نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال پانزدهم، شماره ۵۷، بهار ۱۳۹۹ / صفحات: ۸۳-۶۵

ارزیابی برخی شاخص‌های کمی و کیفی ارقام محلی برنج (*Oryza sativa* L.) در نظام‌های کاشت شالیزاری در شمال ایران

نادر معینی[۱]، محمدرضا داداشی[۱*]، سلمان دستان[۲]، ابوالفضل فرجی[۳]

[۱]گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

[۲]پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، پژوهشگر پسادکتری، کرج، ایران

[۳]استاد پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۴

چکیده

این آزمایش با هدف ارزیابی نظام‌های کاشت ارقام محلی برنج در مزرعه‌های پژوهشی واقع در شهرستان‌های نکا، ساری و بابل طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. آنالیز داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل انجام شد که در آن نظام‌های کاشت پرنهاده، رایج منطقه، در حال گذار به ارگانیک، ارگانیک و کم‌نهاده به‌عنوان عامل اول و ارقام سنگ طارم، طارم محلی و طارم هاشمی برنج به‌عنوان عامل دوم بودند. نتایج نشان داد بیشترین میانگین تعداد خوشه برنج در متر مربع در هر دو سال متعلق به نظام کاشت پرنهاده بود. بالاترین شاخص خوابیدگی میانگره چهارم در تیمار نظام کاشت پرنهاده و رایج برای رقم سنگ طارم حاصل گردید. بیشترین عملکرد شلتوک در هر دو سال در نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج تولید شد. حداکثر میزان جذب فسفر دانه، شاخص برداشت نیتروژن، شاخص برداشت پتاسیم و قوام ژل در نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج بدست آمد. بیشترین کارایی تبدیل دانه در سال اول متعلق به نظام کاشت رایج (۷۲/۸۳ درصد) و در سال دوم متعلق به نظام کاشت در حال گذار به ارگانیک (۷۵ درصد) بود. مقدار دمای ژلاتینه شدن دانه‌های برنج در هر دو سال در نظام کاشت رایج حداکثر و در نظام‌های کاشت کم‌نهاده و ارگانیک حداقل بود. با توجه به یافته‌ها، می‌توان بیان کرد نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج منجر به افزایش عملکرد کمی و نظام‌های کاشت در حال گذار و ارگانیک منجر به افزایش جذب عناصر و بهبود صفات مرتبط با پخت دانه ارقام برنج شدند که رقم سنگ طارم نسبت به دو رقم دیگر برتر بود.

واژه‌های کلیدی: آمیلوز دانه، برنج، زراعت ارگانیک، شاخص خوابیدگی، بوم‌نظام شالیزار

مقدمه

زندگی بیش از نیمی از بشریت به برنج وابسته است و این گیاه فرهنگ‌ها، رژیم‌های غذایی و اقتصاد میلیاردها نفر را در سراسر جهان شکل داده است (Farooq et al., 2009). کشت و کار مرسوم و رایج گیاه برنج به علت عدم درک صحیح نیاز گیاه، همواره با مشکلات زیادی روبه‌رو بوده، به طوری‌که مصرف بی‌رویه آب، کود و سموم شیمیایی به افزایش هزینه تولید منجر شده و موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی و تخریب محیط زیست در دراز مدت گردید (Sharif, 2011). در نظام‌های کاشت رایج، شالیکاران به‌طور معمول نشاهای بالغ برنج را با تراکم‌های بالا،

*نویسنده مسؤول: mdadasahi730@yahoo.com

به‌صورت دسته‌ای و با تعداد زیاد در کپه نشاکاری می‌کنند که باعث افزایش مصرف بذر و کاهش پتانسیل رشد اندام هوایی و ریشه گیاه برنج در اثر افزایش رقابت درون بوته‌ای و همچنین افزایش طول دوره رشد گیاه می‌شود (Sharif, 2011). با توجه به معایب و معضلات نظام کاشت رایج، تغییر شیوه خزانه‌گیری، استفاده از خزانه نشا جعبه‌ای و کاشت نشاهای جوانتر با تعداد ۲-۱ گیاهچه در هر کپه، فواصل کاشت کمتر بین نشاها و الگوی کاشت مربعی و نشاکاری با عمق کم، استفاده از کمپوست و کودهای آلی به جای کودهای شیمیایی، ایجاد شرایط هوازی برای خاک و کنترل مکانیکی علف‌های هرز برای هوادهی خاک و عدم غرقاب دایم در شالیزار و استفاده از آبیاری تناوبی برای کاهش آب مصرفی توصیه شده است (Dastan et al, 2015a,b; 2016a). محققان گزارش کردند در نظام کاشت فشرده رشد و توسعه گیاه برنج به‌طور هم‌زمان انجام شده و فیلوکرون گیاه تحت شرایط مطلوب خزانه و الگوی کاشت مناسب قرار می‌گیرد (Veermani et al., 2012). با ارزیابی ساختار تاج پوشش گیاه در مرحله گل‌دهی برنج مشاهده شد که زاویه تاج پوشش در نظام فشرده به میزان قابل توجهی بیش‌تر از شیوه مرسوم بود و پنجه‌های جدید تولید شده نیز عمودتر از پنجه‌های نظام رایج کاشت بودند. در نظام کاشت فشرده به‌علّت تعداد نشاهای کم‌تر کاشته شده، پنجه‌ها از ساقه‌های اصلی تولید می‌شوند ولی در روش مرسوم کاشت، پنجه‌ها از ساقه‌های فرعی‌تر تولید شدند که اکثر آن‌ها وارد مرحله زایشی نشده و عقیم می‌مانند. در نظام کاشت فشرده آرایش برگی و ساختار مطلوب تاج پوشش به قرار گرفتن گیاه در معرض نور بیش‌تر کمک نموده و باعث افزایش کارآیی استفاده از نور می‌گردد که توانسته است دلیل مناسبی برای کاشت کم عمق با تعداد نشا کمتر در کپه در روش کاشت فشرده نسبت به روش مرسوم تلقی گردد (Thakur et al., 2011). Torabi و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی سناریوهای تولید برنج در منطقه ساری گزارش کردند نظام‌های کاشت کم‌نهاده و حفاظتی در دو روش کاشت سنتی و نیمه‌مکانیزه در مقایسه با نظام‌های کاشت رایج و پرنهاده به شاخص‌های توسعه پایدار نزدیکتر بودند. یافته‌ها نشان داد میانگین عملکرد شلتوک در هشت سناریو برابر ۶۴۱۸ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، کشاورزان منطقه در نظام‌های تولید پرنهاده و رایج بیشتر، بهره‌وری اقتصادی در تولید برنج را در نظر گرفته و کمتر به پایداری محیط‌زیستی و بهره‌وری انرژی توجه داشتند. Dastan و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی نظام‌های کاشت برنج بیان کردند میانگین عملکرد شلتوک در کاشت رایج و نیمه‌مکانیزه به‌ترتیب حدود ۴۱۰۰ و ۴۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. ویسی و همکاران (Veisi et al., 2009) نیز با بررسی پایداری کشت‌بوم‌های مبتنی بر برنج در استان مازندران بیان کردند میانگین عملکرد در روش کاشت رایج منطقه ۳۲۱۹ کیلوگرم در هکتار بود. Hasanjani و همکاران (۲۰۰۷) با ارزیابی روش‌های مختلف برداشت برنج در استان گیلان گزارش کردند که با مکانیزه کردن برداشت برنج ضایعات کاهش تولید می‌یابد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که کمترین درصد ضایعات کل مربوط به روش برداشت با کمباین (۱/۹۲ درصد) بود. Monajem و همکاران (۲۰۱۳) با ارزیابی روش‌های تولید برنج در استان گیلان دریافتند که روش کاشت مکانیزه به‌عنوان مناسب‌ترین روش تولید برنج بود و دو روش کاشت نیمه‌مکانیزه و سنتی به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در همین زمینه رمضانی و همکاران (Ramazani et al., 2016) با بررسی نظام‌های کاشت فشرده، بهبودیافته و رایج برنج گزارش کردند که بالاترین میزان عملکرد در

نظام کاشت فشرده حاصل شد که در مقایسه با بـا دو نظام کاشـت بهبودیافتـه و رایـج بـه‌ترتیـب ۱۰ و ۱۳ درصد افزایش عملکـرد داشـت. Dastan و همکـاران (a,b۲۰۱۵) با هدف تخمین انتشار دی‌اکسید کـربن و گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در سـه نظـام کاشت حفاظتی، بهبودیافته و رایج برنج در منطقه نکـا دریافتند که میانگین انرژی ورودی در نظام‌های تولیـد برابر ۲۲۷۹۳/۰۲ مگاژول در هکتار بـود کـه کمتـرین میزان انرژی ورودی در نظام کاشت حفـاظتی حاصـل شد. همچنین، عملکرد شلتوک در نظام کاشت تقویت شده به‌ترتیب معادل ۵/۴۴ و ۱۲/۶۵ درصـد بیشـتر از دو نظام کاشت بهبودیافته و رایج منطقه بود (Dastan et al., 2014). بطـور کلـی، میـزان GWP ارتبـاط مستقیمی با شیوه مدیریت مزرعه و مصـرف نهـاده‌هـا داشته و بر این اساس کمترین میزان این شاخص‌ها در نظام کاشت حفاظتی بـه‌دسـت آمـد (Dastan et al., 2016; Habibi et al., 2019). لذا، هدف ایـن تحقیـق بررسی نظام‌هـای مختلـف کاشـت بـرنج در راسـتای ارزیابی برخی صفات کمی و کیفـی ارقـام محلـی در مسیر حفظ و افزایش بهره‌وری منابع تولیـد در شـمال ایران بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه شخصی کشاورزان واقع در سـه شهرسـتان نکـا، سـاری و بابـل واقـع در اسـتان مازندران طـی سـال‌هـای ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجـرا شـد. موقعیـت جغرافیـایی، ارتفـاع از سـطح دریـای آزاد و ویژگـی‌هـای خـاک محـل آزمـایش (عمـق ۳۰-۰ سانتی‌متر) در جـدول ۱ شـده اسـت. منـاطق اجـرای آزمایش در جلگه مازندران واقـع شـده و بـر اسـاس ویژگی‌های دما، بارش و توپوگرافی منطقه به دو نـوع آب و هوای معتدل خزری و آب و هوای کوهسـتانی تقسیم می‌شود. این تحقیـق در شـرایط آب و هـوایی معتدل خزری انجام شد. این نواحی به‌علت نزدیکی به دریای خزر از یک طرف و دیواره کوهستانی البـرز و فاصله اندک کوه و دریا از طرف دیگر، دمای معتـدلی دارد که پیامد آن نیز بارش‌های قابـل ملاحظـه اسـت. میانگین بارندگی سالیانه در نوار ساحلی استان برابر با ۹۷۷ میلـی‌متـر اسـت. حـداکثر بارنـدگی در پـاییز و حداقل آن در بهار اتفاق می‌افتد. تابستان‌هـای گـرم و مرطـوب و زمسـتان‌هـای معتـدل و مرطـوب از ویژگی‌های عمده این نوع آب و هوا اسـت (Dastan et al., 2017).

