University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 14, No. 2, Summer 2024 (139-154)
doi: 10.22124/CR.2024.27559.1822
pISSN: 2252-0163 eISSN: 2538-6115

RESEARCH PAPER OPEN ACCESS

The effect of planting method on grain yield and quality characteristics of some rice varieties in Guilan province

Farzin Pouramir[1*], Fatemeh Habibi[2] and Bijan Yaghoubi[3]

1. Research Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran (* Corresponding author: f.pouramir@areeo.ac.ir)
2. Research Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
3. Research Professor, Rice Research Institute of Iran (RRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Comprehensive abstract

Introduction

Transplanting in puddled soil is a common method of rice cultivation in the world, which requires high labor and cost. Therefore, this method is being replaced by direct seeding system in recent years. Although direct seeding system has many advantages, this method may change various aspects of rice plant cultivation. In this experiment, the effect of changing the cultivation method from transplanting to direct seeding on paddy yield and some grain quality characteristics of rice varieties was investigated.

Material and methods

This experiment was carried out based on split block design with three replications in Rice Research Institute of Iran (RRII), Rasht, Iran, in 2019. The studied factors were cultivation methods in two levels including transplanting and direct seeding, and rice varieties in five levels including local variety, Hashemi, and improved varieties, Kian, Anam, Gilaneh and Shirodi. The measured traits were paddy yield and grain quality characteristics including head rice, broken rice and milled rice percentage, crude and cooked grain length and width, grain elongation rate, amylose content, gelatinization temperature and grain protein content. For data statistical analysis, analysis of variance was performed using SAS software and comparison of means by least significant difference (LSD) test at 5% probability level.

Research findings

The results showed that the effect of variety and cultivation method on paddy yield was significant, but their interaction was not significant. Comparison of means showed that paddy yield in direct seeding was about 200 kg more than in transplanting method. Shirodi variety with 7820 kg/ha had the highest yield, while there was not significant difference between other vraieties. Milled rice percentage was also more than in direct seeding than the transplanting method, ans the highest milled rice percentage was related to Shirodi variety in direct seeding system (71%), which was not significantly different from Shirodi variety in transplanting system (70%) and Gilaneh variety in direct seeding (70%). The percentage of head rice in direct seeding system (57.06%) was lower than that of transplanting system (65.86%). Among the genotypes, Shirodi and Kian varieties had the highest and lowest head rice percentage with 84.33 and 37.5%, respectively. Amylose content of all studied varieties increased in direct seeding system compared to transplanting cultivation, but this increase was significant in Anam, Gilaneh and Kian varieties, and not-significant in Shirodi and Hashemi varieties. The highest and lowest amylose content with 27.45% and 21.27% were also observed in

Shirodi variety in direct seeding and Kian variety in transplanting cultivation, respectively. Changing the cultivation method from transplanting to direct seeding system led to a significant increase in the Alkali spreading value of Gilaneh, Shirodi and Kian varieties, but had no significant effect on the Alkali spreading value of Anam and Hashemi varieties. The highest grain protein content with 11.08% was observed in Anam variety in transplanting cultivation, which was not significantly different from direct seeding system (10.76%).

Conclusion

The results of this study showed that changing the rice cultivation method from transplanting to direct seeding had a significant effect on paddy yield and grain quality characteristics of the rice varieties, so that paddy yield and milled rice percentage were higher in direct seeding than transplanting, but head rice percentage in direct seeding was lower than transplanting system. One of the most important factors affecting the rice cooking quality is grain amylose percentage. According to the results of the current study, changing the cultivation method from transplanting to direct seeding did not increase the amylose content of Hashemi and Shirodi varieties, which have the largest cultivated area among the local and improved varieties in the northern rice-growing provinces of Iran, respectively. This results can be effective in the acceptance of direct seeding system by paddy farmers.

Keywords: Amylose content, Direct seeding, Grain quality, Milled rice yield, Transplanting

Received: May 27, 2024 Accepted: July 24, 2024

Cite this article:

Pouramir, F., Habibi, F., & Yaghoubi, B. (2024). The effect of planting method on grain yield and quality characteristics of some rice genotypes in Guilan province. *Cereal Research*, *14*(2), 139-154. doi: 10.22124/CR.2024.27559.1822.

تحقیقات غلات
دوره چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳ (۱۵۴-۱۳۹)
doi: 10.22124/CR.2024.27559.1822

مقاله پژوهشی
دسترسی آزاد

اثر روش کاشت بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی دانه برخی از رقم‌های برنج در استان گیلان

فرزین پورامیر[۱*]، فاطمه حبیبی[۲] و بیژن یعقوبی[۳]

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران (* نویسنده مسئول: f.pouramir@areeo.ac.ir)

۲- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۳- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده جامع

مقدمه: نشاکاری در خاک گل‌خراب شده (پادلینگ) روش رایج کشت برنج در دنیا می‌باشد که نیاز به نیروی کار و هزینه بالایی دارد. از این‌رو، در سال‌های اخیر این روش کاشت در حال جایگزینی با کشت مستقیم است. اگرچه کشت مستقیم دارای مزیت‌های فراوانی است، اما ممکن است برخی از جنبه‌های زراعت برنج را دستخوش تغییر قرار دهد. در این آزمایش اثر تغییر شیوه کشت از نشاکاری به کشت مستقیم بر عملکرد شلتوک و برخی از ویژگی‌های کیفی دانه در تعدادی از رقم‌های برنج مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۸ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های مورد مطالعه، روش کشت در دو سطح شامل نشایی و کشت مستقیم و رقم برنج در پنج سطح شامل رقم محلی هاشمی و رقم‌های اصلاح‌شده کیان، آنام، گیلانه و شیرودی بودند. صفات اندازه‌گیری شده، عملکرد شلتوک و ویژگی‌های کیفی دانه شامل درصد برنج سالم و شکسته، راندمان تبدیل، طول و عرض دانه خام و پخته، ضریب ری‌آمدن، میزان آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن و مقدار پروتئین دانه بودند. برای تجزیه آماری داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

یافته‌های تحقیق: نتایج نشان داد که اثر رقم و روش کشت بر عملکرد شلتوک معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد شلتوک معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد شلتوک در روش کشت مستقیم در حدود ۲۰۰ کیلوگرم بیش‌تر از کشت نشایی بود. رقم شیرودی با ۷۸۲۰ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین عملکرد را دارا بود، در حالی‌که بین سایر رقم‌ها اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد. راندمان تبدیل نیز در کشت مستقیم بیش‌تر از نشایی بود و بیش‌ترین راندمان تبدیل (۷۱ درصد) به رقم شیرودی در کشت مستقیم تعلق داشت که با رقم گیلانه در کشت مستقیم (۷۰ درصد) و شیرودی در کشت نشایی (۷۰ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت. درصد برنج سالم در کشت مستقیم (۵۷/۰۶ درصد) کم‌تر از کشت نشایی (۶۵/۸۶ درصد) بود. در بین رقم‌ها نیز شیرودی و کیان به‌ترتیب با ۸۴/۳ و ۳۷/۵ درصد دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برنج سالم بودند. میزان آمیلوز دانه در تمامی رقم‌ها در کشت مستقیم در مقایسه با کشت نشایی افزایش یافت، ولی این افزایش در سه رقم آنام، گیلانه و کیان، معنی‌دار و در دو رقم شیرودی و هاشمی غیر معنی‌دار بود. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آمیلوز با ۲۷/۴۵ و ۲۱/۲۷ درصد نیز به‌ترتیب در رقم شیرودی در کشت مستقیم و رقم کیان در کشت نشایی مشاهده شد. تغییر شیوه

