زیرسطحی بوده است (جدول ۳). کلاک در پژوهشی در ترکیه در رابطه با مقایسه آبیاری سطحی و زیرسطحی در خشک‌کاری کاری برنج نتیجه مشابه ارائه کرده است و در مطالعات او نیز آبیاری قطره‌ای سطحی عملکرد دانه و بهره‌وری آب بیشتری نسبت به قطره‌ای زیرسطحی نشان داده است (۵).

جدول ۳. تأثیر سامانه های آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی بر صفات مورد مطالعه

فاکتورها	شاخص بهره‌وری آب	شاخص سطح برگ	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه پوک در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	ارتفاع گیاه (سانتی متر)
آبیاری سطحی	۰/۱۸ ^a	۲/۴۱ ^a	۷۳۹۷/۳۹ ^a	۲۶۷۲/۵۶ ^a	-	۱۷/۴۸ ^b	۷۶/۷۳ ^a	۷۶/۰۰
آبیاری زیرسطحی	۰/۱۴ ^b	۲/۲۹ ^b	۶۲۶۷/۸۹ ^b	۲۱۶۹/۲۸ ^b	-	۲۰/۰۱ ^a	۷۱/۸۸ ^b	۷۱/۲۸
LSD	۰/۰۲	۰/۰۸	۲۶۴/۶۲	۳۳۵/۵۲	-	۳/۰۵	۳/۴	۹/۴۵
P Value	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	-	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱
آبیاری سطحی	۰/۲۵ ^a	۲/۶۵ ^a	۸۲۴۹/۱ ^a	۲۷۶۶/۸۹ ^a	۱/۷۳ ^a	۱۳/۲۳ ^b	۷۸/۸ ^a	۸۲/۸۱ ^a
آبیاری زیرسطحی	۰/۱۷ ^b	۲/۵۷ ^b	۷۰۰۱/۸ ^b	۲۳۳۷/۴۴ ^b	۱/۵۹ ^b	۱۵/۸ ^a	۷۶/۱۴ ^b	۷۸/۹ ^b
LSD	۰/۰۱	۰/۱۸	۵۴۸/۸۸	۱۷۹/۰۳	۰/۰۱	۱/۳۷	۳/۶۷	۵/۲۳
P Value	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵

۱۳۹۸

۱۳۹۹

مورد ارزیابی را رقم فیروزان به خود اختصاص داد (جدول ۴). هرچند عملکرد و اجزای عملکرد دانه در این مطالعه به طور معنی داری تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفتند؛ اما به دلیل عدم بررسی جنبه های بیولوژیک این ارقام که خارج از بحث این آزمایش قرار داشت، نمی توان دلایل تفاوت در صفات را ارزیابی کرد. در واقع هدف استفاده از ارقام مختلف در این مطالعه تنها برای تعیین رقم سازگارتر با خشکه کاری کاری برنج در منطقه بوده است. در این پژوهش عوامل زیادی منجر به کاهش عملکرد برنج در مقایسه با شیوه غرقابی شد که مهم ترین آن ها را می توان مربوط به علف های هرز دانست. در شیوه غرقابی علف های هرز به دلیل شرایط غیرهوازی ایجاد شده فرصت رشد پیدا نمی کنند؛ در صورتی که در خشکه کاری کاری برنج، گیاه در تمامی مراحل رشد برای استفاده از آب و کود با علف های هرز در رقابت است (۱۷). خورده شدن دانه های

مطابق جدول ۴ عملکرد و اجزای عملکرد دانه در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به طور معنی داری تحت تأثیر ژنوتیپ های آزمایش قرار گرفت؛ به طوری که در هر دو سال بیشترین مقدار عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانه پر، عملکرد بیولوژیک و شاخص سطح برگ و شاخص کارایی مصرف آب را رقم سازندگی به خود اختصاص داد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم سازندگی ۳۳۰۳ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۸۹ و ۳۵۰۳ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۹ اندازه گیری شد. عملکرد دانه در رقم جوزدان ۲۴۵۵ و ۲۷۸۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سال های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ به دست آمد. همچنین فیروزان با کمترین عملکرد دانه ۱۵۰۳ و ۱۳۷۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سال های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ ارزیابی شد. بیشترین تعداد دانه پوک مربوط به فیروزان (۱۷/۱۶) و پس از آن جوزدان (۱۴/۲۷) بود. گفتنی است هر دو سال کمترین صفات