جدول ۱: ویژگی‌های خاک محل آزمایش قبل از کاشت (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) نظام‌های کاشت و موقعیت جغرافیایی پنج منطقه

نظام کاشت	واحد	پرنهاده		رایج		در حال گذار		ارگانیک		کم‌نهاده	
ویژگی خاک		۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷
هدایت الکتریکی (EC)	dS/m	۰/۹۲	۰/۸۸	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۹۲	۰/۸۹
اسیدیته (pH)	-	۷/۲۵	۷/۲۲	۷/۳۲	۷/۴۶	۷/۱۲	۷/۱۴	۷/۰۴	۷/۰۶	۷/۳۸	۷/۴۴
ماده آلی	٪	۲/۶۵	۲/۷۱	۲/۳۱	۲/۲۸	۲/۱۸	۲/۲۱	۱/۹۱	۲/۰۵	۱/۰۸	۱/۱۲
فسفر قابل جذب	ppm	۱۸/۸۰	۱۹/۸۰	۱۴/۸۰	۱۵/۲۰	۱۰/۱۱	۱۰/۴۵	۱۱/۶۵	۱۲/۲۱	۸/۴	۹/۳
پتاسیم قابل جذب	ppm	۲۲۵	۲۴۲	۱۸۵	۱۹۲	۱۶۲	۱۶۸	۱۷۵	۱۸۶	۱۴۵	۱۵۲
بافت خاک	-	لومی رسی CL	لومی رسی CL	سیلتی لومی SL	سیلتی لومی SL	رسی لومی LC	رسی لومی LC	رسی C	رسی C	سیلت رسی لومی SCL	سیلت رسی لومی SCL
موقعیت جغرافیایی	-	36°39'02"N 52°06'44"E		36°38'47"N 53°06'48"E		36°42'55"N 53°19'34"E		36°32'28"N 52°45'50"E		36°39'06"N 53°06'49"E	
ارتفاع از سطح دریای آزاد	m	-۲/۸۸		-۳/۶۳		-۵/۵۵		-۴/۴۳		-۳/۶۳	

در این پژوهش، پنج نظام تولید برای ارقام بومی برنج مورد مطالعه قرار گرفتند. سه نظام کاشت پرنهاده، رایج منطقه و کم‌نهاده در منطقه ساری، نظام کاشت در حال گذار به ارگانیک در شهرستان نکا و نظام کاشت ارگانیک در منطقه بابل اجرا شدند. انتخاب مزرعه مربوط به نظام‌های کاشت پرنهاده، کم‌نهاده و رایج منطقه بر اساس آزمون خاک انجام شد، ولی مزرعه مربوط به نظام کاشت ارگانیک و در حال گذار به ارگانیک بر اساس استانداردهای فدراسیون بین‌المللی کشاورزی ارگانیک (IFOAM) انتخاب شدند. با توجه به موقعیت جغرافیایی متفاوت مزرعه‌های انتخاب شده، هر یک از نظام‌های کاشت برای ارقام بومی (سنگ طارم، و طارم محلی و طارم هاشمی) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شدند که رقم به‌عنوان تیمار بررسی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که هر تکرار دارای سه کرت با طول و عرض ۱۰×۵ متر بود. نظام‌های کاشت پرنهاده، رایج منطقه، در حال گذار به ارگانیک، ارگانیک و کم‌نهاده به‌عنوان عامل اول و ارقام سنگ طارم، طارم محلی و طارم هاشمی به‌عنوان عامل دوم بودند.

تعیین نظام‌های کاشت در اراضی شالیزاری شمال کشور معمولاً بر مبنای الگوی کشت و میزان مصرف نهاده‌ها انجام می‌شود که در این پژوهش نیز انتخاب نظام‌های کاشت بر همین اساس انجام شد. در انتخاب نظام‌های کاشت سعی شده است تمامی مؤلفه‌های اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی و زراعی متداول زراعت برنج در استان مازندران در نظر گرفته شود. جزییات مربوط به چگونگی مدیریت نظام‌های کاشت شامل موارد زیر است:

۱) نظام کاشت پرنهاده (فشرده): روش تهیه نشا سنتی (جوی و پشته‌ای)، نشاکاری با آرایش کاشت مربعی ۲۰×۲۰ سانتی‌متر با تعداد چهار نشای نیمه‌بالغ ۶-۵ برگی (۳۰ روزه) در کپه انجام شد. غرقابی دائم و یک مرتبه زهکش در مرحله حداکثر پنجه‌زنی انجام شد. از کودهای اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. تمام کود فسفر به همراه ۵۰ درصد اوره و سولفات پتاسیم به صورت پایه و ۲۵ درصد کود پتاسیم و اوره در مرحله ظهور خوشه آغازین و ۲۵ درصد باقی مانده در مرحله خوشه‌دهی کامل مصرف شد. کنترل علف هرز توسط علف‌کش پیش‌رویشی در یک مرحله و وجین دستی در سه مرحله انجام شد. مبارزه با آفات و بیماری‌ها توسط آفت‌کش‌ها و سایر عملیات زراعی به صورت دستی انجام شد.

۲) نظام کاشت رایج منطقه: روش تهیه نشا سنتی (جوی و پشته‌ای)، نشاکاری با آرایش کاشت متغیر با تعداد چهار نشای بالغ ۷-۶ برگی (۳۵ روزه) در کپه انجام شد. غرقابی دائم در طول دوره رشد انجام شد. از کودهای اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. تمام کود فسفر به همراه ۷۵ درصد اوره و پتاسیم به صورت پایه و ۲۵ درصد کود پتاسیم و اوره در مرحله ظهور خوشه آغازین مصرف شد. کنترل علف هرز توسط وجین دستی در دو مرحله انجام شد. مبارزه با آفات و بیماری‌ها توسط آفت‌کش‌ها و سایر عملیات زراعی دستی انجام شد.

۳) نظام کاشت در حال گذار به ارگانیک: این نظام کاشت در مزرعه‌ای با سابقه چهار سال تحت کنترل با آرایش کاشت مربعی ۲۵×۲۵ سانتی‌متر با تعداد سه نشای جوان ۵-۴ برگی (۲۵ روزه) در کپه انجام شد. آبیاری غرقابی – تناوبی در طول دوره رشد انجام شد. مصرف کود ورمی‌کمپوست (۱۵ تن در هکتار) قبل از

تهیه زمین به همراه کودهای زیستی ازتوبارور، فسفاته بارور و پتابارور به مقدار ۳۰۰ گرم در مراحل انتقال نشا و ۲۸ روز بعد از نشاکاری استفاده شد. مبارزه با کرم ساقه‌خوار توسط تله‌های فرمونی، زنبور تریکوگراما و محلول حشره‌کش و وجین علف‌های هرز در سه مرحله انجام شد.

۴) نظام کاشت ارگانیک: این نظام کاشت در مزرعه‌ای با سابقه ۱۵ سال تحت کنترل با آرایش کاشت مربعی ۲۵×۲۵ سانتی‌متر با تعداد سه نشای جوان ۵-۴ برگی (۲۵ روزه) در کپه انجام شد. آبیاری غرقابی – تناوبی در طول دوره رشد انجام شد. مصرف کود ورمی‌کمپوست (۱۵ تن در هکتار) قبل از تهیه زمین به همراه کودهای زیستی ازتوبارور، فسفاته بارور و پتابارور به مقدار ۳۰۰ گرم در مراحل انتقال نشا و ۲۸ روز بعد از نشاکاری استفاده شد. مبارزه با کرم ساقه‌خوار توسط تله‌های فرمونی، زنبور تریکوگراما و محلول حشره‌کش و مبارزه با علف‌های هرز از طریق مدیریت سطح آب ایستابی، دو مرحله وجین دستی و رهاسازی اردک ۴۰ روز پس از نشاکاری انجام شد.

۵) نظام کاشت کم‌نهاده (حفاظتی): در این نظام کاشت، نشاکاری با آرایش کاشت مربعی ۳۰×۳۰ سانتی‌متر با تعداد سه نشا در کپه با استفاده از نشاهای جوان ۴-۳ برگی (۲۰ روزه) به صورت جعبه‌ای انجام شد. آبیاری غرقابی تا دو هفته بعد از و آبیاری تناوبی تا مرحله برداشت انجام شد. کود دامی به مقدار ۱۰ تن در هکتار قبل از تهیه زمین به همراه کودهای اوره (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۵۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۵۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. تمام کود فسفر به همراه ۵۰ درصد اوره و سولفات پتاسیم به صورت پایه و ۵۰ درصد کود پتاسیم و اوره در مرحله ظهور خوشه آغازین مصرف شد. کنترل علف هرز توسط علف‌کش پیش‌رویشی و وجین دستی در دو مرحله انجام شد. مبارزه با آفت کرم ساقه‌خوار برنج توسط زنبور تریکوگراما و سایر عملیات زراعی دستی انجام شد.