کشت از نشایی به مستقیم منجر به افزایش معنی‌دار دمای ژلاتینی شدن دانه در سه رقم گیلانه، شیرودی و کیان شد، اما تأثیری بر دمای ژلاتینی شدن رقم‌های آنام و هاشمی نداشت. از نظر میزان پروتئین نیز بیش‌ترین میزان پروتئین دانه با ۱۱/۰۸ درصد در رقم آنام در کشت نشایی مشاهده شد که با کشت مستقیم آن (۱۰/۷۶ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که تغییر شیوه کشت برنج از نشایی به مستقیم، علاوه بر ویژگی‌های کیفی دانه، بر عملکرد شلتوک رقم‌های مورد مطالعه نیز تأثیر معنی‌داری داشت، به‌طوری که عملکرد شلتوک و راندمان تبدیل در کشت مستقیم بیش‌تر از نشایی، اما درصد برنج سالم در کشت مستقیم کم‌تر از نشایی بود. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت پخت برنج، درصد آمیلوز دانه است. بر اساس نتایج این تحقیق، تغییر شیوه کشت از نشایی به مستقیم، درصد آمیلوز دانه دو رقم هاشمی و شیرودی را که دارای بیش‌ترین سطح زیر کشت به‌ترتیب در بین رقم‌های محلی و اصلاح‌شده در استان‌های برنج‌خیز شمالی کشور هستند، افزایش نداد. این نتایج می‌تواند در پذیرش سیستم کشت مستقیم توسط شالیکاران موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: راندمان تبدیل، کشت مستقیم، کشت نشایی، کیفیت دانه، محتوای آمیلوز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳

نحوه استناد به این مقاله:

پورامیر، فرزین، حبیبی، فاطمه، و یعقوبی، بیژن. (۱۴۰۳). اثر روش کاشت بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی دانه برخی از ارقام برنج در استان گیلان. *تحقیقات غلات*، ۱۴(۲)، ۱۵۴-۱۳۹. doi: 10.22124/CR.2024.27559.1822

مقدمه

برنج دومین غله با اهمیت در تأمین نیاز غذایی مردم در ایران است. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت و تولید کل این غله در سال ۱۴۰۱ در کشور به‌ترتیب ۷۹۲ هزار هکتار و ۳/۶ میلیون تن می‌باشد (Ministry of Agriculture-Jahad, 2019). در حال حاضر شیوه غالب کشت این گیاه زراعی در سطح دنیا به‌صورت نشاکاری است که نیاز به نیروی کار و هزینه بالایی دارد. از این‌رو، در سال‌های اخیر این روش کشت در حال جایگزینی با سیستم کشت مستقیم می‌باشد. در ایران نیز بیش از ۹۰ درصد زراعت برنج به‌صورت نشاکاری است. این درحالی است که کمبود نیروی کار در مناطق برنج‌خیز کشور به‌ویژه در فصل کشت و کار منجر به افزایش زیاد هزینه‌ها و در نتیجه کاهش درآمد کشاورزان می‌شود. کاهش درآمد منجر به کاهش انگیزه کشاورزان برای ادامه زراعت این محصول می‌شود و در نتیجه ممکن است امنیت غذایی کشور را در بلندمدت به‌خطر اندازد. در این راستا و به‌منظور حل این مشکل، تحقیقات گسترده‌ای طی سال‌های اخیر در زمینه امکان گسترش کشت مستقیم برنج در ایران به‌ویژه در مناطق اصلی برنج‌کاری کشور صورت گرفته است تا در صورت موفقیت، این شیوه کشت و کار جایگزین کشت نشایی شود.

در کشت مستقیم برنج عملیات نشاکاری انجام نمی‌شود، بلکه بذر به‌صورت خشک و یا پیش‌جوانه‌دار شده در خاک کاشته و یا پخش می‌شود. کشت مستقیم دارای مزیت‌های زیادی از جمله کاهش آب مصرفی و همچنین کاهش نیروی کار و هزینه‌های تولید است (Zhang *et al*., 2023). تابال و همکاران (Tabbal *et al*., 2002) نشان دادند در زمانی‌که آب مصرفی در مرحله آماده‌سازی زمین یکسان باشد، کشت مستقیم بر بستر مرطوب منجر به کاهش ۱۱ تا ۱۸ درصدی در مصرف آب آبیاری در مقایسه با کشت نشایی می‌شود. در تحقیقی دیگر مشخص شد که کاهش آب مصرفی در کشت مستقیم برنج بر بستر خشک در مقایسه با کشت نشایی ۴۰ درصد بود (Cabangona *et al*., 2002). در بیش‌تر پژوهش‌ها در دنیا گزارش شده است که کشت مستقیم (خشکه‌کاری، بستر مرطوب و غرقاب) در مقایسه با کشت نشایی از نظر کاهش نیروی کار مزیت دارد، ولی مقدار آن با توجه به روش به‌کارگیری و فناوری استفاده شده و همچنین منطقه مورد مطالعه بسیار متفاوت است (Isvilanonda, 2002; Pandey *et al*., 2002; Dawe, 2005). کومار و لادها (Kumar & Ladha, 2011) این کاهش را تا ۶۰ درصد عنوان کردند. پژوهش‌های دیگر نشان داده است که کشت مستقیم برنج می‌تواند نیاز به نیروی کار را ۱۱ تا ۶۶ درصد با توجه به فصل، مکان و نوع سیستم کشت (خشکه‌کاری، بستر مرطوب و غرقاب) در مقایسه با کشت نشایی کاهش دهد (Isvilanonda, 2002; Kumar *et al*., 2009; Rashid *et al*., 2009). اگرچه کشت مستقیم دارای مزیت‌های فراوانی است، اما این شیوه کشت ممکن است جنبه‌های مختلف زراعت برنج را دست‌خوش تغییر قرار دهد. به‌دلیل اینکه در سیستم کشت مستقیم عملیات پرورش نشا و نشاکاری حذف می‌شود و بذرپاشی به‌صورت مستقیم در زمین اصلی صورت می‌گیرد، بنابراین مراحل فنولوژیک رشد گیاه زراعی و همچنین کیفیت شلتوک تولیدی ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد (Bian *et al*., 2018; Abou-Khalifa *et al*., 2021).

کیفیت برنج از چهار بخش؛ کیفیت تبدیل، کیفیت ظاهری، کیفیت پخت و خوراک و کیفیت عناصر غذایی تشکیل شده است (Webb 1991; Yu *et al*., 2008). کیفیت تبدیل، تعیین‌کننده مقدار دانه سالم و شکسته تولید شده می‌باشد. کیفیت پخت نیز تعیین‌کننده میزان ری‌آمدن، نرمی و سفتی برنج پخته شده است که متأثر از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه است. کیفیت پخت پیش از هر چیز تحت تأثیر مقدار آمیلوز قرار دارد که یکی از اجزاء نشاسته است. همچنین مقدار پروتئین، دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل نیز از عوامل تاثیرگذار بر کیفیت پخت هستند (Abou-Khalifa *et al*., 2021). تحقیقات نشان داده است که کیفیت برنج علاوه بر ویژگی‌های ژنتیکی، توسط عواملی از قبیل شرایط محیطی، نوع خاک و کود مصرفی، مدیریت زراعی، شرایط رشدی و روش‌های انبارداری تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Sajwan *et al*., 1990; Bonazzi *et al*., 1997; Abud-Archila *et al*., 2000; Han *et al*., 2004). مشخص شده است که تغییرات دمایی در مرحله پر شدن دانه برنج نقش بسیار زیادی در کیفیت برنج دارد (Krishnan *et al*., 2011). دمای بالا در مرحله پر شدن دانه منجر به افزایش مقدار شکم‌سفیدی دانه می‌شود و این درحالی است که تحت چنین شرایطی شفافیت برنج و مقدار برنج سفید سالم تولید شده، کاهش می‌یابد (Lanning *et al*., 2011; Li *et al*., 2011). در واقع تغییر شیوه کشت از طریق تغییر

زمان بذرپاشی، تغییر مدیریت‌های زراعی از قبیل مدیریت آبیاری، مدیریت زمان و مقدار کوددهی و سایر موارد می‌تواند اثر قابل‌توجهی بر رشد و نمو و همچنین تابش، دما و سایر منابع دریافتی توسط گیاه زراعی داشته و از این طریق بر کیفیت دانه اثر بگذارد (Bian *et al*., 2018). چن و همکاران (Chen *et al*., 2010) نشان دادند که کشت مستقیم برنج بر بستر مرطوب منجر به کاهش درصد برنج قهوه‌ای و برنج سالم، عرض دانه، مقدار پروتئین و آمیلوز دانه در مقایسه با کشت نشایی شد، اما میزان گچی شدن دانه و قوام ژل افزایش یافت.