جدول ۴. تأثیر ژنوتیپ های جوزدان، فیروزان و سازندگی بر صفات مورد مطالعه

ژنوتیپ	شاخص بهره‌وری آب	شاخص سطح برگ	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه پرک در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	طول خوشه (سانتی متر)	تعداد پنجه	ارتفاع گیاه (سانتی متر)
جوزدان	۰/۱۶	۲/۲۰ ^b	۳۳/۷۲۴ ^b	۶۸۸۶/۲ ^b	۲۴۵۵/۵۸ ^b	۱/۷۳ ^a	۱۸/۴۸ ^b	۷۳/۵۹ ^b	۱۸/۸۰ ^a	۹/۷۲ ^b	۷۲/۲۰ ^b
فیروزان	۰/۱۰	۱/۸۸ ^c	۲۴/۸۳ ^c	۵۳۰۴/۰ ^c	۱۵۰۳/۸۳ ^c	۱/۴۵ ^b	۲۳/۷۴ ^a	۷۱/۷۲ ^b	۱۲/۹۳ ^b	۷/۹۶ ^c	۶۷/۹۱ ^c
سازندگی	۰/۲۲ ^a	۲/۹۸ ^a	۳۹/۸۵ ^a	۸۳۰۷/۸ ^a	۳۳۰۳/۳۳ ^a	۱/۷۶ ^a	۱۴/۰۱ ^c	۷۷/۶۰ ^a	۱۸/۵۸ ^a	۱۰/۵۶ ^a	۸۰/۸۲ ^a
LSD	۰/۰۱	۰/۰۸	۳/۳۹	۶۴۴/۲۸	۱۹۵/۸۷	۰/۰۴	۲/۵۱	۳/۸۳	۴/۰۳	۱/۰۳۷	۴/۱۹
P value	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱
جوزدان	۰/۲۳ ^b	۲/۳ ^b	۳۰/۳۱ ^a	۸۲۶۹/۳ ^b	۲۷۸۱/۰۸ ^b	۱/۷۶ ^a	۱۴/۲۷ ^b	۷۶/۳۴ ^b	۱۹/۵۱ ^a	۱۰/۴۶ ^b	۷۷/۷۸ ^b
فیروزان	۰/۱۱ ^c	۲/۱۶ ^c	۲۴/۸۵ ^b	۵۵۶۶ ^c	۱۳۷۲/۲۵ ^c	۱/۴۹ ^b	۱۷/۱۶ ^a	۷۷/۴۸ ^{ab}	۱۷/۹۵ ^b	۱۰/۳۲ ^b	۷۶/۳۹ ^b
سازندگی	۰/۲۹ ^a	۳/۲۴ ^a	۳۸/۷۶ ^a	۹۰۴۰/۹ ^a	۳۵۰۳/۱۷ ^a	۱/۷۴ ^a	۱۲/۱۲ ^c	۷۸/۵۹ ^a	۲۰/۱۲ ^a	۱۱/۱۶ ^a	۸۸/۴ ^a
LSD	۰/۰۱	۰/۰۷	۳/۱۱	۴۸۸/۷۷	۲۰۲/۰۴	۰/۰۸	۱/۰۵	۱/۲	۰/۹۴	۰/۶۷	۳/۹۴
P value	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱

کاشته شده و سوراخ شدن لوله‌های تیپ توسط پرندگان از مشکلات عمده دیگری در این روش کشت است (۲۳). همچنین کوددهی دقیق مطابق این روش هنوز به‌طور علمی ارائه نشده است و از دستورالعمل‌های مربوط به روش کشت غرقابی استفاده می‌شود که همچنان نیاز به سعی و خطا دارد (۱۲).

نتیجه‌گیری

کم بودن میانگین سهم سرانه زمین و اقتصادی‌تر بودن کشت برنج نسبت به دیگر محصولات از دلایل کشت برنج در منطقه لنجانان استان اصفهان است. از آنجا که مدت زمان بین نشاکاری در نیمه دوم اردیبهشت‌ماه تا برداشت برنج در

اواخر شهریورماه حدود ۱۳۰ روز طول می‌کشد و از طرفی در این موقع از سال به دلیل رطوبت نسبی فوق‌العاده کم و همچنین خاک سنگین و رسی، منطقه با مشکل کم آبی مواجه است، شرایط غرقاب ماندن مزرعه تحت شرایط ۲۴۰۰ میلی‌متر پتانسیل تبخیر و تعرق، باعث هدررفت میزان زیادی از منابع آبی به خصوص در سال‌های کم‌بارش در این منطقه می‌شود. با توجه به نتایج این مطالعه آب مصرفی در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی ۲۰ درصد کمتر نسبت به زیرسطحی بود. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل واریانس در این پژوهش مناسب‌ترین رقم برای خشکه‌کاری کاری برنج در منطقه بین ارقام مورد آزمایش رقم سازندگی معرفی شد.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه صنعتی اصفهان و کارکنان محترم مزرعه تحقیقاتی لورک برای ایجاد امکانات لازم برای انجام این پژوهش و همکاری دوستانه ایشان سپاسگزاری می‌کنند.