در طی دوره نمو و رشد گیاه بعد از حذف اثر حاشیه‌ای در هر کرت به‌صورت تصادفی صفات زیر طبق استاندارد موسسه بین‌المللی برنج (SES) اندازه‌گیری شدند:

۱- ویژگی‌های مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی بوته، ۳۰ روز پس از خوشه‌دهی کامل از روی ۱۲ ساقه در هر کرت تعیین شدند. گشتاور خمشی میانگره و مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم با شمارش میانگره‌ها از بالا به پایین در کپه طبق فرمول زیر محاسبه و به‌صورت گرم در سانتی‌متر بیان شد (Islam et al., 2007). میزان نیروی لازم برای شکستن ساقه از نیوتن به گرم در سانتی‌متر تبدیل شد. وزن تر همین قسمت × طول گیاه از پایین‌ترین گره میانگره ۳ و ۴ تا رأس خوشه = گشتاور خمشی میانگره ۳ و ۴

۲- مقاومت به شکستگی از طریق دستگاه نیروسنج (Prostrate Tester DIK-7401) و بر اساس میزان نیروی لازم برای شکستن میانگره سوم و چهارم ساقه برنج اندازه‌گیری شد. شاخص خوابیدگی بوته نیز از نسبت گشتاور خمشی میانگره‌ها به مقاومت به شکستگی میانگره‌ها حاصل شد (Islam et al., 2007; Kashiwagi and Ishimaru, 2004).

۳- محتوای سلولز، لیگنین و همی‌سلولز ساقه با روش Fibertec تعیین شد (Van Soest et al., 1991).

۴- ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد کل پنجه در کپه با شمارش و اندازه‌گیری از روی ۱۲ کپه در هر کرت اندازه‌گیری شد. تعداد کل خوشه‌چه و درصد خوشه‌چه پر در خوشه با شمارش از روی ۱۵ خوشه در هر کرت تعیین شد. عملکرد شلتوک و عملکرد زیست‌توده با برداشت ۱۰۰ کپه از چهار متر مربع از قسمت میانی هر کرت بر اساس رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری و از نسبت بین عملکرد شلتوک و عملکرد

زیست‌توده شاخص برداشت محاسبه و بر حسب درصد بیان شد.

۵- برای سنجش صفات کیفی دانه از قبیل دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل، طول دانه قبل از پخت، عرض دانه، طول دانه پخته، ضریب ری آمدن (نسبت طول دانه بعد از پخت به طول دانه قبل از پخت)، کارایی تبدیل (درصد برنج سفید تولید شده از یک کیلوگرم شلتوک)، درصد پوسته و درصد سبوس از روش استاندارد ارزیابی مؤسسه بین‌المللی برنج (SES) استفاده شده است (IRRI, 1996). تعیین محتوای آمیلوز دانه به روش اصلاح‌شده اندازه‌گیری میزان آمیلوز دانه برنج بر اساس روش ایزو ۶۶۴۷ انجام شد (Habibi et al., 2014).

۶- غلظت نیتروژن دانه و اندام‌های هوایی به روش micro-Kjeldahl محاسبه شد (Fageria et al., 2014). غلظت پتاسیم دانه و اندام‌های هوایی نیز به روش flame photometer حاصل شد (Fageria et al., 2014). اندازه‌گیری فسفر شلتوک و کاه نیز با دستگاه Spectronic20D با رنگ‌سنجی به کمک سه محلول مولیبدو وانادات، محلول استاندارد فسفر و محلول ماده غذایی انجام شد. مقدار جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم از طریق حاصل‌ضرب غلظت هر عنصر در ماده خشک به‌دست آمد (Dobermann, 2005). محتوای پروتئین دانه از حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن در ضریب پروتئینی ۶/۲۵ محاسبه شد (Martre et al., 2003; Samonte et al., 2006).

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری از طریق نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد که شامل آزمون بارتلت، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) بود. تجزیه مرکب داده‌ها نیز پس از آزمایش یکنواختی میانگین مربعات خطا انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش برش‌دهی متقابل نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

آزمون بارتلت: برای بررسی اثر سال بر صفات مورد بررسی تحت اثر تیمارهای نظام کاشت و رقم، ابتدا داده‌های حاصل با استفاده از آزمون متجانس بودن واریانس‌ها به روش بارتلت سنجیده شدند. نتایج حاصل نشان داد صفات تعداد خوشه در متر مربع، محتوای سلولز و همی‌سلولز ساقه، شاخص برداشت نیتروژن، ضریب ری‌آمدن و دمای ژلاتینه شدن معنی‌دار شدند که تجزیه واریانس ساده در هر سال انجام شد. همچنین، صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، محتوای لیگنین ساقه، شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم، تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، درصد خوشه‌چه پر در خوشه، عملکرد شلتوک، شاخص برداشت، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، جذب نیتروژن فسفر و پتاسیم بوته، درصد پروتئین دانه، شاخص برداشت فسفر و پتاسیم، کارایی تبدیل دانه، محتوای آمیلوز دانه و قوام ژل در آزمون بارتلت معنی‌دار نشدند که برای این صفات تجزیه واریانس مرکب انجام شد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

نتایج تجزیه واریانس ساده صفات: یافته‌های جدول تجزیه واریانس نشان داد صفات تعداد خوشه در متر مربع، محتوای همی‌سلولز ساقه، شاخص برداشت نیتروژن، ضریب ری آمدن و دمای ژلاتینه شدن در هر دو سال و صفت محتوای سلولز ساقه تنها در سال اول تحت اثر نظام کاشت از نظر آماری معنی‌دار شدند. همچنین، تحت اثر رقم نیز صفات تعداد خوشه در متر مربع و شاخص برداشت نیتروژن در هر دو سال و محتوای همی‌سلولز ساقه در سال اول معنی‌دار شدند. در اثرمتقابل نظام کاشت و رقم نیز تنها صفت محتوای سلولز ساقه در سال اول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برخی از مؤلفه‌های مورد بررسی برنج تحت اثر نظام کاشت و رقم.

تیمارها	تعداد خوشه در متر مربع		محتوای همی‌سلولز ساقه (٪)		شاخص برداشت نیتروژن (٪)		ضریب ری آمدن دانه (میلیمتر)		دمای ژلاتینه شدن (درجه سانتیگراد)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
نظام کاشت(S)	**	**	*	*	**	*	**	**	**	**
پرنهاده	۳۵۹ a	۳۴۴ a	۱۴/۰۰ab	۱۷/۸۳ a	۵۶/۶۴ a	۶۰/۷۶ a	۱/۴۳ b	۱/۴۳ b	۴/۷۳ b	۴/۶۸ab
رایج	۳۱۶ ab	۳۳۴ ab	۱۲/۸۳bc	۱۴/۵۰ bc	۵۸/۵۷ a	۶۱/۱۰ a	۱/۴۲ b	۱/۴۸ a	۵/۶۷ a	۴/۸۷ a
در حال گذار	۲۸۱ bc	۳۰۷ b	۱۱/۶۷ c	۱۲/۸۳ c	۴۷/۰۰ bc	۵۷/۰۴ b	۱/۴۸ b	۱/۳۸ c	۴/۸۷ b	۴/۳۰ b
ارگانیک	۲۶۰ cd	۲۸۶ c	۱۴/۵۰ a	۱۵/۶۷ ab	۵۳/۴۵ ab	۵۳/۸۱ c	۱/۴۵ b	۱/۴۲ bc	۴/۵۷ bc	۴/۰۷ c
کم‌نهاده	۲۲۸ d	۲۷۳ d	۱۴/۱۷ab	۱۵/۳۳ abc	۴۲/۴۷ c	۵۲/۵۹ c	۱/۶۰ a	۱/۴۳ b	۴/۲۵ c	۴/۱۷bc
LSD 0.05	۴۴/۹۵	۱۰/۸۲	۱/۵۹	۲/۵۷	۸/۶۶	۲/۶۵	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۴۳	۰/۲۰
رقم (C)	*	**	*	ns	*	**	ns	ns	ns	ns
سنگ طارم	۳۱۳ a	۳۲۳ a	۱۲/۶۷ b	۱۴/۷۳ a	۵۵/۸۳ a	۶۰/۱۹ a	۱/۵۱ a	۱/۴۴ a	۴/۶۷ a	۴/۳۳ b
طارم محلی	۲۷۰ b	۲۹۵ c	۱۴/۲۰ a	۱۵/۷۳ a	۴۷/۲۹ b	۵۳/۹۰ c	۱/۴۴ b	۱/۴۲ a	۴/۹۶ a	۴/۵۰ a
طارم هاشمی	۲۸۲ ab	۳۰۹ b	۱۳/۴۳ab	۱۵/۲۳ a	۵۱/۷۶ ab	۵۷/۰۹ b	۱/۴۸ ab	۱/۴۳ a	۴/۸۲ a	۴/۴۲ab
LSD 0.05	۳۴/۸۲	۸/۳۸	۱/۲۳	۱/۹۹	۶/۷۱	۲/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۳۴	۰/۱۶
CV (%)	۸/۰۶	۲۲/۲۵	۱۲/۲۹	۱۷/۴۷	۱۷/۳۷	۴/۸۱	۵/۹۸	۳/۵۷	۹/۳۲	۴/۷۴

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

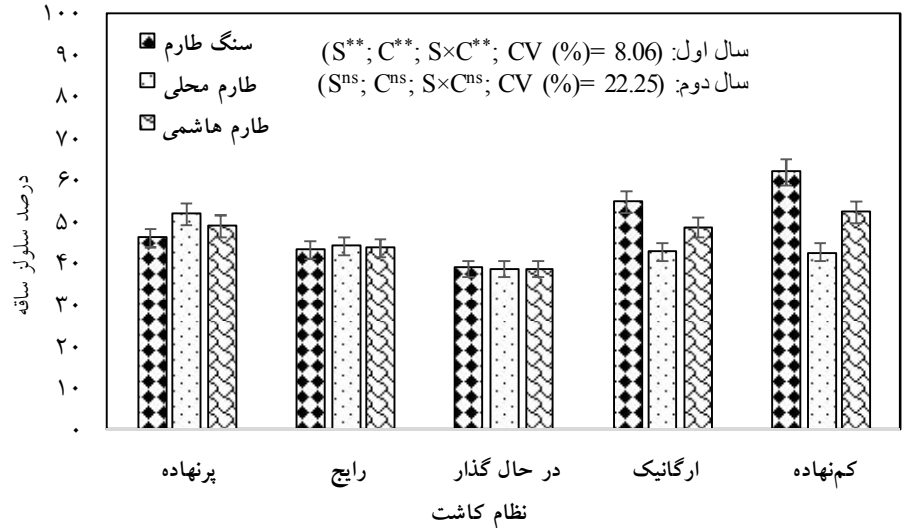
*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقایسه میانگین اثر ساده نظام کاشت نشان داد بیشترین تعداد خوشه در متر مربع در هر دو سال متعلق به نظام کاشت پرنهاده (به‌ترتیب ۳۵۹ و ۳۴۴ خوشه) بود که نظام‌های کاشت رایج، در حال گذار و ارگانیک به‌ترتیب در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار گرفتند. کمترین تعداد خوشه در متر مربع نیز در هر دو سال (به‌ترتیب ۲۲۸ و ۲۷۳ خوشه) متعلق به نظام کاشت کم‌نهاده بود (جدول ۳). بیشترین درصد همی‌سلولز ساقه در هر دو سال مربوط به نظام‌های کاشت پرنهاده و ارگانیک بود. کمترین همی‌سلولز ساقه متعلق به نظام کاشت در حال گذار به ارگانیک (۱۱/۶۷ و ۱۲/۸۳ درصد) بود. بیشترین شاخص برداشت نیتروژن در هر دو سال متعلق به نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج منطقه و کمترین شاخص برداشت نیتروژن نیز متعلق به نظام کاشت کم‌نهاده بود.

