



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۱

صفحه‌های ۱۸۹-۲۰۳

DOI: 10.22059/jci.2021.318761.2515

مقاله پژوهشی:

کشت مستقیم برنج با فناوری نوار بذر

حسن اخگری^{۱*}، بهزاد کاویانی^۲

۱. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

۲. دانشیار، گروه باغبانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی کارایی کشت مستقیم برنج (*Oryza sativa* L.) با فناوری نوار بذر و مقایسه آن با کاشت نشایی و کاشت مستقیم سنتی (خطی)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به‌مدت دو سال پیاپی ۱۳۹۶-۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت انجام شد. فاکتور اول؛ دو رقم برنج (خزر و هاشمی) و فاکتور دوم؛ ده سطح تیمار پرایمینگ بذر با سه روش کشت (نشایی، مستقیم خطی و مستقیم با فناوری نوار بذر) بودند. دو چالش عمده تولید برنج در روش‌های کشت نشایی و کشت مستقیم سنتی (خطی)؛ سهم بالای نیروی کار و افزایش هزینه است. بنابراین، برای کاهش هزینه تولید برنج باید به‌دنبال روش‌های جدید کشت بود. در مطالعه حاضر، کشت مستقیم برنج با فناوری پرایمینگ و نوار بذر، با کاهش نیروی کار و هزینه ارائه می‌شود. شاخص‌های زراعی و برآورد هزینه عوامل تولید این دو رقم برنج در این سه روش کشت ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که استفاده از روش کشت مستقیم با فناوری نوار بذر باعث افزایش هشت درصدی عملکرد دانه شلتوک و صرفه‌جویی ۲۵ درصدی در هزینه، هم‌چنین کاهش ۱۱ درصدی در طول دوره رشد، ۳۰ درصدی در تعداد نیروی کار در هر هکتار، ۲۶ درصدی در هزینه تولید هر کیلوگرم برنج سفید و ۲/۲ درصدی در شاخص هزینه به فایده در رقم هاشمی نسبت به روش مرسوم کشت نشایی شد. بنابراین، کشت مستقیم با فناوری نوار بذر، که برای اولین بار در ایران اجرا شد، در کاهش هزینه تولید برنج مؤثر می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: پرایمینگ بذر برنج، عملکرد بذر، غلات، کاشت سنتی، کاشت نشایی.

Direct Cultivation of Rice by Seed Tape Technology

Hasan Akhgari^{1*}, Behzad Kaviani²

1. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

2. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.

Received: April 12, 2021

Accepted: October 25, 2021

Abstract

An experiment has been carried out as factorial with completely randomized block design with four replications during two continuous years (2019-2020) in research farm of Islamic Azad University, Rasht Branch. It has attempted to evaluate the efficiency of rice (*Oryza sativa* L.) by seed tape technology and its comparison with transplanting and traditional direct seeding cultivations. The first factor consists of two rice cultivars (Khazar and Hashemi) and the second one of ten levels of seed priming treatment with three methods (transplanting, traditional direct, and direct with seed tape technology). The two main challenges of rice production in traditional transplanting and direct seeded methods are incredible share of labor as well as increased cost. Therefore, new methods of cultivation should be sought to reduce the costs of rice production. This study presents direct seeding of rice with seed priming treatments and seed tape technology, which happens with reduced of labor and costs. Agronomy parameters and cost production factors have been evaluated in these three methods, with the results indicating that the use of direct seeded method with seed tape technology boosts rice yield by eight percent, saving 25% of the expenditure, while dropping the growing period by 11%, number of labors per hectare by 30%, production cost per kilogram of white rice by 26%, the cost-benefit index by 2.2% in case of Hashemi cultivar, compared to the cultivation method. Therefore, direct seeding with seed tape technology, performed for the first time in Iran, is effective in reducing the cost of rice production.

Keywords: Cereals, rice seed priming, seed yield, traditional cultivation, transplanting cultivation.

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) پس از گندم^۱ مهم‌ترین محصول زراعی است و بالاترین سطح زیر کشت در جهان را شامل می‌شود. برای پاسخ به درخواست برنج، در سال ۲۰۴۰ میلادی نسبت به سال ۲۰۱۵ به ۹۶ میلیون تن برنج بیش‌تر نیاز است (Valera & Baliú, 2020). تلاش برای تولید این مقدار برنج با اثر مخرب محیطی کم‌تر، حائز اهمیت است. یکی از راه‌حل‌های مهم برای پرکردن خلأ موجود در میزان تولید حال حاضر و میزان تولید پیش‌بینی‌شده، به حداقل رساندن اختلاف در بازدهی روش‌های مختلف کشت است (Panneerselvam *et al.*, 2020). سطح زیر کشت برنج در ایران حدود ۶۰۰ هزار هکتار و میانگین تولید آن ۴/۵ تن در هکتار در سال ۱۳۹۸ گزارش شد (Pouramir *et al.*, 2020). طی سالیان اخیر موضوع افزایش قیمت برنج و روند فزاینده هزینه‌های تولید آن، ذهن همگان به‌ویژه برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را به خود مشغول کرده است. چالش اصلی تولید برنج، سهم بالای نیروی کار و هزینه‌های زیاد تولید است که از کشت نشایی منشأ می‌گیرد (Eyvani *et al.*, 2014). به‌علت کوچک‌بودن قطعات زراعی و هزینه بالای دستگاه‌های نشاکار، استفاده از این دستگاه‌ها توجیه اقتصادی ندارد (Eyvani *et al.*, 2014).

در روش کشت نشایی، مجموع تعداد نفر روز کارگر موردنیاز برای یک هکتار شالی‌کاری، ۱۱۰/۵ نفر روز می‌باشد که این مقدار، ۶۷ درصد از کل هزینه تولید این محصول را به‌خود اختصاص می‌دهد (Atghaei *et al.*, 2011). هم‌چنین، جمع نفر روز تا مرحله نشاکاری برابر ۲۹ نفر روز می‌باشد که این مقدار، ۲۶ درصد از مجموع تعداد نفر روز را تشکیل می‌دهد. هزینه این بخش نیز ۲۷ درصد از مجموع هزینه تولید

برنج را شامل می‌شود (Atghaei Kordkolaei *et al.*, 2011). نیاز آبی بالا، بالابودن هزینه کارگری و تقاضای زیاد کارگری در سیستم کشت نشایی، باعث کاهش رغبت کشاورزان به استفاده از این روش و افزایش استفاده از کشت مستقیم شده است (CSISA, 2017; Bhullar *et al.*, 2018; Devkota *et al.*, 2019; Kakumanu *et al.*, 2019). اگرچه، عدم معرفی روش‌های مناسب، عدم به‌کارگیری فناوری‌های مؤثر و آشنانیدن برنامه‌ریزان بخش کشاورزی از مهم‌ترین علل کم‌بودن سهم کشت مستقیم برنج است. در کشورهای دارای فناوری پیشرفته، از جمله استفاده از علف‌کش‌ها و دستگاه‌های بذرکار مناسب، کشت مستقیم به‌طور روزافزونی در حال گسترش است.

کشت مستقیم برنج، به استقرار این گیاه از طریق پخش بذر در مزرعه اطلاق می‌شود که نسبت به انتقال گیاهچه از خزانه به مزرعه (روش نشاکاری) سریع‌تر می‌باشد. کشت مستقیم برنج به سه روش انجام می‌شود؛ خشک (کاشت بذر خشک در بستر)، مرطوب (کاشت بذر خیس‌انده‌شده در بستر) و آب (پخش بذر در بستر آب‌گرفته). در مناطقی مانند آسیای جنوبی که کمبود آب و نیروی کار به‌طور فزاینده‌ای رو به افزایش است، کشت مستقیم خشک ارجحیت دارد (Rao *et al.*, 2017). بذرپاشی بذر خشک روشی است که تا قبل از سال ۱۹۵۰ برای استقرار گیاه برنج در مزرعه در کشورهای توسعه‌یافته مورد استفاده قرار می‌گرفت. این روش از دهه ۱۹۷۰ جایگزین کشت نشایی برنج در بخش‌های عمده‌ای از جهان گردید (CSISA, 2017). کمبود آب یک محدودیت اساسی در توسعه زراعت برنج در بسیاری از مناطق جهان محسوب می‌شود (Gilani *et al.*, 2019). کشت مستقیم برنج دارای مزایایی مانند حذف عملیات و زحمت کارگری در خزانه‌گیری، نگهداری خزانه و نشاکاری، مدیریت بهینه مصرف آب و انرژی، تخریب

1. *Triticum aestivum* L.