ژائو و همکاران (Zhao *et al*., 2005) بیان داشتند که کیفیت تبدیل دانه برنج به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر مقدار پر شدن دانه قرار دارد. گزارش شده است که طولانی بودن زمان پر شدن دانه و همچنین سرعت دوره خطی پر شدن دانه، منجر به افزایش کیفیت تبدیل شد این درحالی بود که زمان ناکافی و سرعت غیر عادی برای پر شدن دانه، اثر منفی بر کیفیت تبدیل داشت (Yang *et al*., 2000; Yang & Zhang, 2009; Huo *et al*., 2012). از این‌رو عواملی از قبیل کارایی فتوسنتز، تراکم و ساختار بوته، رطوبت خاک، دما و تابش در طی مرحله گلدهی که می‌توانند در پر شدن دانه نقش داشته باشند، در کیفیت تبدیل دانه نیز مؤثر خواهند بود (Bian *et al*., 2018). هو و همکاران (Huo *et al*., 2012) نشان دادند که کشت مستقیم برنج منجر به کاهش کیفیت تبدیل دانه در مقایسه با نشاکاری ماشینی می‌شود از طرفی کیفیت تبدیل در ارقام مختلف متفاوت بود. بیان و همکاران (Bian *et al*., 2018) نشان دادند که کیفیت تبدیل در کشت نشایی بهتر از کشت مستقیم بر بستر مرطوب بود. به گزارش آن‌ها، نسبت طول به عرض دانه در کشت نشایی در مقایسه با کشت مستقیم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و مقدار، اندازه و درجه شکم‌سفیدی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. دلیل احتمالی این امر به ساختار جمعیتی ثابت در مرحله گلدهی با کارکرد طولانی‌تر برگ‌ها و تجمع بیشتر زیست‌توده قبل از مرحله گلدهی در کشت نشایی نسبت داده شده است (Gangwar *et al*., 2008; Hu *et al*., 2014). ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi *et al*., 2022) نشان دادند که روش کاشت اثر معنی‌داری بر کیفیت دانه تولیدی در زراعت برنج دارد. به گزارش آن‌ها مقدار آمیلوز، دمای ژلاتینی شدن و قوام ژل دانه برنج رقم هاشمی در کشت مستقیم بر بستر مرطوب بیش‌تر از کشت نشایی بود. باسونی و زمبلی (Bassuony & Zsembeli, 2019) نیز گزارش کردند که کشت مستقیم ارقام برنج بر بستر مرطوب کیفیت دانه‌های تولیدی را در مقایسه با کشت نشایی به‌طور معنی‌داری تغییر می‌دهد.

از آنجایی‌که تحقیقات پیشین در کشور در زمینه کشت مستقیم برنج بر بستر مرطوب بیش‌تر بر رشد و عملکرد ارقام مختلف تمرکز داشته و تقریباً هیچ مطالعه‌ای در زمینه اثر روش کشت بر کیفیت دانه تولیدی صورت نگرفته است، در این مطالعه اثر تغییر روش کشت از نشایی به کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب بر صفات کیفی برنج مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- رشت (طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد) به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. روش کشت در دو سطح شامل کشت نشایی و کشت مستقیم بذر در بستر مرطوب در کرت‌های اصلی و رقم برنج در پنج سطح شامل رقم محلی هاشمی و رقم‌های اصلاح شده آنام، گیلانه، شیرودی و کیان در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. برخی از ویژگی‌های رقم‌های مورد مطالعه در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

آماده‌سازی زمین شامل شخم اول در نیمه اول فروردین‌ماه، شخم دوم در اواسط اردیبهشت‌ماه و شخم سوم (گل‌خرابی) هفت روز قبل از کشت مستقیم و دو روز قبل از نشاکاری به‌طور مشابه برای هر دو روش کشت انجام شد. برای مبارزه با علف‌های هرز در کشت مستقیم از دو مرحله سم‌پاشی استفاده شد. در مرحله اول، هفت روز قبل از بذرپاشی ابتدا کرت‌ها تا عمق ۱۰ سانتی‌متر غرقاب شده و سپس علف‌کش خاک‌پاش در سطح کرت‌ها اعمال شد. در مرحله دوم، پس از سبز شدن برنج و در مرحله دو تا چهار برگی از علف‌کش برگ‌مصرف توصیه شده استفاده شد. برای مبارزه با علف‌های هرز در کشت نشایی، علاوه بر یک مرحله وجین دستی در مرحله پنجه‌زنی، از علف‌کش خاک‌پاش سه تا پنج روز پس از نشاکاری نیز استفاده شد.

در کشت نشایی، ابتدا بذر رقم‌های مورد مطالعه در خزانه در زیر پوشش پلاستیکی در اواخر فروردین ماه کشت و سپس نشاکاری در تاریخ چهارم خرداد ماه در مرحله سه تا پنج برگی با فواصل ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به تعداد سه گیاهچه در هر کپه در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۷ متر (ابعاد کرت‌های فرعی) انجام شد. در کشت مستقیم نیز ابتدا بذرها به‌مدت دو روز در آب خیسانده شده و سپس جهت جوانه‌زنی به‌مدت دو روز در داخل گونی‌های مرطوب قرار داده شدند. خیساندن و پیش‌جوانه‌دار کردن بذرها چهار روز قبل از بذرپاشی در دمای اتاق (۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس) صورت گرفت. بلافاصله پس از شروع جوانه‌زنی، بذرها به‌روش دست‌پاش در کرت‌های آزمایشی غرقاب به عمق حدود ۲ تا ۳ سانتی‌متر در تاریخ ۲۲ اردیبهشت ماه پخش شدند. میزان بذر مصرفی در کشت مستقیم برای تمامی رقم‌های مورد مطالعه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. تراکم مورد نظر در نتیجه آزمایش‌های متعدد انجام شده طی چند سال مطالعه اولیه توسط مجریان این مطالعه به‌دست آمده است.

به‌منظور تعیین میزان کودهای مصرفی، ابتدا نمونه‌های خاک از مزرعه آزمایشی مورد نظر تهیه شده و پس از تعیین میزان عناصر غذایی موجود در آن در آزمایشگاه خاک‌شناسی بخش خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج (جدول ۲)، اقدام به کوددهی شد. بر اساس نتایج آزمایش خاک، کود فسفر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل، در مرحله آماده‌سازی زمین، کود پتاس ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم در دو مرحله آماده‌سازی زمین (۵۰ درصد) و پنجه‌زنی (۵۰ درصد) و کود نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره. کود نیتروژن برای رقم پر محصول شیرودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. کود نیتروژن در کشت نشایی در سه مرحله (۵۰ درصد در مرحله نشاکاری، ۳۰ درصد مرحله پنجه‌زنی و ۲۰ درصد در مرحله ظهور خوشه) و در کشت مستقیم در چهار مرحله (۴۰ درصد ۲۰ روز پس از بذرپاشی، ۲۰ درصد در مرحله پنجه‌زنی، ۲۰ درصد در مرحله ساقه رفتن و ۲۰ درصد در مرحله خوشه‌دهی) به‌صورت سرک مصرف شد. با توجه به بروز علائم کمبود نیتروژن در کشت مستقیم، مقدار این کود در این روش کشت ۲۰ درصد بیش‌تر از کشت نشایی در نظر گرفته شد. به‌منظور مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج، گرانول‌پاشی حشره‌کش دیازینون ۱۰ درصد به مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار طی دو نوبت انجام شد.