کمترین ضریب ری آمدن دانه در هر دو سال متعلق به نظام کاشت در حال گذار به ارگانیک (به‌ترتیب ۱/۴۸ و ۱/۳۸ میلیمتر) بود. بیشترین ضریب ری آمدن دانه در سال اول مربوط به نظام کاشت کم‌نهاده (۱/۶ میلیمتر) و در سال دوم متعلق به نظام کاشت رایج (۱/۴۸ میلیمتر) بود. شاخص دمای ژلاتینه شدن در هر دو سال در نظام کاشت رایج حداکثر و در نظام‌های کاشت کم‌نهاده و ارگانیک حداقل بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ساده رقم نیز نشان داد رقم سنگ طارم و طارم محلی به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد خوشه در متر مربع و شاخص برداشت نیتروژن بودند. بیشترین ضریب ری آمدن دانه در سال اول متعلق به رقم سنگ طارم (۱/۵۱ میلی‌متر) بود که ارقام طارم هاشمی و طارم محلی به‌ترتیب به ۲/۰۳ و ۴/۸۶ درصد کاهش در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بیشترین دمای ژلاتینه شدن در سال دوم متعلق به رقم طارم محلی بود که ارقام طارم

هاشمی و سنگ طارم به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثرمتقابل نظام کاشت در رقم در سال اول نیز نشان داد بیشترین محتوای سلولز ساقه (۶۱/۶۷ درصد) در نظام کاشت کم‌نهاده برای رقم سنگ طارم به‌دست آمد. کمترین درصد سلولز ساقه نیز در نظام کاشت در حال گذار به ارگانیک برای هر سه رقم حاصل شد. در نظام کاشت رایج نیز تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (شکل ۱).



شکل ۱: اثرمتقابل نظام کاشت و رقم بر محتوای سلولز ساقه برنج در سال اول.
ns و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

تجزیه واریانس مرکب صفات مرتبط با خوابیدگی بوته، اجزای عملکرد، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت: تجزیه واریانس مرکب نشان داد صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، محتوای لیگنین ساقه، شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم، تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، درصد خوشه‌چه پر در خوشه، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت از نظر آماری تحت اثر ساده نظام کاشت قرار گرفتند. همچنین، تمامی صفات اشاره شده به‌جزء ارتفاع بوته نیز تحت اثرمتقابل سال در نظام کاشت معنی‌دتر شدند. تحت اثر ساده رقم نیز صفات طول خوشه، تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، درصد خوشه‌چه پر در خوشه و شاخص برداشت تفاوت آماری معنی‌داری را نشان دادند. در اثرمتقابل دوگانه نظام کاشت و رقم نیز دو صفت شاخص خوابیدگی میانگره چهارم و شاخص برداشت از نظر آماری معنی‌دار شدند. همچنین، تنها صفت درصد خوشه‌چه پر در خوشه از نظر آماری تحت اثرمتقابل سه گانه قرار گرفت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

مقایسه میانگین اثر ساده نظام کاشت نشان داد بیشترین ارتفاع بوته (۱۶۵/۷۲ سانتی‌متر) در نظام کاشت پرنهاده حاصل شد که از نظر ارتفاع بوته نظام‌های کاشت رایج، در حال گذار و ارگانیک به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین ارتفاع بوته نیز در نظام کاشت کم‌نهاده (۱۵۷/۵۸ سانتی‌متر) به‌دست آمد. حداکثر طول خوشه، تعداد

پنجه در کپه و تعداد خوشه‌چه در خوشه متعلق به نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج بود. همچنین، کمترین تعداد پنجه در کپه و تعداد خوشه‌چه در خوشه نیز در نظام‌های کاشت ارگانیک و کم‌نهاده مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر ساده نظام کاشت و رقم بر صفات زراعی برنج.

تیمارها	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد پنجه در کپه	تعداد خوشه‌چه در خوشه
نظام کاشت				
پرنهاده	a۱۶۵/۷۲	a۳۲/۹۲	a۱۶/۱۳	a۱۲۵/۰۰
در حال گذار به ارگانیک	bc۱۵۸/۹۲	b۳۱/۵۰	b۱۳/۷۶	b۱۱۷/۲۲
کم‌نهاده	c۱۵۷/۵۸	c۲۹/۳۱	c۱۱/۴۴	c۱۰۸/۰۲
رایج	bc۱۵۹/۲۱	a۳۲/۴۰	a۱۵/۹۴	a۱۲۲/۲۵
ارگانیک	b۱۶۲/۰۸	c۲۹/۷۷	c۱۲/۵۲	c۱۰۹/۹۲
رقم				
سنگ طارم	۱۶۰/۹۸ a	a۳۴/۳۲	a۱۴/۶۷	a۱۲۰/۸۱
طارم محلی	۱۶۰/۴۳ a	c۲۸/۰۴	b۱۳/۲۴	c۱۱۲/۱۵
طارم هاشمی	۱۶۰/۷۰ a	b۳۱/۱۸	ab۱۳/۹۶	b۱۱۶/۴۸

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقایسه میانگین اثر ساده رقم نیز نشان داد که بیشترین طول خوشه (۳۴/۳۲ سانتی‌متر)، تعداد پنجه در کپه (۱۴/۶۷ پنجه) و تعداد خوشه‌جه در خوشه (۱۲۰/۸۱ خوشه‌چه) برای رقم سنگ طارم حاصل شد. طول خوشه، تعداد پنجه در کپه و تعداد خوشه‌جه در خوشه مربوط به رقم سنگ طارم در مقایسه با رقم طارم هاشمی به‌ترتیب معادل ۱۰/۰۷، ۵/۰۹ و ۳/۷۲ درصد بالاتر و در مقایسه با رقم طارم محلی به‌ترتیب به میزان ۲۲/۴۰، ۱۰/۸۰ و ۷/۷۲ درصد بیشتر بود (جدول ۴).

یافته‌های مقایسه میانگین اثر نظام کاشت به روش برش‌دهی متقابل اثر سال نشان داد بیشترین طول خوشه در هر دو سال پرنهاده و رایج حاصل شد و کمترین طول خوشه نیز در هر دو سال در نظام کاشت کم‌نهاده (به‌ترتیب ۲۹/۰۵ و ۲۹/۵۷ سانتی‌متر) حاصل شد. بیشترین محتوای لیگنین ساقه در هر دو سال در نظام کاشت کم‌نهاده (به‌ترتیب ۱۴/۹۲ و ۱۴/۶۷ درصد) و کمترین محتوای لیگنین ساقه در نظام کاشت در هر دو سال در حال گذار به ارگانیک (۱۰/۵ درصد) حاصل شد (جدول ۵). حداکثر شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم در هر دو سال در نظام کاشت پرنهاده به‌دست آمد که از این نظر نظام‌های کاشت رایج، در حال گذار و ارگانیک در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم در هر دو سال مربوط به نظام کاشت کم‌نهاده بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثرمتقابل دوگانه نظام کاشت و رقم نشان داد بالاترین شاخص خوابیدگی میانگره چهارم در اثرمتقابل نظام کاشت پرنهاده و رایج برای رقم سنگ طارم (به‌ترتیب ۳۸۹/۱۲ و ۳۷۶/۶۳ گرم بر سانتی‌متر) حاصل شد. کمترین شاخص خوابیدگی میانگره چهارم در نظام کاشت کم‌نهاده برای رقم طارم محلی (۱۷۷/۳۸ گرم بر سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۶).

جدول ۵: مقایسه میانگین نظام کاشت بر طول خوشه، محتوای لینگنین ساقه و شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم برنج به روش برش‌دهی متقابل اثر سال.