کشت مستقیم برنج با فناوری نوار بذر

روش نتواند نیازمندی‌های عملیاتی و مدیریتی را برآورده نماید. کشت مستقیم برنج با استفاده از روش نوار بذر می‌تواند این نقایص را برطرف کند. روش نوار بذر از نظر نحوه اجرا و گروه کاری به دو مرحله تقسیم می‌شود؛ ۱- تولید نوارهای بذر که طی آن از ماشین‌های خاصی برای تولید لوله‌های نوار بذر استفاده می‌شود. این کار هیچ محدودیتی از نظر فصل زراعی ندارد. روش نوار بذر تضمین‌کننده فاصله کاشت بذر بین ردیف و روی ردیف و تعداد بذر در واحد سطح می‌باشد. ۲- در مزرعه می‌توان نوارهای حاوی بذر را مستقیماً با استفاده از ماشین‌های مخصوص کاشت و یا به صورت دستی در یک یا چند ردیف به‌طور هم‌زمان در داخل خاک قرار داد (Hongguang & Wentao, 2012).

روش کشت مستقیم با نوار بذر، تضمین‌کننده کیفیت گیاهچه‌ها، افزایش توان تولید، کاهش مصرف آب، کود، سم، هزینه و افزایش فایده اقتصادی در مزرعه است. روش نوار بذر به‌عنوان یک روش پایه در زراعت برنج قابل معرفی است. کاهش در زمان عملیات زراعی، ساده‌بودن تولید و سبک‌بودن نوار بذر، برخی از مزیت‌های این روش محسوب می‌شوند (Hongguang & Wentao, 2012). مطالعه در طول دوره رشد در هر دو شرایط بستر مرطوب و خشک نشان داد که عملکرد دانه در کشت مستقیم معادل با کشت نشایی است و در بستر خشک نسبت هزینه به فایده بالاتری به‌دست آمد (Farooq et al., 2010). با توجه به عدم کنترل آرایش و تراکم کاشت، هزینه بالای دستمزد کارگر و بحران رو به گسترش کمبود آب در کشور و هم‌چنین با توجه به صعوبت کشت نشایی و کشت مستقیم خطی، این پژوهش با هدف ارائه روش کاشت جدید با صرفه‌جویی در هزینه تولید با استفاده از روش کشت مستقیم با فناوری نوار بذر برنج، جهت تسهیل عملیات کاشت مستقیم بذر، کاهش هزینه کارگری

کم‌تر ساختمان خاک، انتشار کم‌تر گازهای گلخانه‌ای، کنترل بهتر علف‌های هرز، درآمد خالص بیشتر و دسترسی به ماشین‌آلات مناسب نسبت به کشت نشایی است (Panneerselvam et al., 2020).

موفقیت در کشت مستقیم منوط به موفقیت در مدیریت علف‌های هرز و جلوگیری از غیریکنواختی در سبز شدن گیاهچه‌ها در مزرعه می‌باشد (FAO, 2013). کشت مستقیم برنج، نیاز به نیروی کار را بسته به فصل، مکان و نوع سیستم کاشت، ۱۱ تا ۶۶ درصد نسبت به کشت نشایی کاهش می‌دهد (Pouramir et al., 2020). کارایی بیشتر روش کشت مستقیم برنج نسبت به کشت نشایی در ارتباط با افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بذر گزارش شده است (Ladha et al., 2016; Chakraborty et al., 2017; Kumar et al., 2018; Kakumanu et al., 2019; Pouramir et al., 2020; Panneerselvam et al., 2020). برخلاف این گزارش‌ها، برخی گزارش‌های دیگر نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین عملکرد برنج در دو روش کشت نشایی و مستقیم وجود ندارد (Huang et al., 2019; Xu et al., 2011). مقایسه‌ی روش کشت نشایی و مستقیم آشکار کرد که عملکرد برنج در روش کشت مستقیم، با وجود صرفه اقتصادی بیشتر، کم‌تر از روش کشت نشایی بود (Eyvani et al., 2014).

روش‌های جاری کشت مستقیم بذر با ماشین‌های مخصوص کاشت دارای کاستی‌هایی از قبیل پیچیدگی ماشین، هزینه بالای انرژی مصرفی و بالابودن شعاع چرخش ماشین، هم‌چنین عدم کنترل آرایش و تراکم کاشت و عدم دستیابی به افزایش عملکرد است (Hongguang & Wentao, 2012). نبود اطلاعات کافی و عدم معرفی ارقام مناسب برای این روش کشت از معایب دیگر آن است (Pouramir et al., 2020; Panneerselvam et al., 2020). این کاستی‌ها باعث شده است که این

و تعداد کارگر و کنترل آرایش و تراکم کاشت، برای اولین بار در ایران، اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در زمینی به مساحت ۲۰۰۰ مترمربع، در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در مزرعه آزمایشی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال متوالی اجرا شد. عامل اول؛ دو رقم برنج (خزر و هاشمی) و عامل دوم؛ ده تیمار ($t_1 - t_{10}$) شامل هشت روش پرایمینگ بذر که در کلیه این تیمارها بذر در نوار کاغذی قرار داده شدند و دو تیمار کشت مستقیم بذر جوانه‌دار بدون نوار و نشاکاری دستی بذر خشک بدون پرایمینگ (کشت رایج نشاکاری) نیز در نظر گرفته شدند. فواصل نسا در تیمار کشت رایج بر اساس ابعاد ماشین‌های نشاکاری (13×30 سانتی‌متر) انجام شد. این ده تیمار آزمایشی، سه روش کاشت (کشت نشایی، کشت مستقیم خطی بذر و کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر) را تشکیل دادند. تیمارها و چگونگی اعمال آن‌ها عبارتند از:

t_1 - پرایمینگ با آب مقطر به همراه خشک و تر کردن (هیدروپرایمینگ): هزار گرم بذر از هر رقم، پس از ضدعفونی سطحی، به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق در آب مقطر (به نسبت ۱:۵؛ یک قسمت وزن بذر و ۵ قسمت آب) که با استفاده از پمپ هوادهی می‌شد، غوطه‌ور شد. سپس، بذور با آب مقطر شست‌وشو و با استفاده از جریان باد در دمای اتاق در سایه خشکانده شدند تا رطوبت آن‌ها به حد اولیه کاهش داده شود (Farooq *et al.*, 2005a). بذرهای تیمار شده تا زمان کاشت در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، درون کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن در یخچال نگهداری شدند.

t_2 - پرایمینگ با اسید آسکوربیک: هزار گرم بذر ارقام برنج در ۵ لیتر از محلول ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسید

آسکوربیک (ویتامین C) ($C_6H_8O_6$, MW: 176.13,) (Art.500078, MERCK) (به نسبت ۱:۵)، توأم با هوادهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای 27 ± 3 درجه سانتی‌گراد تیمار و پس از آن با استفاده از جریان باد در دمای اتاق در سایه خشکانده شد تا رطوبت آن‌ها به حد اولیه کاهش یابد. بذرهای تیمار شده تا زمان کاشت در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، درون کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن در یخچال نگهداری شدند (Farooq *et al.*, 2006b).

t_3 - پرایمینگ با اسید سالیسیلیک: مانند t_2 اما با استفاده از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک (HOC_6H_4COOH , MW:138.12 g.mol⁻¹,) (Art.100631.0500, MERCK) (Farooq *et al.*, 2006b). t_4 - پرایمینگ اسمزی با کلرید کلسیم: مانند t_2 اما با استفاده از ۲۲/۲ گرم در لیتر کلرید کلسیم ($CaCl_2$) (Farooq *et al.*, 2006b).

t_5 - پرایمینگ حرارتی با سرما: هزار گرم از بذر ارقام برنج در کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر قرار داده شدند (Yari *et al.*, 2012).

t_6 - تیمار پرایمینگ با گرما و سرما: هزار گرم بذر خشک از هر رقم ابتدا در محیط گرم (بذرهای خشک هر رقم در ظروف شیشه‌ای در پوش‌دار به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد) و سپس در محیط سرد (بذرهای در کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر قرار داده شد) تیمار شدند. بذور تیمار شده برای آزمایش‌های بعدی در کیسه‌های پلی‌اتیلن در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Yari *et al.*, 2012).