به‌طور کلی خشکه‌کاری کاری برنج سامانه‌های نوین آبیاری به‌عنوان راه‌حل اساسی برای تولید برنج با مصرف آب کمتر می‌تواند گام مهمی در مدیریت آب کشاورزی و امنیت غذایی پایدار باشد.

References

منابع مورد استفاده

1. Aghaei, S., M. Gheysari and M. Shayannejad. 2023. Yield and Water Productivity of Wheat under Drip-Tape and Surface Irrigation System in East of Isfahan. *Journal of Water and Soil Science* 27(2): 151-162.
2. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
3. Bayani, R., M. Khoshravesht, A. Liaghat, and M. Pourgholam-Amiji. 2023. Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Yield, Yield Components, and Water Productivity of Rice. *Journal of Water Research in Agriculture* 37(1): 103-118.
4. Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. *Journal of Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 41(5):1353-1367.
5. Çolak, Y. B. 2021. Comparison of aerobic rice cultivation using drip systems with conventional flooding. *Journal of Agricultural Science* 159(7-8): 544-556.
6. Dehghanian, A. 2015. Drip irrigation in rice cultivation. Technical magazine. Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center 19:1-8.
7. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 153-188.
8. Gheysari, M., F. Pirnajmedin, H. Movahedrad, M. M. Majidi and M. J. Zareian. 2021. Crop yield and irrigation water productivity of silage maize under two water stress strategies in semi-arid environment: Two different pot and field experiments. *Journal of Agricultural Water Management* 255:106999.
9. Gilani, A., S. H. Absalan and S. Jalali. 2016. Comparison of dry-bed seeding with current planting methods of rice cultivars for water input. Agriculture research, education and extension organization. The final report of the research project.
10. Gosling, N. S. and N. W. Arnell. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Journal of Climatic Change* 134(3):371-385.
11. Karimi Fard, M., M. Zakerinia, A.R. Kiani, F. M. Feyzbakhsh. 2020. The Effect of Drip and Sprinkler Irrigation Systems on Yield and Water Productivity of Rice in Transplanting and Direct Cultivation Methods. *Journal of Water and Soil* 34(5):1019-1032.
12. Kumar, V. and J. K. Ladha. 2011. Direct seeding of rice: recent developments and future research needs. *Advances in Agronomy* 111: 297-413
13. Martínez, J. and J. Reça. 2014. Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 140(10): 04014030.
14. Mohamadzade, F., M. Gheysari, H. Eshghizadeh, M. S. Tabatabaei and G. Hoogenboom. 2022. The effect of water and nitrogen on drip tape irrigated silage maize grown under arid conditions: Experimental and simulations. *Journal of Agricultural Water Management* 271: 107821
15. Phene, C. J., K. R. Davis, R. B. Hutmacher and R. L. McCormick. 1987. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. *Acta Horticulturae* 200 200(9): 101-114.
16. Ramazani, A. and Dehghani, M. 2021. Application of Trickle Irrigation (T-tape) in Dry Direct-Seeded Rice (Case study of Lenjan region of Isfahan). *Iranian Water Research Journal* 15(2): 119-127.
17. Rao, A. N., D. E. Johnson, B. Sivaprasad, J. K. Ladha and A. M. Mortimer. 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy* 93: 153-255.
18. Samoy-Pascual, K., R.M. Lampayan, A.T. Remocal, R.F. Orge, T. Tokida and M. Mizoguchi. 2022. Optimizing the lateral dripline spacing of drip-irrigated aerobic rice to increase water productivity and profitability under the water-limited condition. *Field Crops Research* 287: 108669
19. Soltani, A., S. Jafarnode, E. Zeinali, J. Gherekhloo and B. Torabi. 2024. Assessing aerobic rice systems for saving irrigation water and paddy yield at regional scale. *Journal of Paddy and Water Environment* 22(2): 271-284

20. Statistics. 2020. Agricultural Jahad Organization of Isfahan Province. Crops. Crop year 97-98. <https://www.agri-es.ir/Default.aspx?tabid=1927>
21. Thornthwaite, C.W. 1948. An approach to a rational classification of climate. *Geographical Review* 38(1): 55-94.
22. Wang, H., B. A. M. Bouman, D. Zhao, C. Wang and P. F. Moya. 2002. Aerobic rice in northern China: opportunities and challenges. PP. 1:143. *In*: B.A.M. Bouman, H. Hengsdijk, B. Hardy, P.S. Bindraban, T.P. Tuong, J.K. Ladha (Eds.), Water-wise rice production. Plant Research International, Metro Manila.
23. Xu, L., X. Li X. Wang D. Xiong and F. Wang. 2019. Comparing the grain yields of direct-seeded and transplanted rice: A meta-analysis. *Journal of Agronomy* 9(11):767.