اثر متقابل	طول خوشه (سانتی‌متر)		محتوای لیگنین ساقه (٪)		شاخص خوابیدگی میانگره سوم (گرم بر سانتی‌متر)		شاخص خوابیدگی میانگره چهارم (گرم بر سانتی‌متر)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
پرنهاده	۳۲/۲۵ ab	۳۳/۵۸ a	۱۳/۱۶ ab	۱۲/۶۷ abc	۴۰۸/۰۷ a	۳۸۱/۳۸ a	۳۱۱/۲۷ a	۳۱۶/۳۲ a
رایج	۳۳/۰۸ a	۳۱/۷۱ ab	۱۱/۳۳ b	۱۳/۵۰ ab	۳۳۶/۲۰ b	۳۵۲/۲۲ ab	۲۹۸/۱۰ ab	۲۸۶/۶۷ ab
در حال گذار	۳۱/۳۳ ab	۳۱/۶۷ ab	۱۰/۵۰ c	۱۰/۵۰ c	۳۳۵/۹۷ b	۳۳۷/۴۸ ab	۲۹۸/۱۰ ab	۲۸۶/۶۷ ab
ارگانیک	۲۹/۹۲ ab	۲۹/۶۳ b	۱۳/۴۳ ab	۱۳/۸۳ ab	۳۳۶/۲۰ b	۳۵۲/۲۲ ab	۲۸۰/۲۷ b	۲۸۲/۳۳ ab
کم‌نهاده	۲۹/۰۵ b	۲۹/۵۷ b	۱۴/۹۲ a	۱۴/۶۷ a	۲۷۲/۸۷ c	۲۷۲/۰۷ b	۲۴۳/۹۴ c	۲۴۸/۳۵ b

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

بر اساس یافته‌های اثرمتقابل سال در نظام کاشت مشاهده شد بیشترین تعداد پنجه در کپه و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه در هر دو سال متعلق به نظام کاشت پرنهاده بود که نظام‌های کاشت رایج، در حال گذار و ارگانیک به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در هر دو سال کمترین تعداد پنجه در کپه (۱۰/۸۹ و ۱۱/۹۹ پنجه) و تعداد خوشه‌چه در خوشه (۱۰۶/۰۵ و ۱۰۵/۶۷ خوشه‌چه) در نظام کاشت کم‌نهاده به‌دست آمد (جدول ۷). بیشترین عملکرد شلتوک در هر دو سال مربوط به نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج بود. دلیل عمده افزایش عملکرد در این دو نظام کاشت، مصرف زیاد نهاده‌ها بود که منجر به افزایش اجزای عملکرد مثل طول خوشه، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه و درصد خوشه‌چه پر در خوشه شد که در نهایت به افزایش عملکرد شلتوک در این دو نظام کاشت منجر گردید (جدول ۷). کمترین عملکرد شلتوک در هر دو سال (۳۰۳۳ و ۳۰۴۳ کیلوگرم در هکتار) متعلق به نظام کاشت کم‌نهاده بود که دلیل عمده آن نیز مصرف پایین کود و عدم مدیریت مناسب مزرعه بود که منجر به کاهش تمامی اجزای عملکرد مؤثر بر عملکرد شده که نتیجه آن نیز کاهش معنی‌دار عملکرد در مقایسه با سایر نظام‌های کاشت شد. بالاترین شاخص برداشت در هر دو سال متعلق به نظام کاشت پرنهاده و رایج بود که نظام‌های کاشت در حال گذار به ارگانیک در رتبه بعدی قرار گرفت. کمترین شاخص برداشت نیز مربوط به نظام‌های کاشت ارگانیک و کم‌نهاده بود (جدول ۷).

جدول ۷: مقایسه میانگین نظام کاشت بر تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، عملکرد شلتوک و شاخص برداشت برنج به روش برش‌دهی متقابل اثر سال.

اثرمتقابل	تعداد پنجه در کپه		تعداد خوشه‌چه در خوشه		عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)		شاخص برداشت (٪)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
پرنهاده	۱۷/۴۲ a	۱۶/۲۵ a	۱۲۴/۱۷ a	۱۲۵/۸۳ a	۴۱۷۲ a	۴۰۷۲ a	۳۵/۳۰ a	۳۴/۴۷ a
رایج	۱۵/۴۲ ab	۱۳/۳۰ ab	۱۲۳/۸۳ a	۱۲۰/۶۷ ab	۳۹۸۳ a	۴۱۹۲ a	۳۲/۴۴ ab	۳۴/۴۸ a
در حال گذار	۱۱/۷۴ bc	۱۴/۸۴ ab	۱۱۶/۰۰ ab	۱۱۸/۴۲ abc	۳۲۵۸ b	۳۲۵۰ b	۳۱/۰۱ ab	۳۰/۸۳ ab
ارگانیک	۱۵/۶۴ ab	۱۲/۱۰ b	۱۱۴/۱۷ ab	۱۱۰/۰۰ bc	۳۲۳۳ b	۳۲۱۳ b	۲۹/۶۸ b	۲۸/۱۰ b
کم‌نهاده	۱۰/۸۹ c	۱۱/۹۹ b	۱۰۶/۰۵ b	۱۰۵/۶۷ c	۳۰۳۳ c	۳۰۴۳ c	۲۸/۹۰ b	۲۹/۱۲ b

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

در اثر متقابل نظام کاشت در رقم به روش برش‌دهی متقابل اثر سال مشاهده شد بیشترین درصد خوشه‌چه پر در خوشه در هر دو سال در نظام‌های کاشت پرنهاده، رایج و در حال گذار برای رقم طارم محلی حاصل شد. کمترین درصد خوشه‌چه پر در خوشه نیز در سال اول متعلق به اثرمتقابل نظام کاشت کم‌نهاده و رقم سنگ طارم (۶۷/۶۷ درصد) و در سال دوم متعلق به نظام کاشت ارگانیک و رقم سنگ طارم (۶۹/۵۳ درصد) بود (جدول ۷). همچنین، در اثرمتقابل دوگانه نظام کاشت و رقم، بالاترین شاخص برداشت مربوط به دو نظام کاشت پرنهاده و رایج برای رقم سنگ طارم (به‌ترتیب ۳۶/۲۵ و ۳۵/۶۱ درصد) بود. کمترین شاخص برداشت در نظام‌های کاشت ارگانیک و کم‌نهاده برای رقم طارم محلی (به‌ترتیب ۲۵/۴۲ و ۲۴/۹۶ درصد) به‌دست آمد (جدول ۷).

جدول ۷: مقایسه میانگین اثرمتقابل نظام کاشت و رقم بر شاخص خوابیدگی میانگره چهارم و شاخص برداشت برنج. مقایسه میانگین اثر نظام کاشت و رقم بر درصد خوشه‌چه پر در خوشه به روش برش‌دهی متقابل اثر سال انجام شد.

اثرمتقابل	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم (گرم بر سانتی‌متر)	درصد خوشه‌چه پر در خوشه		شاخص برداشت (٪)
		سال اول	سال دوم	
S_1C_1	۳۸۹/۱۲ a	۷۸/۶۷ bc	۷۷/۳۳ abc	۳۶/۲۵ a
S_1C_2	۳۰۷/۷۲ bc	۸۸/۳۳ a	۸۹/۱۷ a	۳۳/۵۳ abc
S_1C_3	۲۵۴/۸۳ cd	۸۳/۵۰ ab	۸۳/۲۵ ab	۳۴/۸۶ ab
S_2C_1	۳۷۶/۶۳ a	۷۵/۶۷ bc	۷۷/۲۰ abc	۳۵/۶۱ a
S_2C_2	۳۲۳/۱۸ b	۸۹/۶۷ a	۸۹/۱۷ a	۳۱/۳۸ bc
S_2C_3	۲۶۲/۹۲ cd	۸۲/۶۷ ab	۸۳/۱۸ ab	۳۳/۹۴ abc
S_3C_1	۲۳۸/۴۷ d	۷۵/۳۳ bc	۷۷/۰۰ abc	۳۴/۶۵ ab
S_3C_2	۲۰۲/۶۵ ef	۹۱/۶۷ a	۹۰/۶۷ a	۲۷/۲۹ cd
S_3C_3	۳۱۳/۷۹ b	۸۳/۵۰ ab	۸۳/۸۳ ab	۳۰/۸۱ bcd
S_4C_1	۲۲۳/۲۵ de	۸۰/۳۳ abc	۶۹/۵۳ c	۳۲/۵۰ bc
S_4C_2	۳۶۱/۵۲ ab	۸۲/۶۷ ab	۸۵/۸۳ ab	۲۵/۴۲ d
S_4C_3	۲۹۲/۳۸ bc	۸۱/۵۰ abc	۷۷/۶۸ abc	۲۸/۷۶ cd
S_5C_1	۲۸۱/۳۰ bcd	۶۷/۶۷ c	۷۳/۸۳ bc	۳۳/۱۸ abc
S_5C_2	۱۷۷/۳۸ g	۸۲/۶۷ ab	۸۲/۳۳ ab	۲۴/۹۶ d
S_5C_3	۱۸۵/۹۷ f	۷۵/۱۷ bc	۷۸/۰۸ abc	۲۸/۸۹ cd

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

تجزیه واریانس مرکب شاخص‌های مرتبط با عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و صفات مرتبط با پخت دانه برنج: یافته‌های مربوط به تجزیه واریانس مرکب نشان داد جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه و بوته، محتوای پروتئین دانه، شاخص برداشت فسفر و پتاسیم، کارایی تبدیل دانه، محتوای آمیلوز دانه و قوام ژل تحت اثر ساده نظام کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. همچنین، صفات جذب پتاسیم دانه، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوته، محتوای پروتئین دانه، شاخص برداشت پتاسیم، کارایی تبدیل دانه، محتوای آمیلوز دانه و قوام ژل تحت اثرمتقابل سال در نظام کاشت معنی‌دار شدند. صفات جذب نیتروژن دانه، شاخص برداشت پتاسیم، کارایی تبدیل دانه و قوام ژل نیز تحت اثر ساده رقم تفاوت آماری معنی‌داری را نشان دادند. تحت اثرمتقابل دوگانه نظام کاشت و رقم نیز تنها صفت جذب پتاسیم دانه در

سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

مقایسه میانگین اثر ساده نظام کاشت نشان داد بیشترین جذب نیتروژن دانه (۶۱/۵ کیلوگرم در هکتار) در نظام کاشت رایج به‌دست آمد که نظام‌های کاشت پرنهاده، در حال گذار و ارگانیک به‌ترتیب با ۱۶/۴۸، ۴۶/۲۹ و ۷۱/۶۹ درصد کاهش به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین جذب نیتروژن دانه نیز در نظام کاشت کم‌نهاده (۳۵/۸۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۸). بیشترین میزان جذب فسفر دانه (به‌ترتیب ۸/۴۳ و ۸/۳ کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت پتاسیم (به‌ترتیب ۷/۶ و ۷/۳۴ درصد) و قوام ژل (به‌ترتیب ۵۴/۷۵ و ۵۴/۲۵ میلیمتر) در نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج حاصل شد. کمترین جذب فسفر دانه نیز در نظام کاشت کم‌نهاده (۵/۲۷ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. کمترین شاخص برداشت پتاسیم (۴/۳۴ درصد)، کارایی تبدیل دانه (۶۲/۴۲ درصد) و قوام ژل (۴۸/۴۲ میلیمتر) در نظام کاشت کم‌نهاده مشاهده شد (جدول ۸).