t_7 - پوشش‌دار کردن بذر: هزار گرم از بذر پرایمینگ شده با آب از هر رقم برنج با ترکیبی از ۳۰ درصد سولفات کلسیم ($CaSO_4$) + کربنات کلسیم ۳۰ درصد + صمغ عربی و چسب

کشت مستقیم برنج با فناوری نوار بذر

ارقام، براساس شرایط خیساندن و جوانه‌دارکردن بذر توسط کشاورزان منطقه، شامل خیساندن بذر به مدت ۴۸ ساعت در آب خالص و سپس نگهداری بذر در محیط گرم و مرطوب در دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تا ظهور جوانه اولیه سپس کاشت آن در بستر به روش خطی انجام شد.

t_{10} - تیمار نشاکاری دستی (گیاهچه‌های ۲۵ روزه): هزار گرم بذر ارقام، ۲۵ روز قبل از تاریخ کشت در زمین اصلی، در خزانه ایستگاهی، کشت و مراقبت انجام شد. از این گیاهچه‌ها در روز کاشت بذر در زمین اصلی به‌عنوان تیمار نشاکاری استفاده شد. گیاهچه‌های ۲۵ روزه با تراکم ۲۲ کیسه در متر مربع و با آرایش کاشت ۱۵×۳۰ سانتی‌متر به‌صورت تک گیاهچه‌ای با دست نشاکاری شدند.

آماده‌سازی بستر کاشت و مدیریت تغذیه براساس دستورالعمل مؤسسه تحقیقات برنج کشور اجرا شد. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش ماچتی، چهار روز قبل از کاشت استفاده شد. در سه هفته اول بعد از کاشت، ضمن جلوگیری از غرقاب‌شدن طولانی‌مدت مزرعه، آبیاری به‌صورت تناوبی اجرا شد. وجین دستی علف‌های هرز و واکاری کیسه‌های از دست رفته در روز سی‌ام پس از کاشت انجام شد. صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا حداکثر پنجه‌زنی، آغاز تشکیل گل‌آذین، تا ۵۰ درصد خوشه‌دهی، تا رسیدگی فیزیولوژیک و مجموع طول دوره رشد و صفات مورفولوژیک شامل پنجه مؤثر، پنجه کل، تعداد دانه پر در خوشه، پوکی دانه در خوشه و تعداد انشعاب در خوشه و صفات زراعی شامل وزن هزاردانه، وزن ماده خشک، شاخص برداشت و عملکرد دانه از هر کرت با برداشت محصول از شش مترمربع از مساحت هر کرت ثبت و یا اندازه‌گیری شدند. میزان برنج سفید با تبدیل ۱۵۰ گرم شلتوک از هر کرت در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات برنج انجام شد.

چوب غیرشیمیایی (۳۰ درصد) + عناصر غذایی (سولفات روی $ZnSO_4$ + نانوکلات آهن + قارچ‌کش متالاکسیل-ام (Metalaxyl-M)، مجموعاً به مقدار ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر) تیمار شدند. این ترکیب به‌صورت محلول غلیظ به‌صورت یک لایه نازک روی بذرها قرار داده شد. سپس بذرها با در نظر گرفتن فاصله روی ردیف‌های کاشت، روی ترکیب مزبور قرار داده شدند و یک لایه نوار کاغذی دیگر روی ردیف بذرها قرار داده شد. نوارهای تهیه‌شده با استفاده از جریان باد در دمای اتاق در سایه خشکانده شدند تا رطوبت آن‌ها به حد اولیه کاهش یابد و سپس در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شدند (Farooq et al., 2006b).

t_8 - بذر خشک بدون اعمال پرایمینگ: بذر خشک بدون پرایمینگ (بدون هیچ تیماری) در نوار بذر قرار داده شدند. پس از اعمال تیمارهای پرایمینگ و پوشش‌دارکردن بذر و شاهد (تیمارهای $t_1 - t_8$)، کلیه بذرها در دو لایه نوار کاغذی از جنس کاغذ کرافت قرار داده شدند (کاغذ کرافت، کاغذی است که با اعمال شرایط و فرایندهای ویژه جهت تحمل فشارهای کششی و جذب نیروی‌های ناشی از تنش انبساطی تولید می‌شود. این کاغذ که از خمیر تولیدشده به‌روش کرافت با حداقل ۸۰ درصد خمیر سولفات تولید می‌شود، از مقاومت به کشش بالایی برخوردار است. گرماژ این نوع کاغذ از ۶۰ الی ۹۰ گرم تشکیل شده و عرض آن ۱۰۲ سانتی‌متر می‌باشد). این بذر به تعداد ۱۱۰ بذر در هر متر طول نوار به‌صورت دستی در نوار کاغذی به‌صورت ساندویچ قرار داده شدند و به‌وسیله چسب طبیعی بذر و کاغذ به هم چسبانده شدند. پس از خشک‌شدن بذر و نوار کاغذ و رسیدن به رطوبت اولیه، دسته‌بندی و در یخچال نگهداری گردیدند.

t_9 - تیمار بذر خیسانده و جوانه‌دارشده مشابه شرایط جوانه‌دارکردن بذر توسط زارع: به مقدار هزار گرم از بذر

آزمون همگنی واریانس اشتباه آزمایشی (F Max) به صورت مرکب تجزیه واریانس شدند. تجزیه‌ی واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. بعد از آزمون یکنواختی داده‌ها، نسبت به تجزیه مرکب صفات همگن اقدام شد. پس از آن، مقایسه میانگین صفات دارای تفاوت معنی‌دار، انجام شد. در نهایت، به مقایسه توصیفی میانگین دوساله صفات مورد ارزیابی پرداخته شد و به صورت درصد بیان شد. جهت ارزیابی اقتصادی، ضمن تحلیل عوامل هزینه‌ای و درآمدی، شاخص نسبت هزینه به درآمد تولید برنج به روش کاشت مستقیم با روش نوار بذر با روش نشایی و کشت مستقیم خطی بذر مورد مقایسه قرار داده شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱.۳ اثر تیمارها روی شاخص‌های زراعی

جدول تجزیه واریانس نشان داد که کلیه صفات زراعی و مورفولوژیک در دو رقم برنج خزر و هاشمی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۱). اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر صفات تعداد روز از کاشت تا حداکثر پنجه‌زنی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد دانه پر در خوشه و درصد برنج سالم از شلتوک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج جدول مقایسه نشان داد که کلیه صفات دارای دسته‌بندی (براساس وجود تفاوت در اندازه صفات در بین سه روش کاشت) بودند (جدول ۲). این دسته‌بندی، با گروه‌بندی تیمارها به سه روش کشت مورد آزمایش، منطبق بود. بنابراین، با تعیین اختلاف بین این سه روش کشت، مزیت روش‌های کشت مستقیم (خطی و نوار بذر) با روش کشت نشایی براساس رتبه درصد بیان شد.

هزینه‌های مربوط به مراحل کاشت تا برداشت و تعداد نیروی کار مورد نیاز در هر روش در هر مرحله براساس جداول استاندارد هزینه تولید برنج (اعداد براساس میانگین عملکرد ارقام برنج در دو سال آزمایش ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ و قیمت‌های سال ۱۳۹۲ و جدول استاندارد نیروی کار مورد نیاز در مراحل کاشت تا برداشت، اعلام شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی) تعیین شدند. برای ارزیابی اقتصادی، هزینه‌های ثابت (مانند ارزش زمین، ماشین‌آلات و ابنیه) و متغیر (هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت) محاسبه شد. هزینه‌های متغیر شامل کل هزینه متغیر، متوسط هزینه متغیر و هزینه نهایی است. در نهایت، هزینه کل و هزینه متوسط کل که شامل هر دو نوع هزینه، یعنی هزینه ثابت و متغیر می‌شود، از روابط زیر محاسبه شدند و براساس جدول صورت هزینه‌های تولید در روش‌های کشت مستقیم و نشایی مقدار هر کدام تعیین و مورد مقایسه قرار گرفتند (Atghaei Kordkolaei et al., 2011).