برای انجام آزمون‌های مرتبط با کیفیت، در مرحله برداشت مقدار ۲۰۰ گرم شلتوک از هر کرت برداشت شده و بعد از قرار دادن در پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه منتقل شدند. رطوبت اولیه نمونه‌ها (بر مبنای تر) توسط رطوبت‌سنج مخصوص غلات مدل GMK-303RS ساخت کشور کره جنوبی اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های شلتوک با دمای ۱±۴۵ درجه سلسیوس توسط خشک‌کن آزمایشگاهی تا رسیدن به رطوبت ۱۰-۹ درصد خشک شدند. برای تبدیل شلتوک به برنج سفید با سیستم اصطکاکی، ۱۵۰ گرم شلتوک خشک شده از تیمار مورد نظر وزن و پوستهٔ اولیهٔ نمونه‌ها با دستگاه پوست‌کن غلتک لاستیکی آزمایشگاهی ساتاکه جدا شد. برای جداسازی سبوس از سفیدکن آزمایشگاهی نوع اصطکاکی، مک‌گیل شماره ۲ (Mac Gill No 2) به‌مدت ۴۵ ثانیه استفاده شد. پس از عملیات پوست‌کنی و جداسازی سبوس، برنج‌های سفید سالم با الک دوار آزمایشگاهی ایندنت ساخت شرکت ساتاکه ژاپن از برنج‌های شکسته جدا شدند.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های ارقام برنج مورد استفاده در این مطالعه

Table 1. Some characteristics of the rice genotypes used in this study

Genotype	Growth period (day)	Paddy yield (ton/ha)	1000-grain weight (g)	Amylose content (%)	Alkali spreading value (ASV)	Released year	Description
Hashemi	115-125	3-4	25	20.5	3.33	-	Native genotype
Shirodi	130-135	7-8	26	25.6	4.75	1383	Improved genotype (Khazar × Deylamani)
Anam	100-105	4.5-5	26	24	3.75	1397	Improved genotype (Saleh × Hashemi)
Gilane	105-110	5-5.5	26	23	4	1395	Improved genotype (Saleh × Abjiboji)
Kian	105-111	5.5-6	29	19.5	4.41	1399	Mutant from Tarom native genotype

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 2. Physical and chemical characteristics of the experimental soil

Soil texture	Absorbable P ($mg.kg^{-1}$)	Absorbable K (mg/kg)	Total N (%)	Organic carbon (%)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
Clay	272	13.6	0.19	2.05	7.44	1.06

راندمان تبدیل (Milled Rice)، درصد برنج سالم (Head Rice) و درصد برنج شکسته (Broken Rice) با روابط (۱) تا (۳) محاسبه شد (Pan *et al*., 2007):

$$MR(\%) = \frac{W_r}{W_p} \times 100 \quad (۱)$$

$$HR(\%) = \frac{W_{hr}}{W_r} \times 100 \quad (۲)$$

$$BR(\%) = 100 - HR(\%) \quad (۳)$$

در این روابط، MR راندمان تبدیل کل برنج (درصد)، HR درصد برنج سالم، BR برنج شکسته (درصد)، Wr وزن کل برنج سفید شده (گرم)، Whr وزن برنج سالم (گرم) و Wp وزن شلتوک (گرم) است.

به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی، ۵۰ دانه برنج سالم، کامل و رسیده به‌صورت تصادفی انتخاب و طول و عرض آن‌ها با استفاده از دستگاه Photo N Larger با بزرگ‌نمایی ۱۰ برابر اندازه‌گیری شد (Habibi, 2013). برای تعیین ضریب لاغری، از رابطه (۴) استفاده شد (Nasiri & Etesami, 2015):

$$R=\frac{L}{W} \quad (۴)$$

که در آن، R ضریب لاغری، L طول دانه خام (میلی‌متر) و W عرض دانه خام (میلی‌متر) می‌باشد.

برای تعیین ضریب ری آمدن، ابتدا ۲۵ دانه برنج سالم انتخاب و طول دانه پخته اندازه‌گیری و سپس ضریب ری آمدن با رابطه (۵) محاسبه شد (Singh *et al*., 2005):

$$E=\frac{C}{L} \quad (۵)$$

در این رابطه، E میزان ری آمدن، C طول دانه پخته (میلی‌متر) و L طول دانه خام (میلی‌متر) است.

برای تعیین میزان آمیلوز از روش کالرومتری با تشکیل کمپلکس ید- نشاسته استفاده شد (Juliano, 1971; Fitzgerald *et al*., 2009). پس از قرائت جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Cecil 3000 در طول موج ۶۲۰ نانومتر، میزان آمیلوز بر حسب درصد توسط منحنی استاندارد محاسبه شد.

برای تعیین نمره ژلاتینی شدن، دانه‌های برنج در داخل محلول هیدروکسید پتاسیم رقیق قرار گرفته و میزان هضم دانه‌ها در محیط قلیایی در مقیاس یک تا هفت در مقایسه با نمونه‌های شاهد نمره‌دهی شدند (Habibi, 2013)، به این ترتیب که برای دمای ژلاتینه شدن بالای ۷۵، ۷۰ تا ۷۵ و کم‌تر از ۷۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب نمره ۱ تا ۳، ۴ تا ۵ و ۶ تا ۷ در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری پروتئین در دانه‌های برنج سفید، میزان نیتروژن دانه بر اساس روش کجلدال (AOAC, 2000) اندازه‌گیری و در ضریب ۵/۹۵ ضرب شد.

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2)، مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL انجام شد.

نتایج و بحث

راندمان تبدیل، درصد برنج سالم و درصد برنج شکسته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر روش کشت و رقم بر هر چهار صفت عملکرد محصول، راندمان تبدیل و درصد برنج سالم و شکسته معنی‌دار بود، در حالی‌که برهمکنش روش کشت × رقم فقط بر راندمان تبدیل معنی‌دار شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، عملکرد شلتوک در روش کشت مستقیم در حدود ۲۰۰ کیلوگرم بیش‌تر از کشت نشایی بود. در بین رقم‌ها نیز رقم شیرودی با ۷۸۲۰ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین عملکرد را دارا بود، در حالی‌که بین سایر رقم‌ها اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد. بیش‌ترین راندمان تبدیل در رقم شیرودی در کشت مستقیم (۷۱ درصد) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با همین رقم در کشت نشایی (۷۰ درصد) و گیلانه در کشت مستقیم (۷۰ درصد) نداشت (شکل ۱). کم‌ترین راندمان تبدیل نیز مربوط به رقم کیان در کشت نشایی (۶۴ درصد) بود، در حالی‌که راندمان تبدیل این رقم در کشت مستقیم ۶۷/۳ درصد بود. راندمان تبدیل دو رقم هاشمی و آنام در دو روش کشت مستقیم و نشایی تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما راندمان تبدیل رقم گیلانه در کشت مستقیم ۴/۴ درصد بالاتر از مقدار آن در کشت نشایی بود. بیان و همکاران (Bian *et al*., 2018)