جدول ۸: مقایسه میانگین اثر ساده نظام کاشت و رقم بر شاخص‌های مرتبط با عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و صفات مرتبط با پخت دانه برنج

تیمارها	جذب نیتروژن دانه (کیلوگرم در هکتار)	جذب فسفر دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت فسفر (٪)	شاخص برداشت پتاسیم (٪)	کارایی تبدیل دانه (٪)	قوام ژل (میلیمتر)
نظام کاشت						
پرنهاده	۵۲/۶۸ b	۸/۴۳ a	۳۶/۵۳ a	۷/۶۰ a	۷۰/۰۰ a	۵۴/۷۵ a
رایج	۶۱/۵۰ a	۸/۳۰ a	۳۵/۸۳ a	۷/۳۴ a	۷۲/۰۸ a	۵۴/۲۵ a
در حال گذار	۴۲/۰۴ c	۵/۷۵ b	۲۹/۲۳ b	۶/۶۲ b	۷۱/۴۲ a	۵۱/۱۷ b
ارگانیک	۳۵/۸۲ d	۵/۲۷ bc	۲۳/۹۵ c	۵/۱۰ c	۶۶/۲۵ b	۵۰/۷۵ b
کم‌نهاده	۲۲/۸۷ e	۴/۶۶ c	۲۱/۰۱ c	۴/۳۴ d	۶۲/۴۲ c	۴۸/۴۲ c
LSD 0.05	۶/۰۲	۰/۷۳	۳/۱۲	۰/۵۴	۳/۰۹	۱/۷۴
رقم						
سنگ طارم	۴۱/۲۰ a	۶/۱۳ b	۲۹/۶۵ a	۶/۵۹ a	۶۶/۰۰ c	۵۰/۹۰ b
طارم محلی	۴۴/۵۹ a	۶/۸۱ a	۲۸/۹۹ a	۵/۷۹ b	۷۰/۸۷ a	۵۲/۸۳ a
طارم هاشمی	۴۳/۱۶ a	۶/۵۰ ab	۲۹/۳۰ a	۶/۲۲ a	۶۸/۴۳ b	۵۱/۸۷ ab
LSD 0.05	۴/۶۷	۰/۵۷	۲/۴۲	۰/۴۲	۲/۳۹	۱/۳۵

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقایسه میانگین اثر ساده رقم نشان داد بیشترین جذب فسفر دانه (۶/۸۱ کیلوگرم در هکتار)، کارایی تبدیل دانه (۷۰/۸۷ درصد) و قوام ژل (۵۲/۸۳ میلیمتر) متعلق به رقم طارم محلی بود. کمترین جذف فسفر دانه (۶/۱۳ کیلوگرم در هکتار)، کارایی تبدیل دانه (۶۶ درصد) و قوام ژل (۵۰/۹ میلیمتر) برای رقم سنگ طارم حاصل شد. بیشترین شاخص برداشت پتاسیم متعلق به ارقام سنگ طارم و طارم هاشمی (به‌ترتیب ۶/۵۹ و ۶/۲۲ درصد) و کمترین شاخص برداشت پتاسیم (۵/۷۹ درصد) متعلق به رقم طارم محلی بود (جدول ۸).

یافته‌های مقایسه میانگین اثر نظام کاشت به روش برش‌دهی متقابل اثر سال نشان داد بیشترین جذب پتاسیم دانه در هر دو سال متعلق به نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج بود. کمترین جذب پتاسیم دانه در هر دو سال (به‌ترتیب ۶/۱۷ و ۶/۸۶ کیلوگرم در هکتار)

متعلق به نظام کاشت کم‌نهاده بود (جدول ۹). بیشترین جذب نیتروژن بوته در هر دو سال مربوط به نظام کاشت رایج (۱۰۳/۱۹ و ۱۰۳/۲۳ کیلوگرم در هکتار) بود که نظام‌های کاشت پرنهاده، در حال گذار و ارگانیک به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین جذب نیتروژن بوته نیز در هر دو سال متعلق به نظام کاشت کم‌نهاده (به‌ترتیب ۴۲/۲۵ و ۵۱/۹۳ کیلوگرم در هکتار) بود. کمترین جذب فسفر بوته در هر دو سال متعلق به نظام کاشت در حال گذار (۱۹/۵۶ و ۱۹/۸۵ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین جذب فسفر بوته در سال اول مربوط به دو نظام کاشت پرنهاده و رایج و در سال دوم متعلق به هر چهار نظام کاشت بود. حداکثر جذب پتاسیم بوته نیز در هر دو سال در نظام کاشت رایج (به‌ترتیب ۲۲۵/۴۳ و ۲۱۸/۱۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین جذب پتاسیم بوته در هر دو سال متعلق به نظام کاشت کم‌نهاده (۱۵۰/۴۳ و ۱۴۸/۴۷ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۹).

جدول ۹: مقایسه میانگین نظام کاشت بر شاخص‌های نیتروژن فسفر و پتاسیم دانه و بوته برنج به روش برش‌دهی متقابل اثر سال.

اثر متقابل	جذب پتاسیم دانه (کیلوگرم در هکتار)		جذب نیتروژن بوته (کیلوگرم در هکتار)		جذب فسفر بوته (کیلوگرم در هکتار)		جذب پتاسیم بوته (کیلوگرم در هکتار)	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
پرنهاده	۱۵/۳۱ a	۱۵/۰۰ ab	۸۴/۷۴ b	۹۳/۴۲ ab	۲۳/۱۹ a	۲۳/۲۴ a	۱۹۷/۳۰ b	۲۰۰/۹۰ b
رایج	۱۵/۹۰ a	۱۶/۷۳ a	۱۰۳/۱۹ a	۱۰۳/۲۳ a	۲۳/۶۴ a	۲۲/۷۱ a	۲۲۵/۴۳ a	۲۱۸/۱۲ a
در حال گذار	۱۳/۴۹ab	۱۲/۶۷ b	۷۲/۹۵ bc	۸۴/۶۹ b	۱۹/۵۶ b	۱۹/۸۵ b	۱۹۵/۷۴ b	۱۹۴/۷۰ b
ارگانیک	۱۰/۲۲ b	۸/۱۳ c	۷۰/۷۵ bc	۶۲/۸۰ c	۲۲/۶۹ ab	۲۲/۰۰ a	۱۷۹/۰۰ b	۱۷۷/۲۶ c
کم‌نهاده	۶/۱۷ c	۶/۸۶ d	۴۲/۲۵ c	۵۱/۹۳ d	۲۱/۳۳ ab	۲۳/۱۹ a	۱۵۰/۴۳ c	۱۴۸/۴۷ d

*:حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

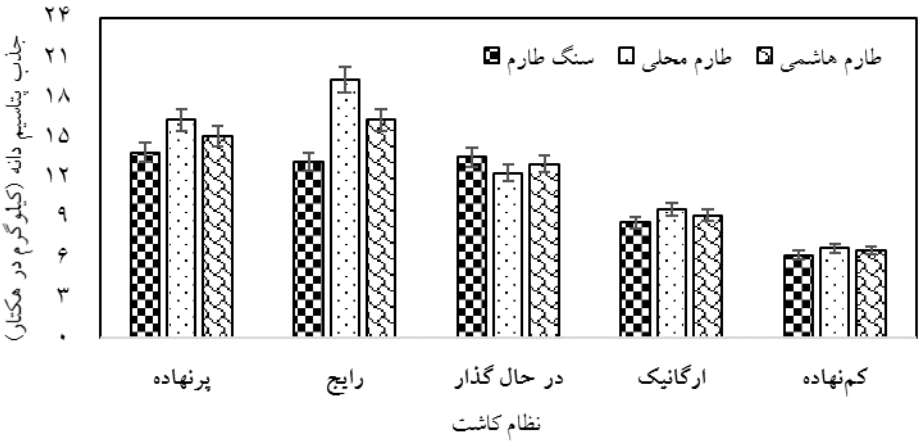
مقایسه میانگین اثر نظام کاشت به روش برش‌دهی متقابل اثر سال نشان داد که بیشترین پروتئین دانه در سال اول متعلق به نظام کاشت رایج (۹/۰۱ درصد) و در سال دوم متعلق به نظام‌های کاشت پرنهاده، رایج و در حال گذار بود. کمترین میزان پروتئین دانه در هر دو سال (۳/۹۸ و ۵/۳۶ درصد) در نظام کاشت کم‌نهاده حاصل شد. بالاترین شاخص برداشت پتاسیم در سال اول متعلق به نظام کاشت پرنهاده (۷/۷۲ درصد) و در سال دوم متعلق به دو نظام کاشت پرنهاده و رایج (به‌ترتیب ۷/۴۷ و ۷/۶ درصد) بود. کمترین شاخص برداشت پتاسیم در هر دو سال (۴/۱۴ و ۴/۵۴ درصد) در نظام کاشت کم‌نهاده به‌دست آمد. بیشترین کارایی تبدیل دانه در سال اول متعلق به نظام کاشت رایج (۷۲/۸۳ درصد) و در سال دوم متعلق به نظام کاشت در حال گذار به ارگانیک (۷۵ درصد) بود. کمترین کارایی تبدیل دانه در هر دو سال (۶۱ و ۶۳/۸۳ درصد) مربوط به نظام کاشت کم‌نهاده بود. کمترین محتوای آمیلوز دانه در هر دو سال در نظام کاشت کم‌نهاده (به‌ترتیب ۲۲/۴۲ و ۲۲/۵ درصد) مشاهده شد که در سال اول نظام‌های کاشت پرنهاده، رایج و در حال گذار و در سال دوم هر چهار نظام کاشت بیشترین درصد آمیلوز دانه را از نظر آماری نشان دادند که در یک سطح قرار گرفتند. بالاترین قوام ژل در سال اول متعلق به نظام کاشت در حال گذار (۵۶/۵ میلیمتر) و در سال دوم متعلق به نظام کاشت رایج و در حال گذار (۵۴/۲۳ و ۵۳ درصد) بود. کمترین قوام ژل در هر دو سال در نظام کاشت کم‌نهاده (۴۸/۱۷ و ۴۸/۶۷ میلیمتر) به‌دست آمد (جدول ۱۰).