رابطه (۱) = کل هزینه متغیر

مجموع مخارج نقدی همه عوامل یا نهاده‌های متغیر

رابطه (۲) = متوسط هزینه متغیر

تقسیم کل هزینه متغیر بر مقدار محصول تولید شده

رابطه (۳) = متوسط هزینه ثابت

تقسیم کل هزینه ثابت به میزان محصول تولید شده

رابطه (۴) = متوسط هزینه کل

تقسیم هزینه کل بر مقدار محصول تولید شده

رابطه (۵) = میزان صرفه‌جویی در هزینه

(عملکرد روش اول / کل هزینه روش اول) - (عملکرد

روش دوم / کل هزینه روش دوم) × ۱۰۰

رابطه (۶) = کل درآمد / کل هزینه

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات فنولوژیک،

مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد پس از ارزیابی

کشت مستقیم برنج با فناوری نوار بذر

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب برخی صفات دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای پرایمینگ بذر

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد روز تا حد اکثر پنجه‌زنی	تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد دانه پر	درصد برنج سالم از شلتوک
رقم	۱	۲۶۰۶۵۲۹۵**	۶۱۰۰**	۱۴۸۹۹**	۴۴۵۲**	۳۴۴۱**	۳۶۹۶**
تیمار	۹	۵۵۳۹۰۰ns	۲۷۶**	۱۱۸**	۲۷۶**	۳۷۴۹**	۵۳/۶**
رقم × تیمار	۹	۱۰۰۹۲۳۶**	۱۷ns	۶/۲ns	۷/۲ns	۲۹۸۴**	۷۳/۵**
سال × رقم	۱	۲۶۲۶۳۰۶**	۴۷۶**	۷۷۴**	۱۵۲**	۳۹۰ns	۸۶۰**
سال × تیمار	۹	۲۰۷۳۵۲ns	۲۳ns	۴/۱*	۱۲/۲ns	۵۹۵**	۳۳/۲ns
سال × رقم × تیمار	۹	۶۹۱۵۲۹*	۱۰**	۱۴/۸**	۱۲/۵**	۳۴۷*	۱۸/۹ns
اشتباه	۱۱۴	۵۰۶۷۵۶۳۷**	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۱۹۸	۳۹۴۰**	۱۲/۴
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱	۱	۱	۱	۱۴	۷

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات دو رقم برنج خزر و هاشمی

تیمارها	صفات	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	پوکی (%)	تعداد پنجه مؤثر (m ²)	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی	دانه پر در خوشه	برنج سالم از برنج سفید (%)
هیدروپرایمینگ	۴۸۲۵ abc	۲۳ ab	۳۴۰ b	۸۶ bc	۹۶ b	۷۶ ab	
اسید آسکوربیک	۴۸۴۷ ab	۱۹/۵ bc	۳۱۳ ab	۸۵ bc	۹۱ ab	۷۵ ab	
اسید سالیسیلیک	۴۷۱۹ abc	۲۰/۵ abc	۳۲۲ ab	۸۷ b	۹۶ b	۷۴ ab	
کلرید کلسیم	۴۶۲۰ bc	۲۱/۳ abc	۳۱۵ ab	۸۵ bc	۹۲ ab	۷۳ ab	
پرایمینگ با سرما	۴۴۵۰ c	۲۴/۶ a	۳۱۲ ab	۸۵ bc	۸۶ c	۷۳ ab	
پرایمینگ با گرما و سرما	۴۵۴۳ bc	۲۰/۶ abc	۳۰۰ ab	۸۴ c	۸۶ c	۷۴ ab	
پوشش‌دار کردن بذر	۴۷۶۳ abc	۲۲ abc	۳۰۹ ab	۸۴ c	۸۳ c	۷۶ ab	
بذر خشک و بدون پرایم	۴۹۰۴ ab	۲۰/۱ bc	۳۰۴ ab	۸۵ bc	۸۴ c	۷۳ b	
بذر با ۲۴ ساعت خیساندن	۴۶۳۱ bc	۲۳/۴ ab	۳۳۱ ab	۸۴ c	۸۵ c	۷۵ ab	
بذر با ۴۸ ساعت خیساندن	۵۰۸۰ a	۱۷/۸ c	۳۴۰ a	۹۴ a	۱۳۵ a	۸۰/۴ a	

حروف مشترک هر ستون، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون LSD را نشان می‌دهد.

مقایسه توصیفی صفات زراعی، مورفولوژیک، فنولوژیک و ضرایب تبدیل دو رقم برنج خزر و هاشمی در تیمارهای روش کاشت نشان داد که بیش‌ترین تعداد پنجه مؤثر در هر دو رقم، مربوط به روش کشت نشایی بود (جدول ۳). این تعداد در روش کشت مستقیم با نوار بذر، دو تا سه درصد کم‌تر از روش کشت نشایی بود. این تفاوت می‌تواند ناشی از تراکم بذر و آرایش کاشت بذر و

در رقم خزر، کاهش عملکرد دانه در روش کشت مستقیم با نوار بذر نسبت به روش نشایی، هشت درصد بود که این تفاوت از افزایش درصد پوکی منشأ گرفت. عملکرد دانه در رقم هاشمی کشت‌شده با روش مستقیم با نوار بذر هشت درصد بیش‌تر از رقم هاشمی کشت‌شده به‌روش نشایی بود (جدول ۲). این افزایش عملکرد می‌تواند ناشی از وزن هزاردانه‌ها بیشتر آن باشد. نتایج

درحالی که در رقم شیرودی این مقدار در کشت نشایی و مستقیم خطی به ترتیب ۱۵۲۰۹ و ۱۵۸۹۸ کیلوگرم در هکتار بود (Pouramir *et al.*, 2020). شاخص برداشت نشان‌دهنده توانایی گیاه در تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه است، که در کشت نشایی به دلیل کاهش تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در هر خوشه نسبت به کشت مستقیم خطی افزایش داشت (Pouramir *et al.*, 2020).

عملکرد دانه در کشت مستقیم معادل با کشت نشایی بود و در بستر خشک نسبت هزینه به فایده بالاتری به دست آمد (Farooq *et al.*, 2010). ارقام مختلف برنج واکنش‌های متفاوتی به روش‌های مختلف کاشت نشان دادند.

نشا در واحد سطح باشد. در روش نشاکاری (دستی)، تعداد ۳۰ کپه در هر متر مربع و در هر کپه به‌طور متوسط سه تا پنج نشا کاشته شد، درحالی که در روش کشت مستقیم تعداد ۳۳۰ بذر در مترمربع با فاصله ۳۰ سانتی‌متری بین ردیف‌ها کاشته شد. این تفاوت کاشت، اثر قابل‌توجهی روی تعداد پنجه تولیدی داشت.

در مطالعه‌ای روی ارقام مختلف برنج نشان داده شد که بیوماس (زیست‌توده) همه ارقام در کشت مستقیم خطی بیش‌تر از کشت نشایی بود، به‌طوری‌که رقم هاشمی در کشت نشایی، ۹۵۸۹ کیلوگرم در هکتار و در کشت مستقیم خطی، ۱۰۶۶۹ کیلوگرم در هکتار بیوماس تولید کرد،

جدول ۳. مقایسه توصیفی صفات دو رقم برنج در روش‌های کاشت

روش کاشت	ارقام	پنجه مؤثر (m ²)		پوکی در خوشه		عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)	
		تعداد	(%)	پوکی	(%)	عملکرد	تغییرات (نسبت به نشایی)
کشت مستقیم با روش نوار بذر	خزر	۲۳۵	۹۸	۳۶	۱۸۰	۵۴۶۳	-۸
	هاشمی	۴۳۰	۹۷	۱۵	۱۰۰	۴۶۲۸	۸
کشت مستقیم سنتی بذر	خزر	۲۳۲	۹۷	۳۱	۱۵۵	۵۱۷۵	-۱۳
	هاشمی	۴۳۱	۹۷	۱۳	۸۶	۴۰۸۷	-۴
کشت نشایی	خزر	۲۳۸	۱۰۰	۲۰	۱۰۰	۵۹۰۹	۱۰۰
	هاشمی	۴۴۲	۱۰۰	۱۵	۱۰۰	۴۲۵۲	۱۰۰

ادامه جدول ۳. مقایسه توصیفی صفات دو رقم برنج در روش‌های کاشت

تیمار	رقم	زمان تا حداکثر پنجه‌زنی			زمان طول دوره رویش			برنج سالم از شلتوک	
		روز	مقدار (%)	تغییرات (%)	روز	مقدار (%)	تغییرات (%)	مقدار (%)	تغییرات (%)
کشت مستقیم با روش نوار بذر	خزر	۵۵	-۸۳	۱۷	۱۲۰	-۹۰	۱۰	۷۸	۲۲
	هاشمی	۴۲	-۷۶	۲۴	۱۰۸	-۸۹	۱۱	۱۰۱	۱
کشت مستقیم سنتی	خزر	۵۳	-۸۰	۲۰	۱۲۰	-۹۰	۱۰	۸۱	۱۹
	هاشمی	۴۱	-۷۴	۲۶	۱۰۸	-۸۹	۱۱	۱۰۱	۱
کشت نشایی سنتی	خزر	۶۶	۱۰۰	۰	۱۳۳	۱۰۰	۰	۱۰۰	۰
	هاشمی	۵۵	۱۰۰	۰	۱۲۱	۱۰۰	۰	۵۳	۰

میزان تغییرات نسبت به روش کشت نشایی به درصد نشان داده است. تاریخ بذرپاشی در خزانه، ۱۵ فروردین و تاریخ بذرپاشی و انتقال نشا در زمین اصلی، ۱۵ اردیبهشت‌ماه بود.