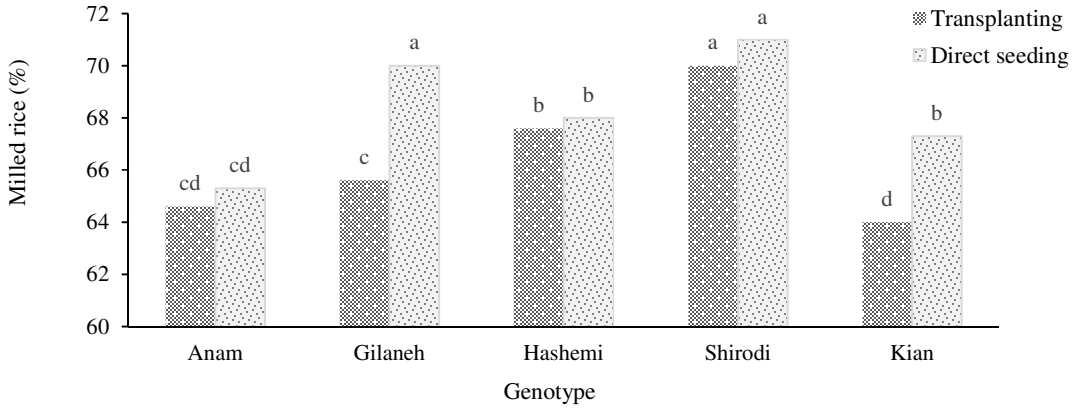
با مطالعه شش رقم برنج مشاهده کردند که راندمان تبدیل تحت تأثیر نوع رقم و روش کشت قرار گرفت، اما برهمکنش روش کشت×رقم معنی‌دار نبود. عواملی مانند ضخامت دانه، وجود ترک در دانه و یا درصد گچی بالاتر دانه باعث کاهش استحکام دانه و افزایش درصد برنج شکسته می‌شود (Bian *et al*., 2018; Abou-Khalifa *et al*., 2021). نتایج نشان داد که درصد برنج سالم در کشت مستقیم (۵۷/۰۶ درصد) کم‌تر از کشت نشایی (۶۵/۸۶ درصد) بود. ضخامت دانه یا ضریب رعنایی نیز در کشت مستقیم (۳/۶۱) کم‌تر از کشت نشایی (۳/۶۸) بود و این عامل احتمالاً منجر به کاهش مقاومت دانه در هنگام تبدیل برنج قهوه‌ای به سفید و افزایش درصد شکسته شده است. در بین رقم‌ها نیز دو رقم شیرودی و کیان به‌ترتیب با ۸۴/۳۳ و ۳۷/۵ درصد بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار برنج سالم را دارا بودند (جدول ۴). بیان و همکاران (Bian *et al*., 2018) نیز در مطالعه‌ای شش رقم برنج، درصد برنج سالم را در کشت نشایی بیش‌تر از کشت مستقیم گزارش کردند. باسونی و زمبلی (Bassuony & Zsembeli, 2019) با مطالعه سه رقم برنج گزارش کردند که نوع رقم در سطح احتمال یک درصد و روش کشت در سطح احتمال پنج درصد بر میزان برنج سالم تأثیرگذار بود. سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2004) و علی و همکاران (Ali *et al*., 2012) بیان کردند که کیفیت تبدیل تحت تأثیر روش کشت قرار نمی‌گیرد و برنج سالم در دو روش کشت مستقیم و نشایی یکسان بود. به‌طور کلی بررسی عامل‌های موثر بر راندمان تبدیل و تولید برنج سالم در این مطالعه نشان داد که رقم شیرودی به‌دلیل حفظ کیفیت تبدیل نسبت به سایر رقم‌ها برای کشت به روش مستقیم مناسب‌تر است.

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد شلتوک، راندمان تبدیل، درصد برنج سالم و درصد برنج شکسته در ارقام برنج

Table 3. Analysis of variance for paddy yield, milled rice, head rice and broken rice in rice genotypes

Source of variation	df	Mean square			
		Paddy yield	Milled rice	Head rice	Broken rice
Replication (R)	2	170473.03 ^{ns}	0.63 ^{ns}	48.53*	48.53*
Genotype (G)	4	11214510.45**	28.11**	1907.86**	1907.86**
Error 1 (R × G)	8	96562.33	0.71	8.99	8.99
Planting method (P)	1	379237.63 *	28.03**	580.80**	580.80**
G × P	4	181357.05 ^{ns}	4.78**	31.96 ^{ns}	31.96 ^{ns}
Error 2	10	74303.47	063	7.23	7.23
CV (%)	-	5.48	0.71	4.86	7.76

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



شکل ۱- مقایسه میانگین برهم‌کنش روش کشت × رقم بر راندمان تبدیل برنج

Figure 1. Comparison of means of the effect of planting method × genotype interaction on milled rice

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات روش کشت و رقم بر عملکرد شلتوک، درصد برنج سالم و درصد برنج شکسته

Table 4. Comparison of means of the effects of cultivation method and genotype on paddy yield, head rice and broken rice

Treatment	Paddy yield (kg/ha)	Head rice (%)	Broken rice (%)
Planting method			
Direct seeding	5494 a	57.06 b	42.93 a
Transplanting	5269 b	65.86 a	34.13 b
Genotype			
Anam	4854 b	51.16 c	48.83 b
Gilaneh	4770 b	65.83 b	34.16 c
Hashemi	4599 b	68.50 b	31.50 c
Shirodi	7820 a	84.33 a	15.66 d
Kian	4866 b	37.50 d	62.50 a

Means followed by similar letters in each column are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

ویژگی‌های فیزیکی و پخت دانه برنج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر تمامی صفات فیزیکی شامل طول و عرض دانه خام، ضریب لاغری، طول دانه پخته و ضریب ری آمدن معنی‌دار بود، در حالی‌که اثر روش کشت فقط بر طول دانه خام و ضریب لاغری معنی‌دار بود و بر صفات عرض دانه خام، طول دانه پخته و ضریب ری آمدن اثر معنی‌داری نداشت. این درحالی بود که برهمکنش روش کشت×رقم فقط بر طول دانه خام و طول دانه پخته معنی‌دار شد (جدول ۵). بلندترین و کوتاه‌ترین طول دانه خام به‌ترتیب با ۷/۹۱ و ۶/۹۹ میلی‌متر برای رقم‌های شیرودی و کیان در کشت نشایی ثبت شد (شکل ۳- A). نتایج نشان داد که به‌جز رقم کیان، طول دانه خام سایر رقم‌های مورد بررسی در کشت نشایی بلندتر از کشت مستقیم بود، اگرچه در رقم هاشمی این تفاوت معنی‌دار نبود. بیش‌ترین طول دانه پخته (۱۳/۰۵ میلی‌متر) نیز مربوط به رقم شیرودی در کشت نشایی بود که با مقدار آن در کشت مستقیم (۱۲/۸۴ میلی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳- B).

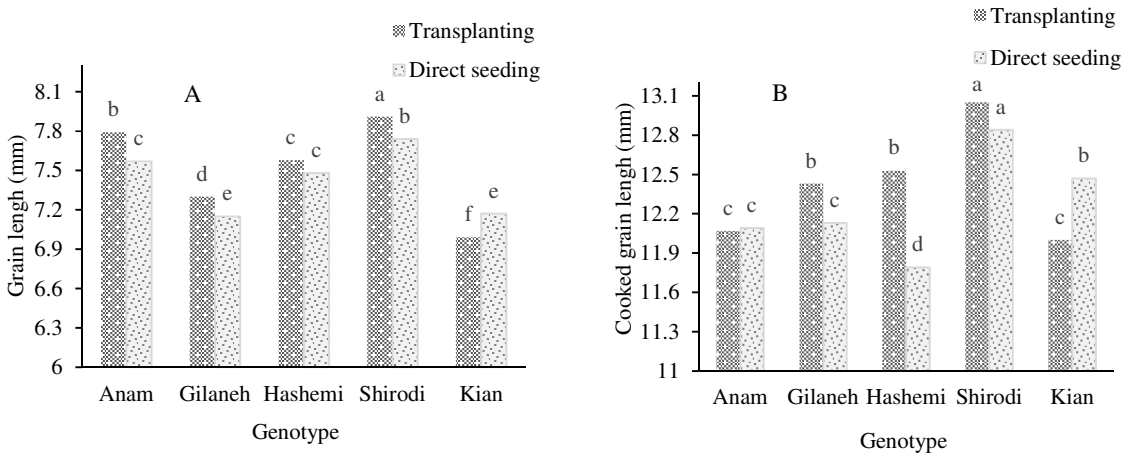
عرض دانه خام نیز تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفت، اما تأثیر روش کشت و برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). بیش‌ترین عرض دانه (۲/۲۸ میلی‌متر) در رقم کیان و کم‌ترین عرض دانه (۱/۹۷ میلی‌متر) در رقم‌های شیرودی و آنام ثبت شد (جدول ۶). در مطالعات باسونی و زمبلی (Bassuony & Zsembeli, 2019) و بیان و همکاران (Bian *et al*., 2018) نیز عرض دانه با تغییر روش کشت، تغییر نیافت. طول دانه بلندتر و عرض دانه کم‌تر، ضریب لاغری یک دانه را بالا برده و از نظر ذائقه مصرف‌کننده ایرانی قابل پذیرش‌تر می‌باشد. ضریب لاغری در کشت نشایی (۳/۶۸) بیش‌تر از کشت مستقیم (۳/۶۱) بود. در بین رقم‌های مورد مطالعه نیز دو رقم شیرودی و آنام به‌ترتیب با ۳/۹۶ و ۳/۸۸ بیش‌ترین و رقم کیان با ۳/۱ کم‌ترین مقدار را از این نظر داشتند، اما بین دو رقم هاشمی و گیلانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). اثر روش کشت بر ضریب رعنایی در مطالعه باسونی و زمبلی (Bassuony & Zsembeli, 2019) معنی‌دار نبود، اما بیان و همکاران (Bian *et al*., 2018) اثر روش کشت را بر ضریب رعنایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گزارش کردند. ضریب ری آمدن یا نسبت طول دانه پخته به خام نیز تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفت. بیش‌ترین میزان ری آمدن با ۱/۷۲ و ۱/۶۹ به‌ترتیب در رقم‌های کیان و گیلانه و کم‌ترین میزان به‌ترتیب با ۱/۵۷ و ۱/۶۱ در رقم‌های آنام و هاشمی ثبت شد (جدول ۶). نتانوس و همکاران (Ntanos *et al*., 2000) مشاهده کردند که ویژگی‌های فیزیکی دانه در سیستم کشت نشایی بهتر از کشت مستقیم بود. آن‌ها دلیل بهبود طول دانه در سیستم نشایی را جذب بهتر منابع در غیاب رقابت با علف‌های هرز دانستند که منجر به در دسترس قرار گرفتن بیش‌تر مواد غذایی و تولید دانه‌هایی با طول بیش‌تر می‌شود. باسونی و زمبلی (Bassuony & Zsembeli, 2019) با مطالعه سه رقم برنج دریافتند که طول دانه تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفت، اما روش کشت تأثیری بر میزان آن نداشت. بیان و همکاران (Bian *et al*., 2018) نیز در مطالعه شش رقم برنج به نتایج مشابهی رسیدند.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر رقم و روش کشت بر طول و عرض دانه خام، ضریب لاغری، طول دانه پخته و ضریب ری آمدن در ارقام برنج