جدول ۱۰: مقایسه میانگین اثر نظام کاشت بر صفات مرتبط با پخت دانه برنج به روش برش‌دهی متقابل اثر سال.

اثرمتقابل	محتوای پروتئین دانه (٪)		شاخص برداشت پتاسیم (٪)		کارایی تبدیل دانه (٪)		محتوای آمیلوز دانه (٪)		قوام ژل (میلیمتر)	
	سال‌اول	سال‌دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
پرنهاده	۷/۱۶ b	۸/۳۵ a	۷/۷۲ a	۷/۴۷ a	۶۸/۴۷ ab	۷۱/۵۰ ab	۲۳/۴۵a	۲۳/۰۰ a	۵۲/۴۳ ab	۵۰/۰۰ab
رایج	۹/۰۱ a	۸/۹۳ a	۷/۰۹ab	۷/۶۰ a	۷۲/۸۳ a	۷۱/۳۳ab	۲۳/۷۵ a	۲۲/۹۲a	۵۴/۱۷ab	۵۴/۳۳ a
در حال گذار	۶/۹۲ b	۸/۹۲ a	۶/۸۱ ab	۶/۴۳ab	۶۷/۸۳ab	۷۵/۰۰ a	۲۴/۱۷a	۲۳/۷۵ a	۵۶/۵۰a	۵۳/۰۰ a
ارگانیک	۶/۹۵ b	۶/۲۵ b	۵/۷۷ b	۴/۴۲ b	۶۶/۸۳ b	۶۵/۶۷ b	۲۲/۷۵b	۲۲/۹۲ a	۴۹/۸۳abc	۵۱/۶۷ ab
کم‌نهاده	۳/۹۸ c	۵/۳۶ c	۴/۱۴ c	۴/۵۴ b	۶۱/۰۰ c	۶۳/۸۳ c	۲۲/۴۲ b	۲۲/۵۰ b	۴۸/۱۷ c	۴۸/۶۷ b

*: حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

مقایسه میانگین اثرمتقابل نظام کاشت و رقم نشان داد بیشترین جذب پتاسیم دانه در نظام کاشت رایج برای رقم طارم محلی (۱۹/۳۶ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. کمترین جذب پتاسیم دانه نیز در نظام کاشت کم‌نهاده برای هر سه رقم مشاهده شد. در نظام‌های کاشت در حال گذار، ارگانیک و کم‌نهاده تفاوت آماری معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد، ولی در دو نظام کاشت پرنهاده و رایج بین ارقام تفاوت وجود داشت که رقم طارم محلی در رتبه اول و دو رقم طارم هاشمی و سنگ طارم به‌ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند (شکل ۲).



شکل ۲: مقایسه میانگین اثرمتقابل نظام کاشت و رقم بر جذب پتاسیم دانه.

بحث

عملکرد دانه حاصل‌ضرب چند جزء بوده که اجزای عملکرد دانه نامیده می‌شود (Dastan et al., 2014). اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ و محیط واقع می‌شوند و اغلب در توجیه علت کاهش یا افزایش عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. محیط بر توانایی یک گیاه از نظر ظاهر ساختن توان بالقوه ژنتیکی اثر می‌گذارد. مدیریت زراعی نادرست، آب، مواد غذایی، دما، نور و سایر عوامل محیطی نیز به میزان نامناسب می‌توانند یک یا چند جزء از اجزای عملکرد را کاهش دهند (Dastan et al., 2014). پنجه‌زنی فرآیند اصلی خود تنظیمی تراکم پوشش گیاهی است و اثرات نامطلوب شرایط اقلیمی، بیماری و نارسایی‌های عملیات زراعی در طی دوره رشد را جبران می‌کند (Dastan et al., 2016b). تعداد پنجه در کپه تحت اثر نظام کاشت فشرده با

الگوی نشاهای جوان ۱۰ روز و آرایش کاشت مربعی ۲۵×۲۵ سانتیمتر کمتر از نظام کاشت رایج با الگوی کاشت نشاهای ۲۰ روز و آرایش کاشت ۲۰×۱۵ سانتیمتر گزارش شد، چون نشاهای ۲۰ روزه موجب افزایش شاخص سطح برگ و فتوسنتز شد که بر پنجه‌زنی گیاه مؤثر بود (Anitha and Chellappan, 2011)، ولی دیگر محققان نتایج متفاوتی را گزارش کردند (Veeraputhiran et al., 2012; Styger et al., 2011a,b).

بالاتر بودن شاخص خوابیدگی میانگره‌ها در نظام‌های کاشت پرنهاده و رایج ممکن است به‌دلیل شرایط رشد بهتر و آرایش کاشت مطلوب گیاه در این دو نظام کاشت نسبت به سه نظام کاشت دیگر باشد. محققان گزارش کردند روش کاشت بر سطح مقطع میانگره سوم و چهارم اثر معنی‌داری داشت که بزرگ‌ترین سطح مقطع میانگره سوم با میانگین ۴/۴ میلی‌متر مربع از روش کاشت کپه‌ای و کوچک‌ترین آن از روش کاشت دستپاش به‌دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند که به نظر می‌رسد با افزایش تراکم بوته به‌دلیل افزایش رقابت، قطر میانگره‌های سوم و چهارم کاهش یافت (Gholami Rezvani et al., 2014). در تحقیقی دیگر صفات مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی در بین ژنوتیپ‌های برنج متفاوت بود. قطر میانگره چهارم در بین ژنوتیپ‌های برنج از ۱۴ تا ۲۶ میلی‌متر متغیر بود. قطر میانگره سوم و چهارم از مهم‌ترین صفات مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی در برنج می‌باشند، زیرا خوابیدگی ساقه معمولاً در میانگره‌های پایین‌تر رخ می‌دهد (Islam et al., 2007). به‌نظر می‌رسد فراهم بودن فضای کافی برای استفاده از نور و مواد غذایی در روش کاشت فشرده نقش مهمی در افزایش وزن تر میانگره‌ها داشت. با افزایش وزن تر بوته احتمال خوابیدگی بوته افزایش خواهد یافت. در تحقیقی نیز گزارش شد که وزن ساقه در نظام کاشت فشرده بیش‌تر از نظام کاشت رایج بود. این تفاوت‌ها ممکن است به‌دلیل شرایط رشد بهتر و تراکم و آرایش کاشت مطلوب گیاه در شیوه نظام کاشت فشرده، در مقایسه با نظام کاشت رایج باشد (Hameed et al., 2011a,b).

به‌نظر می‌رسد مصرف کود دامی و آبیاری تناوبی در روش کاشت ارگانیک و در حال گذار به ایجاد تعادل در جذب مواد غذایی محیط ریشه گیاه شده که نتیجه آن افزایش بیوسنتز سلولز و لیگنین ساقه بود. محتوای سلولز و لیگنین ساقه باعث افزایش استحکام ساقه‌ها شده (Dastan et al., 2012; Yadi et al., 2012)، و عامل مهم و تعیین کننده در مقاومت به خوابیدگی هستند. دیگر محققان دریافتند در نظام کاشت فشرده به‌علّت کاهش مرگ و میر پنجه‌ها مقاومت به خوابیدگی افزایش یافت (Chapagain et al., 2011; Sharif, 2011). در واقع، گیاهان رشدیافته در نظام کاشت فشرده در مرحله گلدهی دارای فعالیت ریشه بسیار بالایی بوده و مقاومت بیش‌تری به خشکی و خوابیدگی داشتند (Stoop and Kassam, 2005). دیگر محققان نیز افزایش ارتفاع گیاه و طول ساقه در نظام کاشت فشرده را گزارش کردند (Hamed et al., 2011a,b; Anas et al., 2011; Thakur et al., 2011). این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل شرایط رشد بهتر و تراکم و آرایش کاشت مطلوب گیاه در نظام کاشت فشرده نسبت به نظام کاشت سنتی باشد، چون در گیاه برنج بر خلاف سایر گیاهان زراعی که برای جذب نور رقابت می‌کنند، رقابت اصلی در این گیاه بر سر جذب مواد غذایی از خاک بوده و با افزایش تراکم کاشت در روش کاشت فشرده رقابت گیاه برای جذب مواد غذایی افزایش یافته و طول میانگره کاهش یافت. محققان گزارش کردند در نظام کاشت فشرده ارقام مختلف برنج به علت ساختار کانوپی مطلوب و افزایش شاخص سطح برگ بیشترین میزان جذب نور

را داشتند و در نتیجه این نظام کاشت موجب افـزایش معنـی‌دار طـول خوشـه شـد (Thakur et al., 2011). همچنین، دیگر محققان دریافتند طول خوشه در نظـام کاشت فشرده حدود ۱۶ درصد بیشتر از نظام کاشـت رایج بود که می‌تواند به دلیل افـزایش ارتفـاع گیـاه و تراکم مطلوب گیاهی باشد (Hamed et al., 2011a,b; Styger et al., 2011b).