خاموشی گیاه باشد که احتمالاً در روش کشت نشایی در اثر شوک ریشه اتفاق می‌افتد. استفاده از نوار بذر در کشت مستقیم برنج، باعث کوتاه‌شدن مدت زمان عملیات کاشت و بهبود شرایط هم‌چنین کارآمدی بیش‌تر نسبت به سایر روش‌های کشت مستقیم شد (Joshi et al., 2013).

مقایسه توصیفی صفات مورفولوژیک در سه روش کاشت نشان داد که تعداد پنجه مؤثر و تعداد دانه پر در خوشه در هر دو روش در رقم خزر کاهش و در رقم هاشمی افزایش نشان دادند (جدول ۳). رقم خزر دارای عملکرد دانه بالاتری در روش کاشت مستقیم با نوار بذر، نسبت به دو روش دیگر بود، ولی کاهش ۱۲ درصدی راندمان تبدیل و ایجاد نیم‌دانه بیش‌تر عملاً تولید برنج سفید را در این رقم کاهش داد (جدول ۳). این موضوع به دلیل بالاتر بودن درصد پوکی آن می‌باشد. برخی مطالعات، برتر بودن روش کشت نشایی نسبت به روش کشت مستقیم در ارتباط با صفت تعداد دانه پر را نشان دادند (Pouramir et al., 2020). در مطالعه این محققان، رقم شیروودی و گیلانه در کشت نشایی، به ترتیب ۸۳ و ۷۳ و در کشت مستقیم، ۶۰ و ۵۵ دانه پر در خوشه داشتند. با افزایش تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه کاهش یافت (جدول ۴). نتایج مشابه توسط برخی پژوهش‌گران دیگر گزارش شد (Qian et al., 2004; Huang et al., 2011). سایر صفات از جمله عملکرد دانه و اجزای عملکرد در رقم خزر در روش کاشت مستقیم از روند افزایشی برخوردار بود. کاهش در راندمان تبدیل را باید در عوامل محیطی در طول دوره رسیدگی جستجو کرد.

۲.۳. ارزیابی اقتصادی

ارزیابی هزینه‌ها و درآمدها در سه روش کاشت نشان داد که بین دو رقم برنج در سه روش کشت در هزینه تولید و

مطالعه روی ارقام مختلف برنج (آنام، طاهری، گیلانه، شیروودی و هاشمی) نشان داد که تعداد خوشه و تعداد پنجه کل در این ارقام در کشت مستقیم بیش‌تر از کشت نشایی بود. بیش‌ترین تعداد خوشه (۶۲۶ در واحد سطح) در کشت مستقیم مربوط به رقم شیروودی بود، در حالی که این رقم، ۳۳۲ خوشه در کشت نشایی داشت. هم‌چنین، بیش‌ترین تعداد پنجه (۶۵۳ در مترمربع) در کشت مستقیم مربوط به رقم هاشمی بود، در حالی که این رقم، ۴۶۳ پنجه در کشت نشایی تولید کرد (Pouramir et al., 2020).

مقایسه توصیفی صفات فنولوژیک در سه روش کاشت نشان داد که طول دوره رویش هر دو رقم خزر و هاشمی در هر دو روش کشت مستقیم، ۱۱-۱۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). طول دوره رویش در رقم خزر در کشت مستقیم با نوار بذر، ۱۳ روز (۱۱ درصد) و در رقم هاشمی نیز ۱۳ روز (۱۰ درصد) کم‌تر از روش نشایی بود. به نظر می‌رسد دلیل این کاهش طول دوره رویش، حذف دوره خاموشی بعد از نشاکاری در روش کشت مستقیم است (Esfahani et al., 2009). مدت زمان تا رسیدن به حداکثر پنجه‌زنی در هر دو روش کشت مستقیم در دو رقم، ۲۶-۱۷ درصد نسبت به کشت نشایی کاهش نشان داد (جدول ۳). در مراحل بعدی فنولوژیک، این فاصله بیش‌تر کاهش یافت و در آخرین مرحله، فاصله زمانی موجود بین دو روش کاشت به نصف کاهش یافت. به‌طور کلی، کاهش ۱۰ درصدی در طول دوره رویش برنج در هر دو رقم مورد ارزیابی مشاهده شد (جدول ۳). این نتیجه با نتایج برخی پژوهش‌گران (Hongguang & Wentao, 2012) مبنی بر این‌که استفاده از کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر دارای مزایایی از جمله کاهش طول دوره رویش گیاه در روش کشت مستقیم دارد، منطبق است. در روش کشت مستقیم، طول دوره رشد حدود ۱۰ روز کاهش می‌یابد که به نظر می‌رسد ناشی از حذف دوره

حسن اخگری، بهزاد کاویانی

هزینه کل دوره نسبت به روش کشت نشایی را شامل شد. بنابراین، با استفاده از روش کشت مستقیم با نوار بذر در رقم خزر در تعداد کارگر، ۳۰ درصد و در هزینه کارگری، ۱۵/۵ درصد صرفه‌جویی شد. در رقم هاشمی نیز از نظر تعداد کارگر مورد نیاز، ۳۲ درصد و از نظر هزینه کارگری، ۱۶/۹ درصد صرفه‌جویی شد. هزینه کل تولید برنج به کسر درآمدهای فرعی برای رقم خزر در روش کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر نسبت به روش کشت نشایی، ۷۶/۷ درصد بود و برای رقم هاشمی این مقدار به ۸۲/۱ درصد نسبت به کشت نشایی رسید.

درآمد تفاوت وجود داشت (جدول ۴). جمع هزینه‌های مربوط به خزانه در روش کشت مستقیم به حداقل رسید و در کشت مستقیم با نوار بذر در رقم خزر، ۲۰/۵ درصد و در رقم هاشمی، ۱۶/۴ درصد نسبت به کشت نشایی تقلیل یافت. در روش کشت مستقیم با نوار بذر، کل تعداد کارگر مورد نیاز برای یک دوره کامل تولید برنج در یک هکتار در رقم خزر حدود ۷۰ درصد و در رقم هاشمی حدود ۶۸ درصد، نسبت به نیروی کار مورد نیاز در کشت نشایی کاهش یافت. بخش هزینه کارگری نیز در رقم خزر، ۸۴/۵ درصد و در رقم هاشمی، ۸۵/۱ درصد از

جدول ۴. خلاصه‌ی هزینه‌ها و درآمدهای کاشت تا برداشت دو رقم برنج خزر و هاشمی در سه روش کشت مستقیم بذر و نشایی †