Table 5. Analysis of variance of the effect of genotype and planting method on grain length and width, slenderness ratio, cooked grain length and grain elongation rate in rice genotypes

Source of variation	df	Mean square				
		Grain length	Grain width	Slenderness ratio	Cooked grain length	Grain elongation rate
Replication (R)	2	0.015 ^{ns}	0.0016 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	0.26*	0.002 ^{ns}
Genotype (G)	4	0.58**	0.1007**	0.69**	0.72**	0.023**
Error 1 (R × G)	8	0.016	0.00031	0.008	0.09	0.0026
Planting method (P)	1	0.069**	0.00261^{ns}	0.044*	0.17 ^{ns}	0.00003 ^{ns}
G × P	4	0.036*	0.0024 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.29*	0.0028 ^{ns}
Error 2	10	0.009	0.0011	0.0064	0.051	0.0008
CV (%)	-	1.047	1.63	1.84	1.68	1.97

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



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش روش کشت × رقم بر طول دانه خام (A) و پخته (B)

Figure 3. Comparison of means of the effect of planting method × genotype interaction on grain length (A) and cooked grain length (B)

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده روش کشت و رقم بر عرض دانه خام، ضریب لاغری و ضریب ری آمدن

Table 6. Comparison of means of the effect of cultivation method and genotype on grain width, slenderness ratio and grain elongation rate

Treatment	Grain width (mm)	Slenderness ratio	Grain elongation rate
Planting method			
Direct seeding	2.06a	3.61b	1.65a
Transplanting	2.04a	3.68a	1.65a
Genotype			
Anam	1.97d	3.88a	1.57d
Gilaneh	2.01c	3.59b	1.69ab
Hashemi	2.03b	3.69b	1.61cd
Shirodi	1.97d	3.96a	1.65bc
Kian	2.28a	3.10c	1.72a

Means followed by similar letters in each column are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

ویژگی‌های شیمیایی دانه (میزان آمیلوز، نمره ژلاتینی شدن و میزان پروتئین)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان آمیلوز، نمره ژلاتینی شدن و میزان پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر هر دو عامل روش کشت و نوع رقم و نیز برهمکنش روش کشت × رقم قرار گرفت (جدول ۷). نشاسته اصلی‌ترین کربوهیدرات ذخیره‌ای در برنج است که بر کیفیت پخت تأثیر می‌گذارد. نتایج مطالعات قبلی نشان داده است که ویژگی‌های برنج پخته شده تحت تأثیر محتوای آمیلوز و دمای ژلاتینی شدن که از ویژگی‌های نشاسته محسوب می‌شوند، قرار دارد (Zhu *et al*., 2021). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار آمیلوز مربوط به رقم شیرودی در کشت مستقیم (۲۷/۴۵ درصد) بود که با مقدار آمیلوز در کشت نشایی (۲۷/۰۳ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۸). در رقم هاشمی نیز تفاوت مقدار آمیلوز در دو روش کشت نشایی و مستقیم معنی‌دار نبود. آمیلوز به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر کیفیت پخت شناخته شده است و نرمی یا سفتی بافت برنج پخته شده به مقدار آن در دانه بستگی دارد. مقدار آمیلوز ارقام گیلانه و کیان در کشت مستقیم (به‌ترتیب ۲۲/۳۲ و ۲۲/۷۳ درصد) بیش‌تر از کشت نشایی (به‌ترتیب ۲۰/۳۵ و ۲۱/۲۷ درصد) بود. با توجه به اهمیت تأثیر مقدار آمیلوز در بافت برنج پخته شده می‌توان اظهار داشت که بافت برنج پخته در رقم گیلانه و کیان در روش کشت مستقیم کمی خشک‌تر از کشت نشایی بود که با نتایج هو و همکاران (Huo *et al*., 2012) مطابقت داشت.

بیش‌ترین نمره ژلاتینی شدن متعلق به رقم آنام در کشت مستقیم (۴/۸۴) بود که با مقدار آن در کشت نشایی (۴/۵۶ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت. با وجود این‌که در کلیه ارقام مورد بررسی نمره ژلاتینی شدن بالاتری در کشت مستقیم نسبت به کشت نشایی ثبت شد، اما از نقطه نظر ارزیابی کیفیت دانه در آزمایشگاه، تفاوت مشاهده شده قابل اغماض بود. میزان پروتئین دانه نیز علاوه بر تأثیر بر ارزش غذایی بر کیفیت پخت برنج نیز تأثیرگذار است. نتایج مقایسه میانگین میزان پروتئین دانه نشان داد که میزان پروتئین دانه تمامی رقم‌های مورد مطالعه در شیوه کشت مستقیم کم‌تر از کشت نشایی بود. بیش‌ترین میزان پروتئین دانه در رقم آنام در کشت نشایی (۱۱/۰۸ درصد) مشاهده شد که تفاوت آن با میزان پروتئین دانه این رقم در کشت مستقیم (۱۰/۷۶ درصد)، معنی‌دار نبود. در رقم شیرودی نیز میزان پروتئین دانه در کشت نشایی ۱/۴۴ درصد بیش‌تر از میزان آن در کشت مستقیم بود. تجمع نیتروژن و تشکیل پروتئین دانه به فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز در مراحل مختلف رشد بستگی دارد. نتایج تحقیقات نشان داده است که مصرف برخی از علف‌کش‌ها منجر به اختلال غیراختصاصی متابولیسم سلولی می‌شود و به‌دنبال آن فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش می‌یابد و در نتیجه منجر به کاهش سنتز پروتئین و یا توقف آن می‌شود (Ramprakash *et al*., 2015). از آنجایی که برای کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم در مقایسه با کشت نشایی، یک مرحله اضافی از علف‌کش استفاده شد، از این‌رو ممکن است مصرف این علف‌کش منجر به اختلال در فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز و در نتیجه سنتز پروتئین شده و از این طریق منجر به کاهش درصد پروتئین دانه در رقم‌های مورد مطالعه در کشت مستقیم شده باشد.

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر رقم و روش کشت بر میزان آمیلوز، نمره ژلاتینی شدن و میزان پروتئین دانه رقم‌های برنج

Table 4. Analysis of variance of the effect of genotype and planting method on amylose content, alkali spreading value and protein content of rice genotypes

Source of variation	df	Mean square		
		Amylose content	Alkali spreading value (ASV)	Protein content
Replication (R)	2	0.43 ^{ns}	0.09 ^{ns}	001 ^{ns}
Genotype (G)	4	44.16 **	0.89 **	3.57 **
Error 1 (R × G)	8	0.13	0.02	0.08
Planting method (P)	1	8.70 **	1.10 *	5.35 *
G × P	4	0.67 **	0.06 *	0.28 **
Error 2	10	0.042	0.06	0.02
CV (%)	-	0.85	5.3	1.2

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

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش روش کشت × رقم بر میزان آمیلوز، نمره ژلاتینی شدن و درصد پروتئین دانه رقم‌های برنج
Table 8. Comparison of means of the effect of planting method × genotype interaction on amylose content, alkali spreading value and protein content of rice genotypes

Planting method	Genotype	Amylose content (%)	Alkali spreading value (ASV)	Protein content (%)
Direct seeding	Anam	26.40 b	4.84 a	10.76 a
	Gilaneh	22.32 de	4.40 bc	9.34 d
	Hashemi	21.97 ef	3.71 ef	8.57 e
	Shirodi	27.45 a	4.24 cd	8.56 e
	Kian	22.73 d	4.68 ab	8.63 e
Transplanting	Anam	25.30 c	4.56 abc	11.08 a
	Gilaneh	20.35 h	3.87 ef	9.87 bc
	Hashemi	21.53 fg	3.56 f	9.56 cd
	Shirodi	27.03 a	3.98 ef	10.00 b
	Kian	21.27 g	4.03 de	9.57 cd

Means followed by different letters in each column are significantly different by LSD test at 5% probability level.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که اثر تغییر شیوه کشت برنج از نشایی به کشت مستقیم بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد شلتوک در کشت مستقیم در حدود ۲۰۰ کیلوگرم بیش‌تر از کشت نشایی بود. از طرف دیگر، اثر تغییر شیوه کشت بر ویژگی‌های کیفی دانه برنج نیز اثرگذار بود، به‌طوری که راندمان تبدیل در کشت مستقیم بیش‌تر از نشایی، اما درصد برنج سالم در کشت مستقیم کم‌تر از نشایی بود. تحقیقات نشان داده است که عوامل محیطی و زراعی از قبیل تنش‌های دمایی و یا سرعت فتوسنتز در مرحله پرشدن دانه می‌توانند درصد شکم‌سفیدی و بروز ترک در دانه‌های برنج را افزایش دهند که همین عامل می‌تواند منجر به افزایش درصد برنج‌های شکسته طی فرآیند تبدیل شلتوک به برنج سفید شود. البته این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که فرآیندهای مربوط به خشک کردن شلتوک و همچنین دستگاه‌های مربوط به تبدیل برنج برای شلتوک تولیدی از طریق کشت نشایی کالیبره شده‌اند و اگر طی سال‌های آینده تحقیقات منسجمی برای تعیین بهترین دمای خشک کردن و فشار مناسب دستگاه‌های تبدیل برای شلتوک تولیدی در سیستم کشت مستقیم انجام گیرد، می‌توان درصد برنج سفید سالم به‌دست آمده از این شیوه کشت را افزایش داد. همچنین بهبود عملیات زراعی از طریق انجام مطالعات گسترده در این زمینه می‌تواند منجر به بهبود کیفیت برنج تولیدی در این شیوه کشت شود.

مهم‌ترین عامل مؤثر بر کیفیت دانه برنج میزان آمیلوز آن است. بر اساس نتایج این آزمایش، میزان آمیلوز دانه در دو رقم محلی هاشمی و اصلاح شده شیرودی که دارای بیش‌ترین سطح زیر کشت در مناطق عمده برنج‌کاری کشور (استان‌های گیلان و مازندران) هستند، تحت تأثیر تغییر سیستم کشت قرار نگرفت. این نکته بسیار حائز اهمیت است و می‌تواند در پذیرش بیش‌تر سیستم کشت مستقیم توسط کشاورزان برنج‌کار مؤثر باشد.

تضاد منافع

نویسندگان تأیید می‌کنند که این تحقیق در غیاب هرگونه روابط تجاری یا مالی می‌تواند به‌عنوان 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 تاکنون 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

Abou-Khalifa, A. A., Ziden, A. A., Elshenawy, M. M., & Hassan, H. M. (2021). Effect of planting methods and cultivars on rice grain quality. *Journal of Plant Production*, *12*(11), 1247-1254. doi: 10.21608/JPP.2021.209336.

Abud-Archila, M., Courtois, F., Bonazzi, C., & Bimbenet, J. J. (2000). A compartmental model of thin-layer drying kinetics of rough rice. *Drying Technology*, *18*(7), 1389-1414. doi: 10.1080/07373930008917784.

Ali, R. I., Iqbal, N., Saleem, M. U., & Akhtar, M. (2012). Effect of different planting methods on economic yield and grain quality of rice. *International Journal of Agricultural & Applied Sciences*, *4*(1), 28-34.

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. The Association of the Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA.

Bassuony, N. N., & Zsembeli, J. (2019). Effect of planting methods on the quality of three Egyptian rice varieties. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, *65*(3), 119-127. doi: 10.2478/agri-2019-0012.

Bian, J. L., Xu, F. F., Han, C., Qiu, S., Ge, J. L., Xu, J., Zhang, H. C., & Wei, H. Y. (2018). Effects of planting methods on yield and quality of different types of japonica rice in northern Jiangsu plain, China. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(12), 2624-2635. doi: 10.1016/S2095-3119(18)62141-0.

Bonazzi, C., de Peuty, M. A., & Themelin, A. (1997). Influence of drying conditions on the processing quality of rough rice. *Drying Technology*, *15*(3-4), 1141-1157. doi: 10.1080/07373939708917283.

Cabangon, R. J., Tuong, T. P., & Abdullah, N. B. (2002). Comparing water input and water productivity of transplanted and direct-seeded rice production systems. *Agricultural Water Management*, *57*(1), 11-31. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00048-3.

Chen, S., Zhou, W., Zeng, F., & Zhang, G. (2010). Effect of planting method on grain quality and nutrient utilization for no-tillage rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *42*(11), 1324-335. doi: 10.1080/00103624.2011.571737.

Dawe, D. (2005). Increasing water productivity in rice-based systems in Asia - Past trends, current problems, and future prospects. *Plant Production Science*, *8*(3), 221-230. doi: 10.1626/pps.8.221.

Ebrahimi, M., Majidian, M., & Alizadeh, M. R. (2022). Effect of different planting techniques and puddling methods on soil properties, growth, yield, and grain quality characteristics of rice (*Oryza sativa* L.). *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, *53*(19), 2543-2557. doi: 10.1080/00103624.2022.2072510.

Fitzgerald, M. A., Bergman, C. J., Resurreccion, A. P., Möller, J., Jimenez, R., Reinke, R. F., Martin, M., Blanco, P., Molina, F., Chen, M. H., & Kuri, V. (2009). Addressing the dilemmas of measuring amylose in rice. *Cereal Chemistry*, *86*(5), 492-498. doi: 10.1094/CCHEM-86-5-0492.

Gangwar, K. S., Tomar, O. K., & Pandey, D. K. (2008). Productivity and economics of transplanted and direct-seeded rice (*Oryza sativa*)-based cropping systems in Indo-Gangetic plains. *Indian Journal of Agricultural Science*, *78*(8), 655-658.

Habibi, F. (2013). Experimental methods for measuring quality characteristics in rice grain. Rice Reasearch Institute of Iran, Rasht, Iran. 27 p. [In Persian].