روش کاشت	کشت مستقیم با نوار بذر		کشت مستقیم خطی		کشت نشایی		مراحل انجام کار
	رقم	تعداد/مقدار انقر روز	هزینه یا درآمد (ریال)	درصد نسبت به نشایی	تعداد/مقدار انقر روز	هزینه یا درآمد (ریال)	
هزینه‌های تهیهی خزانه و کشت بذر یا قراردادن نوار	خزر	۱ نفر روز	۲۳۰۰۰۰۰	۲۰/۵	۴ نفر روز	۵۰۰۰۰۰۰	۲۸ نفر روز
	هاشمی	۱ نفر روز	۲۳۰۰۰۰۰	۱۶/۴	۴ نفر روز	۵۰۰۰۰۰۰	۲۸ نفر روز
جمع هزینه کارگری	خزر	۸۵ نفر	۶۱۹۹۰۰۰۰	۸۴/۵	۸۸ نفر	۶۴۶۹۰۰۰۰	۱۲۰ نفر
	هاشمی	۷۵ نفر	۶۰۰۳۰۰۰۰	۸۵/۱	۷۸ نفر	۵۹۲۶۰۰۰۰	۱۰۹ نفر
عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	خزر	-	۵۴۶۳	۹۲/۴	-	۵۱۷۵	-
	هاشمی	-	۴۶۲۸	۱۰۸/۸	-	۴۰۸۷	-
راندمان تبدیل (کیلوگرم برنج سفید در هکتار)	خزر	راندمان تبدیل ٪۴۳	۳۳۴۹	۷۲/۲	راندمان تبدیل ٪۴۵	۳۳۲۸	راندمان تبدیل ٪۵۵
	هاشمی	راندمان تبدیل ٪۵۴	۲۴۹۹	۱۱۰/۹	راندمان تبدیل ٪۵۴	۲۲۰۶	راندمان تبدیل ٪۵۳
جمع درآمدهای اصلی و فرعی	خزر	-	۱۱۴۰۰۰۰۰	۷۲/۶	-	۲۱۷۲۰۰۰۰	-
	هاشمی	-	۲۱۳۰۰۰۰۰	۱۱۲/۰	-	۱۹۸۳۰۰۰۰	-
خالص هزینه به کسر درآمد فرعی	خزر	-	۵۹۵۹۰۰۰۰	۷۶/۷	-	۶۲۹۷۰۰۰۰	-
	هاشمی	-	۵۸۷۳۰۰۰۰	۸۲/۱	-	۵۹۴۳۰۰۰۰	-
قیمت تمام‌شده هر کیلوگرم برنج تجاری	خزر	-	۲۵۳۶۰	۱۰۶/۱	-	۲۷۰۴۰	-
	هاشمی	-	۲۳۵۰۰	۷۴/۰	-	۲۶۹۴۰	-
قیمت تمام‌شده هر کیلوگرم شلتوک	خزر	-	۱۰۹۰۰	۸۳/۰	-	۱۲۱۶۰	-
	هاشمی	-	۱۲۶۹۰	۷۵/۴	-	۱۴۵۴۰	-
خالص درآمد به کسر درآمد فرعی	خزر	۳۳۴۹	۱۱۰۴۰۰۰۰۰	۷۲	۳۳۲۸	۱۰۹۴۱۶۰۰۰	۳۳۴۹
	هاشمی	۲۴۹۹	۱۰۹۹۳۳۰۰۰	۱۱۲	۲۲۰۶	۱۴۱۱۸۴۰۰۰	۲۲۵۳

اطلاعات جدول بر اساس میانگین عملکرد ارقام برنج در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ و قیمت‌های سال ۱۳۹۲ اعلام‌شده از سوی سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان به‌دست آمده است. هزینه تولید ۳۳۰۰۰ متر نوار بذر، پرایمینگ بذر و هزینه قراردادن آن در مزرعه برای هر هکتار به قرار متری ۵۰۰ ریال و اجاره بهای زمین ۲۰۰۰۰۰۰۰ ریال.

کشت مستقیم برنج با فناوری نوار بذر

در رقم خزر کشت شده با روش مستقیم با نوار بذر، ضریب تبدیل، ۴۳ درصد و در رقم هاشمی، ۵۴ درصد بود. این مقادیر در روش کشت نشایی به ترتیب ۵۵ و ۵۳ درصد بود. بنابراین، در رقم هاشمی، ضریب تبدیل شلتوک به برنج سالم در کشت مستقیم با نوار بذر یک درصد بهبود یافت، اما در رقم خزر ده درصد تنزل پیدا کرد. این کاهش ضریب تبدیل ناشی از عوامل محیطی و یا مدیریتی اعمال شده در مزرعه است. این کاهش عملکرد در رقم خزر در روش کاشت مستقیم با نوار بذر نسبت به روش کاشت نشایی حدود ۲۶/۸ درصد بود، در حالی که در رقم هاشمی در روش کاشت مستقیم با نوار بذر، ۱۰/۹ درصد افزایش عملکرد نشان داده شد (جدول ۴). قیمت تمام شده هر کیلوگرم شلتوک برای ارقام خزر و هاشمی در روش کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر به ترتیب ۸۳ و ۷۵/۴ درصد قیمت تمام شده هر کیلوگرم شلتوک در روش کشت نشایی بود (جدول ۵). علت این تفاوت، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش عملکرد دانه شلتوک است. از طرف دیگر، قیمت تمام شده هر کیلوگرم برنج سالم برای رقم خزر در روش کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر، حدود شش درصد بیشتر از روش کشت نشایی بود. در رقم هاشمی، قیمت تمام شده هر کیلوگرم برنج سفید، ۷۴ درصد هزینه تمام شده به روش کشت نشایی بود (۲۶ درصد کم‌تر).

عملکرد دانه شلتوک در روش کشت مستقیم با نوار بذر در رقم خزر، ۵۴۶۳ کیلوگرم در هکتار و در رقم هاشمی، ۴۶۲۸ کیلوگرم در هکتار بود که این مقادیر در روش کشت نشایی به ترتیب ۵۹۰۹ و ۴۲۵۲ کیلوگرم در هکتار بود. جمع درآمد حاصل از تولید یک هکتار برنج خزر در روش کشت مستقیم با نوار بذر، ۷۴ درصد درآمد حاصل از کشت نشایی این رقم بود، که این کاهش درآمد ناشی از کاهش ضریب تبدیل است که تولید برنج سالم را کاهش داد. درآمد کشت مستقیم رقم هاشمی با نوار بذر، ۱۲ درصد بیش‌تر از روش نشایی بود. این افزایش درآمد، ناشی از افزایش تولید برنج و همچنین بهبود ضریب تبدیل برنج بود. نتایج مشابه در گزارش‌های برخی پژوهش‌گران مشاهده شد. دامنه عملکرد شلتوک از ۴۱۵۲ کیلوگرم در هکتار برای رقم هاشمی در کشت نشایی تا ۷۵۳۱ کیلوگرم در هکتار برای رقم شیروودی در کشت مستقیم متغیر بود (Pouramir et al., 2020). این پژوهش‌گران گزارش کردند که کم‌ترین (۴۴۷۳) کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین (۷۸۴۲) کیلوگرم در هکتار عملکرد شلتوک به ترتیب به ارقام هاشمی و شیروودی در کشت مستقیم تعلق داشت. کاربرد روش کشت مستقیم خشک با استفاده از بذرافشان و یا پخش دقیق همراه با کنترل علف‌های هرز راهی برای هر دوی کاهش هزینه و افزایش محصول برنج است (Panneerselvam et al., 2020).

جدول ۵. مقایسه توصیفی هزینه و نیروی کارگری مورد نیاز دو رقم برنج در روش‌های کاشت (هزینه‌ها بر اساس قیمت سال ۱۳۹۲)

روش کاشت	ارقام	تعداد کارگر تا پایان دوره کاشت		هزینه تا کاشت بذر و نشاکاری		هزینه کل با اجاره زمین		قیمت تمام شده هر کیلوگرم شلتوک		قیمت تمام شده هر کیلوگرم برنج سفید	
		نفر	تغییرات †	هزار (ریال)	تغییرات	هزار (ریال)	تغییرات	هزار (ریال)	تغییرات	هزار (ریال)	تغییرات
کشت مستقیم با روش نوار بذر	خزر	۸۵	-۷۰	۲۳۰۰	-۲۰	۸۱۹۹۰	-۸۷	۱۰۹۰۰	-۸۳	۲۵۳۶۰	+۱۰۶
	هاشمی	۷۵	-۶۸	۲۳۰۰	-۱۶	۸۰۰۳۰	-۸۸	۱۲۶۹۰	-۷۵	۲۳۵۰۰	-۷۴
کشت مستقیم سنتی بذر	خزر	۸۸	-۷۳	۵۰۰۰	-۴۴	۸۴۶۹۰	-۹۰	۱۲۱۶۰	-۹۲	۲۷۰۴۰	+۱۱۳
	هاشمی	۷۸	-۷۱	۵۰۰۰	-۳۵	۷۹۲۶۰	-۸۷	۱۴۵۴۰	-۸۶	۲۶۹۴۰	-۸۴
کشت نشایی	خزر	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۲۰۰	۱۰۰	۹۳۲۹۰	۱۰۰	۱۳۱۳۰	۱۰۰	۲۳۸۸۰	۱۰۰
	هاشمی	۱۰۹	۱۰۰	۱۴۰۰۰	۱۰۰	۹۰۵۲۰	۱۰۰	۱۶۸۲۰	۱۰۰	۳۱۷۴۰	۱۰۰

میزان تغییرات نسبت به روش کشت نشایی به درصد نشان داده است.