Han, Y. P., Xu, M. L., Liu, X. Y., Yan, C. J., Schuyler, S. K., Chen, X. L., & Gu, M. H. (2004). Genes coding for starch branching enzymes are major contributors to starch viscosity characteristics in waxy rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Science*, *166*(2), 357-364. doi: 10.1016/j.plantsci.2003.09.023.

Hu, Y. J., Xing, Z. P., Gong, J. L., Liu, G. T., Zhang, H. C., Dai, Q. G., Huo, Z. Y., Xu, K., Wei, H. Y., Guo, B. W., Sha, A. Q., Zhou, Y. Y., Luo, X. C., & Liu, G. L. (2014). Study on population characteristics and formation mechanisms for high yield of pot-seedling mechanical transplanting rice. *Scientia Agricultura Sinica*, *47*, 865-879. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2014.05.004.

Huo, Z. Y., Li, J., Xu, K., Dai, Q. G., Wei, H. Y., Gong, J. L., & Zhang, H. C. (2012). Effect of planting methods on quality of different growth and development types of Japonica rice under high yielding cultivation condition. *Scientia Agricultura Sinica*, *45*(19), 3932-3945. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2012.19.004.

Isvilanonda, S. (2002). Development trends and farmer's benefits in the adoption of wet seeded rice in Thailand. Proceedings of the International Workshop on Direct Seeding in Asian Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities. 25-28 January 2000, Bangkok, Thailand. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T. P., Lopez, K., & Hardy, B. (Eds.). Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. pp. 115-124.

Juliano, B. O. (1971). Simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today*, *16*, 334-338.

Krishnan, P., Ramakrishnan, B., Reddy, K. R., & Reddy, V. R. (2011). High-temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. In: Sparks, D. L. (Ed.). Advances in Agronomy, Vol. 111, Burlington: Academic Press. Elsevier, Inc. pp. 87-206. doi: 10.1016/B978-0-12-387689-8.00004-7.

Kumar, V., & Ladha J. K. (2011). Direct Seeded Rice: Recent Development & Future Research Needs. In: Sparks, D. L. (Ed.). Advances in Agronomy. Vol. 111. Burlington: Academic Press. Elsevier, Inc. pp. 297-413. doi: 10.1016/B978-0-12-387689-8.00001-1.

Kumar, V., Ladha, J. K., & Gathala, M. K. (2009). Direct drill-seeded rice: A need of the day. Annual Meeting of Agronomy Society of America. November 1-5, 2009, Pittsburgh. http://a-c-s.confex.com/crops/2009am/webprogram/Paper53386.html.

Lanning, S. B., Siebenmorgen, T. J., Counce, P. A., Ambardekar, A. A., & Mauromoustakos, A. (2011). Extreme nighttime air temperatures in 2010 impact rice chalkiness and milling quality. *Field Crops Research*, *124*(1), 132-136. doi: 10.1016/j.fcr.2011.06.012.

Li, H., Chen, Z., Hu, M., Wang, Z., Hua, H., Yin, C., & Zeng, H. (2011). Different effects of night versus day high temperature on rice quality and accumulation profiling of rice grain proteins during grain filling. *Plant Cell Reports*, *30*(9), 1641-1659. doi: 10.1007/s00299-011-1074-2.

Ministry of Agriculture-Jahad. (2019). Agricultural Sstatistics. Vol. 1. Crop Plants. Statistics, Information and communication Technology Center, Ministry of Agriculture-Jahad, Tehtan, Iran. [In Persian].

Nasiri, S. M., & Etesami, S. M. (2015). Energy use efficiency of different drying methods for two rough rice cultivars. *Food Science & Technology*, *3*(2), 23-28. doi: 10.13189/fst.2015.030201.

Ntanos, D. A., Koutroubas, S. D., & Mavrotas, C. (2000). Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa* L.) with cyhalofop-butyl. *Weed Technology*, *14*(2), 383-388. doi: 10.1614/0890-037X(2000)014[0383:BECGCI]2.0.CO;2.

Pan, Z., Amaratunga, K. S. P., & Thompson, J. F. (2007). Relationship between rice sample milling conditions and milling quality. *Transactions of the ASABE*, *50*(4), 1307-1313. doi: 10.13031/2013.23607

Pandey, S., Velasco, L. E., & Suphanchalmat, N. (2002). Economics of direct seeding in northern Thailand. Proceedings of the International Workshop on Direct Seeding in Asian Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities. 25-28 January 2000, Bangkok, Thailand. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T. P., Lopez, K., & Hardy, B. (Eds.). Direct Seeding: Research Strategies and Opportunities. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. pp. 139-150.

Ramprakash, T., Madhavi, M., Yakadri, M., & Srinivas, A. (2015). Bispyribac sodium persistence in soil, plant and grain in direct seeded rice and its effect on soil properties. *Nature Environment & Pollution Technology*, *14*(3), 605-609.

Rashid, M. H., Alam, M. M., Khan, M. A. H., & Ladha, J. K. (2009). Productivity and resource use of direct-(drum)-seeded and transplanted rice in puddled soils in rice-rice and rice-wheat ecosystem. *Field Crops Research*, *113*, 274-281. doi: 10.1016/j.fcr.2009.06.004.

Sajwan, K. S., Kaplan, D. I., Mittra, B. N., & Pandey, H. K. (1990). Influence of the post-harvest operations on the milling quality of rice. *International Journal of Tropical Agriculture*, *8*(4), 304-309.

Singh, N., Kaur, L., Sohdi, N. S., & Sekhon, K. S. (2005). Pysicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivar. *Food Chemistry*, *89*(2), 253-259. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.02.032.

Singh, S., Tripathy, R. P., Sharma, P., & Kumar, R. (2004). Effect of tillage on root growth, crop performances and economics in rice-wheat system. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *74*(6), 300-304.

Tabbal, D. F., Bouman, B. A. M., Bhuiyan, S. I., Sibayan, E. B., & Sattar, M. A. (2002). On-farm strategies for reducing water input in irrigated rice: Case studies in the Philippines. *Agricultural Water Management*, *56*(2), 93-112. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00007-0.

Webb, B. D. (1991). Rice Quality and Grades. In: Luh, B. S. (Ed.). Rice. Springer, Boston, MA. pp. 508-538. doi: 10.1007/978-1-4899-3754-4_16.

Yang, J., Peng, S., Visperas, R. M., Sanico, A. L., Zhu, Q., & Gu, S. (2000). Grain filling pattern and cytokinin content in the grains and roots of rice plants. *Plant Growth Regulation*, *30*, 261-270. doi: 10.1023/A:1006356125418.

Yang, J., & Zhang, J. (2009). Grain-filling problem in ‘super’ rice. *Journal of Experimental Botany*, *61*(1), 1-5. doi: 10.1093/jxb/erp348.

Yu, T., Jiang, W., Ham, T., Chu, S., Lestari, F., & Lee, J. (2008). Comparison of grain quality traits between japonica rice cultivars from Korea and Yunnan province of China. J*ournal of Crop Science & Biotechnology*, *11*(2), 135-140.

Zhang, X. L., Tao, W., Gao, G. Q., Chen, L., Guo, H., Zhangh, H., Tang, M. Y., & Liang, T. F. (2023). Effects of direct seeding cultivation method on growth stage, lodging resistance and yield benefit of double-cropping early rice. *Scientia Agricultura Sinica*, *56*(2), 249-263. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2023.02.004.

Zhao, B. H., Zhang, W. J., Wang, Z. Q., Zhu, Q. S., & Yang, J. C. (2005). Changes in activities of the key enzymes related to starch synthesis in rice grains during grain filling and their relationships with the filling rate and cooking quality. *Agricultural Sciences in China*, *4*(1), 26-33.

Zhu, D., Fang, C., Qian, Z., Guo, B., & Huo, Z. (2021). Differences in starch structure, physicochemical properties and texture characteristics in superior and inferior grains of rice varieties with different amylose contents. *Food Hydrocolloids*, *110*, 106170. doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106170.