کیلوگرم برنج سفید، ۲۶ درصد کم‌تر از روش کاشت نشایی بود (جدول ۵). انتخاب ارقام مطلوب و پرمحصول با تعداد پنجه محدود، وزن خوشه کم با ریشه‌ها و ساقه‌های ضخیم برای کشت مستقیم مناسب‌تر هستند (Rehman et al., 2011). این نتیجه، تفاوت ارقام و واکنش آن‌ها به نوع روش کاشت و همچنین تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی را نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی اقتصادی به روش هزینه به درآمد و روش محاسبه میزان صرفه‌جویی در هزینه در روش‌های مختلف کاشت نشان داد که شاخص نسبت هزینه به فایده در میان روش‌های کشت، برای دو رقم خزر و هاشمی متفاوت بود (جدول ۶). بالاترین شاخص، مربوط به روش کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر برای برنج رقم هاشمی به مقدار ۲/۲ و پایین‌ترین شاخص مربوط به روش کشت مستقیم خطی در رقم خزر بود.

به‌نظر می‌رسد که دلیل این تفاوت، افزایش میزان پوکی دانه‌ها، کاهش وزن هزاردانه و پایین‌بودن راندمان تبدیل شلتوک به برنج سفید در رقم خزر باشد. میزان صرفه‌جویی در هزینه که معیاری برای ارزش‌گذاری بر روش‌های تولید می‌باشد، در روش کشت مستقیم با نوار بذر در رقم خزر، ۱۵ درصد و در رقم هاشمی، ۱۴ درصد بود. صرفه‌جویی در هزینه در روش کشت مستقیم خطی در رقم خزر، ۹ درصد و در رقم هاشمی، ۸ درصد بود. بررسی‌ها نشان داد که نیروی کار، بیش‌ترین سهم و نهاده‌ی سم، کم‌ترین سهم از هزینه تولید را به‌خود اختصاص می‌دهند. بر همین اساس، افزایش دستمزد نیروی کار بیش‌ترین اثر را بر افزایش قیمت برنج می‌گذارد. نهاده سم با همه نهاده‌ها به‌جز کود رابطه مکملی دارد و بیش‌ترین کشش جانشینی بین نیروی کار و ماشین‌آلات مشاهده شد (Atghaei Kordkolaei et al., 2011).

در روش کاشت مستقیم با نوار بذر در هر دو رقم خزر و هاشمی نسبت به روش کاشت نشایی، به کارگر کم‌تری نیاز است (جدول ۵). هزینه کل دوره با احتساب اجاره زمین در روش کاشت نوار بذر در رقم خزر نسبت به روش کشت نشایی، ۱۳ درصد و در رقم هاشمی، ۱۲ درصد کاهش را نشان داد. این موضوع باعث شد تا قیمت تمام‌شده شلتوک در هر دو رقم، کاهش ۱۷ تا ۲۵ درصدی را نشان دهد. برخی گزارش‌ها با نتیجه به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر همخوانی دارد (Eyvani et al., 2014; Panneerselvam et al., 2020). کاهش در هزینه متغیر در روش کشت مستقیم خشک با استفاده از بذرافشان باعث صرفه‌جویی در نرخ بذر (۲۰ دلار در هر هکتار) و کنترل علف‌های هرز (۱۱۴ دلار در هر هکتار) به‌دلیل کاهش قابل‌توجه در نیروی کار ۴۰ تا ۶۵ نفر-روز شد (Panneerselvam et al., 2020). کارگر و زمان موردنیاز برای کاشت یک هکتار برنج، با استفاده از ماشین خطی‌کار (کشت مستقیم) در مقایسه با روش نشاکاری به‌ترتیب به یک‌هفتم و یک‌بیستم کاهش یافت (Eyvani et al., 2014). تعداد کارگر موردنیاز در روش کشت مستقیم با نوار بذر در هر دو رقم حدود ۳۰ درصد کاهش داشت و هزینه تولید در روش کشت مستقیم با نوار بذر نسبت به کشت نشایی در هر دو رقم حدود ۲۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵).

قیمت تمام‌شده شلتوک در روش کاشت مستقیم با نوار بذر در رقم خزر، ۱۷ درصد و در رقم هاشمی، ۲۵ درصد کم‌تر از روش کشت نشایی بود، اما قیمت تمام‌شده برنج سفید رقم خزر به‌دلیل بالابودن میزان پوکی و همین‌طور پایین‌بودن راندمان تبدیل برنج سالم از شلتوک در روش کشت مستقیم با نوار بذر نسبت به کشت نشایی، ۱۳ درصد بیش‌تر بود. در رقم هاشمی، قیمت تمام‌شده هر

کشت مستقیم برنج با فناوری نوار بذر

جدول ۶. ارزیابی اقتصادی و محاسبه ارزش هزینه‌ها و درآمد دو رقم برنج در روش‌های کاشت

روش کشت	ارقام برنج	جمع هزینه‌ها با احتساب اجاره زمین (ریال)	جمع درآمدها با احتساب درآمد فرعی (ریال)	کل هزینه متغیر (ریال)	متوسط هزینه متغیر (ریال)	نسبت هزینه به درآمد (CBR)
کشت نشایی	خزر	۱۰۴۴۹۰۰۰۰ (۱۰۰)†	۱۶۸۳۹۳۰۰۰ (۱۰۰)	۱۰۴۴۹۰۰۰۰ (۱۰۰)	۱۹۱۲۶	۱/۶۱
	هاشمی	۱۰۴۵۲۰۰۰۰ (۱۰۰)	۱۶۳۱۹۲۰۰۰ (۱۰۰)	۱۰۴۵۲۰۰۰۰ (۱۰۰)	۲۲۵۸۴	۱/۵۶
کشت مستقیم خطی	خزر	۸۹۶۹۰۰۰۰ (۸۵)	۱۳۱۱۳۶۰۰۰ (۷۷)	۸۹۶۹۰۰۰۰ (۸۵)	۱۷۳۳۱	۱/۴۶
	هاشمی	۸۴۲۶۰۰۰۰ (۸۰)	۱۶۱۰۱۴۰۰۰ (۹۵)	۸۴۲۶۰۰۰۰ (۸۰)	۲۰۶۱۶	۱/۹۱
کشت مستقیم با نوار بذر	خزر	۸۴۲۹۰۰۰۰ (۸۰)	۱۳۲۸۰۰۰۰۰ (۷۸)	۸۴۲۹۰۰۰۰ (۸۰)	۱۴۲۶۴	۱/۵۷
	هاشمی	۸۲۳۳۰۰۰۰ (۸۷)	۱۸۱۲۳۱۰۰۰ (۱۱۱)	۸۲۳۳۰۰۰۰ (۸۷)	۱۹۳۶۲	۲/۲

اعداد داخل پرانتز، درصد نسبت به روش کشت نشایی هستند.

نشاکاری برای روش کشت با استفاده از نوار بذر در مقایسه با روش نشایی در رقم خزر، ۲۰/۵ درصد و در رقم هاشمی، ۱۶/۴ درصد بود که نشان‌دهنده هزینه بسیار پایین این بخش از عملیات کشت است (جدول ۴). مجموع هزینه‌های کارگری در روش مستقیم با نوار بذر نسبت به روش کشت نشایی در هر دو رقم در حدود ۲۵ درصد کاهش داشت. خالص هزینه‌ها به کسر درآمد فرعی در روش کشت با نوار بذر نسبت به کشت نشایی برای رقم خزر، ۷۶/۷ درصد و برای رقم هاشمی، ۸۲/۱ درصد بود. خالص درآمد به کسر درآمد فرعی در روش نوار بذر نسبت به روش کشت نشایی برای رقم خزر، ۷۲ درصد و برای رقم هاشمی، ۱۱۲ درصد بود. چنانچه به این مقدار افزایش درآمد، کاهش هزینه ۱۸/۱ درصدی نیز افزوده شود، مجموع مزیت ایجادشده در کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر برای رقم هاشمی به ۳۰ درصد و برای رقم خزر به ۳/۳ درصد می‌رسد. این موضوع دستاورد مهم و با ارزشی در تولید محصول برنج محسوب می‌شود.

۴. نتیجه‌گیری

هزینه تولید برنج در روش کشت مستقیم با نوار بذر در مقایسه با روش کشت نشایی کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. مجموع مزیت ایجادشده در کشت مستقیم با استفاده

براساس قیمت برنج در سال ۱۳۹۲، جمع درآمد حاصل از تولید یک هکتار در رقم خزر در روش کشت مستقیم با نوار بذر، ۷۴ درصد درآمد حاصل از کشت نشایی این رقم بود که به نظر می‌رسد این کاهش درآمد ناشی از کاهش راندمان تبدیل باشد که باعث شد تا تولید برنج سالم کاهش یابد (جدول ۴). این در حالی است که در رقم هاشمی در روش کشت مستقیم با نوار بذر، ۱۲ درصد درآمد بیش‌تر از روش نشایی ایجاد شد که این افزایش درآمد ناشی از افزایش تولید برنج و هم‌چنین بهبود راندمان تبدیل برنج است. قیمت تمام‌شده هر کیلوگرم شلتوک برای ارقام خزر و هاشمی در روش کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر به ترتیب ۸۳ و ۷۵/۴ درصد قیمت تمام‌شده هر کیلوگرم شلتوک در روش کشت نشایی بود. قیمت تمام‌شده هر کیلوگرم برنج سالم برای رقم خزر در روش کشت مستقیم با استفاده از نوار بذر، ۱۰۶/۱ درصد قیمت آن در مقایسه با روش کشت نشایی بود. به عبارت دیگر، کشت با نوار بذر در رقم خزر هیچ مزیتی نداشت، اما برای رقم هاشمی، در روش کشت مستقیم با نوار بذر، قیمت تمام‌شده هر کیلوگرم برنج سفید، ۷۴ درصد هزینه تمام‌شده نسبت به روش کشت نشایی این رقم بود.

مجموع هزینه‌های مربوط به مراحل تهیه خزان و

- Devkota, M., Devkota, K.P., Acharya, S., & McDonald, A.J. (2019). Increasing profitability, yields and yield stability through sustainable crop establishment practices in the rice-wheat systems of Nepal. *Agricultural Systems*, 173, 414-423.
- Esfahani, M., Mojtabaei Zamani, M., & Amiri Larijani, B. (2009). Morphology of Rive Growth and Development. *Guilan University Press*, Guilan, Iran, 380 p.
- Eyvani, A., Safari, M., & Hedayatipoor, A. (2014). Comparison of rice direct seeding (mechanical manual) with transplanting method. *Journal of Agricultural Machinery*, 4(1), 108-115. (In Persian).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. FAO Database 2011 for rice area. FAO, Rome. Accessed on 7 August 2013.
- Gilani, A., Absalan, S., Jalali, S., & Behbahani, L. (2019). The effect of sprinkler irrigation on grain yield, yield components and water use efficiency of rice cultivars under drill-seed cultivation in Khuzestan. *Irrigation Sciences and Engineering*, 42(2), 63-73. (In Persian)
- Hongguang, C., & Wentao, R. (2012). Performance test of rice seed tape twisting mechanism. *International Agricultural Engineering Journal (IAEJ)*, 2(03-04), 59-64.
- Huang, M., Zou, Y., Jiang, P., Xia, B., Feng, Y., Cheng, Z., & Mo, Y. (2011). Yield component differences between direct-seeded and transplanted super hybrid rice. *Plant Production Science*, 14(4), 331-338.
- Joshi, E., Kumar, D., La, B., Nepalia, V., Gautam, P., & Vyas, A. K. (2013). Management of direct seeded rice for enhanced resource - use efficiency. *Plant Knowledge Journal. Southern Cross Publishing Group*. ISSN: 2200-5390 Australia EISSN: 2200-5404.
- Kakumanu, K.R., Kotapati, G.R., Nagothu, U.S., Kuppanan, P., & Kallam, S.R. (2019). Adaptation to climate change and variability: a case of direct-seeded rice in Andra Pradesh, India. *Journal of Water and Climatic Change* 10, 419-430.
- Kumar, V., Jat, H.S., Sharma, P.C., Singh, B., Gathala, M.K., Malik, R.K., Kamboj, B.R., Yadav, A.K., Ladhaa, J.K., Raman, A., Sharma, D.K., & McDonald, A. (2018). Can productivity and profitability be enhanced in intensively managed cereal systems while reducing the environmental footprint of production? Assessing sustainable intensification options in the breadbasket of India. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 252, 132-147.

از نوار بذر برای رقم هاشمی به ۳۰ درصد و برای رقم خزر به ۳۳ درصد رسید که این موضوع دست‌آورد مهم و با ارزشی در تولید محصول برنج محسوب می‌شود. لازم است ارقام مناسب برنج شناسایی و در سطح گسترده‌تری مورد توجه قرار داده شوند و در سیاست‌گذاری‌ها، راهکارهای حمایتی لازم از جمله اعطای تسهیلات با نرخ ترجیحی به بهره‌برداران این شیوه کشت لحاظ شوند.

۵. تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت و مرکز تحقیقات اقتصاد و توسعه روستایی و کشاورزی به‌خاطر فراهم‌سازی بستر این پژوهش و اجرای تحقیقات مزرعه‌ای، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Atghaei Kordkolaei, M., Kavooosi Kelashemi, M., & Esmaili, F. (2011). Evaluating break point of paddy farms through cost function approach (case study: Guilan Province). *Journal of Agricultural Economics and Development*, 25(1), 85-89. (In Persian)
- Basra, S.M.A., Farooq, M., Ahmed, N., & Afzal, I. (2011). Seed priming with $CaCl_2$ improves the stand establishment, yield and quality attributes in direct seeded rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(5), 786-790.
- Chakraborty, D., Ladha, J.K., Rana, D.S., Jat, M.L., Gathala, M.K., Yadav, S., Rao, A.N., Ramesha, M.S., & Raman, A. (2017). A global analysis of alternative tillage and crop establishment practices for economically and environmentally efficient rice production. *Science Reports*, 7(1), 1-11.
- CSISA (2017). Cereal Systems Initiative for South Asia (CSISA)-Phase-II Annual report 2013. Available at. *International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)*, New Delhi, India.

- Ladha, J.K., Rao, A.N., Raman, A.K., Padre, A.T., Dobermann, A., Gathala, M., Kumar, V., Saharawat, Y., Sharma, S., Piepho, H.P., Alam, M.M., Liak, R., Rajendran, R., Reddy, C.K., Parsad, R., Sharma, P.C., Singh, S.S., Saha, A., & Noor, S. (2016). Agronomic improvements can make future cereal systems in South Asia far more productive and result in a lower environmental footprint. *Global Change Biology*, 22, 1054-1074.
- Panneerselvam, P., Kumar, V., Banik, N.C., Kumar, V., Parida, N., Wasim, I., Das, A., Pattnaik, S., Kumar Roul, P., Sarangi, D.R., Sagwal, P.K., Craufurd, P., Singh, B., Yadav, A., Malik, R.K., Singh, S., & McDonald, A.J. (2020). Transforming labor requirement, crop yield, and profitability with precision dry-direct seeding of rice and integrated weed management in Eastern India. *Field Crops Research* 259, 107961.
- Pouramir, F., Yaghoubi, B., & Shahbazi, H. (2020). Comparison of yield and components of native and improved rice cultivars in transplanting and direct seeding cultivation methods. *Journal of Crop Production*, 13(2), 131-145. (In Persian)
- Qian, X., Shen, Q., Xu, G., Wang, J., & Zhou, M. (2004). Nitrogen from effects on yield and nitrogen uptake of rice growth in aerobic soil. *Journal of Plant Nutrition*, 27(6), 1061-1067.
- Rao, A.N., Brainard, D.C., Kumar, V., Ladha, J.K., & Johnson, D.E. (2017). Preventive weed management in direct-seeded rice: targeting the weed seedbank. *Advances in Agronomy*, 144, 45-142.
- Rehman, H., Basra, S.M.A., & Farooq, M. (2011). Field appraisal of seed priming to improve the growth, yield and quality of direct seeded rice. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35, 357-365.
- Valera, H., Balié, J. (2020). The Outlook of the Rice Economy. *International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Philippines. Forthcoming.*