محققان ساختار تاج‌پوشش گیاه بـرنج در مرحلـه گلدهی ارزیابی و مشاهده کردند زاویه تاج کانوپی در نظام کاشت فشرده به میـزان قابـل تـوجهی بیشـتر از شیوه مرسوم بود و برگ‌های جدیـد تولیـد شـده نیـز عمودتر از برگ‌های افقی شیوه کشت مرسـوم بودنـد که منجر به قرار گرفتن گیاه در معرض نور بیشتر شده و کارایی استفاده از نور نیز افزایش یافـت کـه توجیـه اصلی برای آن را می‌توان بـه کاشـت کـم عمـق و بـا تراکم کمتر در نظام کاشت فشرده نسبت داد (Thakur et al., 2011). در واقع، انتقال مجدد مـواد فتوسـنتزی در بـرنج بـه ایـن صـورت اسـت کـه در مرحلـه گرده‌افشانی و خوشه‌دهی، مواد فتوسنتزی تولید شـده بیشتر از احتیاج این دو فرآینـد بـوده کـه مـازاد مـواد فتوسنتزی به ساقه منتقل شده و بـه صـورت نشاسـته ذخیـره مـی‌شـود و در مرحلـه پـر شـدن دانـه، مـواد نشاسته‌ای به قند تبدیل و به این دانه‌ها منتقل می‌شـود (Dastan et al., 2014). افزایش عملکرد دانه در نظام کاشت پرنهاده و رایج در مقایسه بـا سـایر نظـام‌هـای کاشـت، بـه‌دلیـل بهبـود صـفات مورفولوژیـک، فیزیولوژیـک و ویژگـی‌هـای زراعـی گیـاه بـرنج و همچنین بهبود رشد و فعالیت ریشه‌ها در جذب آب و مواد غذایی بوده که منجر به تأخیر در پیـری بـرگ و ایجاد نرخ فتوسنتز بالاتر شد (Thakur et al., 2011; Thakur et al., 2010; Hamed et al., 2011a). همچنین، دیگر محققان افزایش عملکرد دانه در نظـام کاشـت فشـرده را بـه دلیـل اثـرات افزایشـی و تـوأم مدیریت آبیاری متناوب، استفاده از نشاهای جـوان ۴-۳ برگی، کاشت یک نشا در کپه بـا فواصـل بیشـتر و الگوی کشت مربعی و استفاده از کودهای آلی گزارش کردند (Stoop, 2005). عملکـرد گیـاه را مـی‌تـوان از طریق افزایش کل ماده خشک تولیدی یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی که همـان ضـریب برداشـت اسـت افزایش داد. افزایش عملکرد در غلات دانه‌ریز عمـدتاً به‌دلیل افزایش شاخص برداشت است. به‌عبارت دیگر گیاه ماده خشک اضافی تولید نمی‌کند، بلکـه قسـمت زیادی از ماده خشک به عملکرد شـلتوک اختصـاص مـی‌یابـد. محققـان گـزارش کردنـد در روش کاشـت فشرده گیـاه دارای رشـد بهتـر ریشـه و انتقـال شـیره پرورده بالاتر از طریق آوندها بود کـه موجـب فـراهم کردن محتوای کلروفیل بیش‌تر برای برگ‌های پـایینی گیـاه شـده و افـزایش فتوسـنتز را موجـب گردیـد. همچنین، ارقام برنج بـه‌علّـت سـاختار تـاج‌پوشـش و شاخص سطح برگ مطلوب، بیش‌ترین میـزان جـذب نـور را داشـتند و در نتیجـه در روش کاشـت فشـرده موجـب افـزایش معنـی‌دار شـاخص برداشـت شـد (Adusumilli and Laxmi, 2011; Chapagain et al., 2011).

درصد برنج سالم از نظر بازار پسندی حایز اهمیت است. در زمان آسیاب کردن، میزان برنج کامـل ارقـام بیش‌تر باشد، کارایی تبدیل برنج سالم بـالاتر خواهنـد بود. در آزمایش Xu et al (2005) کیفیت دانه برنج در دو نظام کاشت رایج و فشرده به‌طور معنی‌داری تحت اثر وارد شدن زودهنگام یا دیرهنگام گیـاه بـه مرحلـه ظهور خوشه قرار گرفت و با تأخیر در وارد شـدن بـه مرحله خوشه‌دهی کیفیت دانه کاهش یافت. همچنین، نظام کاشت فشرده موجب بهبود کیفیـت دانـه بـرنج، به‌ویژه باعث افزایش بـرنج سـفید آسـیاب و کـاهش درصد گچی شدن دانه شد (Xu et al., 2005). نتـایج

مشابهی توسط دیگر محققان گزارش شد (Sharif, 2011; Stoop, 2005).

درصد پوسته یکی از عوامل تبدیل در برنج درصد پوسته بوده و هرچه درصد پوسته کم‌تر باشد بر میزان برنج سفید اضافه می‌شود. درصد خوشه‌چه پوک در خوشه در نظام کاشت فشرده حدود ۲۵ درصد کمتر از نظام کاشت رایج بود که می‌تواند به‌دلیل سایه‌اندازی و رقابت درون بوته‌ای و برون بوته‌ای در تراکم‌های بالاتر و جذب کم‌تر مواد غذایی توسط گیاه اصلی باشد (Hameed et al., 2011a,b). کاهش درصد خوشه‌چه‌های پوک به‌دلیل افزایش درصد خوشه‌چه پر در خوشه و افزایش وزن دانه باشد که ممکن است تغییری در اندازه آن ایجاد نشود. همچنین، افزایش کارایی تبدیل برنج و درصد برنج سفید و آسیاب شده سالم و بدون شکستگی در نظام کاشت فشرده حاصل شد (Sharif, 2011). اندازه‌گیری این ویژگی تکمیل کننده آزمون تعیین آمیلوز بوده که نشان‌دهنده میزان حرکت ژل برنج پخته شده است. قوام یا غلظت ژل، اندازه‌گیری دقیق سختی و چسبندگی برنج پخته شده را نشان می‌دهد. صفات کیفی گیاه برنج تحت اثر نظام کاشت فشرده بهبود و توسعه یافتند و افزایش قابل ملاحظه‌ای در کیفیت برنج حاصل شد (Sharif, 2011; Stoop, 2005). تعیین دمای ژلاتینه‌شدن نشاسته آندوسپرم نیز، یک آزمایش مهم برای تعیین کیفیت پخت در برنج است. در واقع، دمایی که نشاسته ژلاتینه می‌شود یک عامل مهم کیفی بوده که ارتباط با مدت زمان پخت و ماهیت برنج پخته شده دارد. هرچه دمای ژلاتینه‌شدن بالاتر باشد در طبقه‌بندی کیفی، رقم در رتبه پایین‌تر قرار می‌گیرد. صفات کیفی گیاه برنج تحت اثر نظام کاشت فشرده بهبود یافت که اثر معنی‌داری بر کیفیت دانه برنج داشت (Xu et al., 2005).

نتیجه‌گیری نهایی

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد نظام کاشت پرنهاده به‌علت مصرف بالای نهاده‌ها و همچنین آرایش کاشت مربعی ۲۰×۲۰ سانتی‌متر دارای بیشترین طول خوشه، تعداد پنجه در کپه، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد خوشه‌چه در خوشه، درصد خوشه‌چه پر در خوشه بود که منجر به افزایش عملکرد شلتوک شد. از نظر عملکرد و اجزای عملکرد نظام کاشت رایج در رتبه دوم بعد از نظام کاشت پرنهاده قرار گرفت که علت اصلی را می‌توان به مصرف بالاتر نهاده‌ها در مقایسه با دیگر نظام‌های کاشت در حال گذار، ارگانیک و کم‌نهاده عنوان کرد. نظام‌های کاشت ارگانیک، در حال گذار و کم‌نهاده باعث بهبود صفات مرتبط با پخت دانه شده و به‌دلیل مصرف کود دامی و ورمی‌کمپوست منجر به آزاد شدن تدریجی عناصر شده که در اختیار گیاه قرار گرفته و در نتیجه باعث افزایش جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد. همچنین، با مقایسه بین ارقام مشاهده شد که دو رقم سنگ طارم و طارم هاشمی از نظر شاخص‌های زراعی و عملکرد شرایط بهتری را داشتند، ولی رقم طارم محلی از نظر جذب عناصر موفق‌تر بود.

References

Adusumilli, R. and Laxmi, S.B. (2011). Potential of the system of rice intensification for systemic improvement in rice production and water use: the case of Andhra Pradesh, India. Paddy and Water Environment. 9: 89-97.

Anas, I., Rupela, O.P., Thiyagarajan, T.M. and Uphoff, N. (2011). A review of studies on SRI effects on beneficial organisms in rice soil rhizospheres. Paddy and Water Environment. 9(1): 53-64.

Anitha, S. and Chellappan, M. (2011). Comparison of the system of rice intensification (SRI), recommended practices, and farmers' methods of rice (*Oryza sativa*) production in the humid tropics of Kerala, India. Journal of Tropical Agriculture. 49(1/2): 64-71.

Chapagain, T., Riseman, A. and Yamaji, E. (2011). Achieving more with less water: Alternate wet and dry irrigation (AWDI) as an alternative to the conventional water management practices in rice farming. Journal of Agricultural Science. 3(3): 3-13.

Dastan, S., Noormohamadi, G. and Madani, H. (2014). Comparison of agronomical traits of four rice genotypes in cropping systems at Neka region. Agricultural Crop Management. 16(2): 231-246. (In Persian)

Dastan, S., Noormohamadi, G., Madani, H. and Soltani, A. (2015a). Analysis of energy indices in rice production systems in the Neka region. Environmental Sciences. 13(1): 53-66. (In Persian)

Dastan, S., Noormohamadi, G., Madani, H., Ebrahimi, M. and Yasari, E. (2016b). Investigation of growth and phenology of main crop and ratoon of rice cultivars in differents cropping systems. Plant Production Technology. 8(1): 81-101. (In Persian)

Dastan, S., Siavoshi, M., Zakavi, D., Ghanbari Malidarreh, A., Yadi, R., Ghorbannia, E. and Nasiri, A. (2012). Application of nitrogen and silicon rates on morphological and chemical lodging related characteristics in rice (*Oryza sativa*) at the north of Iran. Journal of Agriculture Science. 4(6): 12-18.

Dastan, S., Soltani, A. and Alimagham, M. (2017). Documenting the process of local rice cultivars production in two conventional and semi-mechanized planting methods in Mazandaran province. Cereal Research. 7(4): 485-502. (In Persian)

Dastan, S., Soltani, A., Noormohamadi, G. and Madani, H. (2015b). CO_2 emission and global warming potential (GWP) of energy consumption in paddy field production systems. Journal of Agroecology. 6(4): 823-835. (In Persian)

Dastan, S., Soltani, A., Noormohamadi, G., Madani, H. and Yadi, R. (2016a). Estimation of the carbon footprint and global warming potential in rice production systems. Environmental Sciences. 14(1): 19-22. (In Persian)

Dobermann, A. (2005). Nitrogen use efficiency - State of the art. IFA International Workshop on Enhanced - Efficiency Fertilizers Frankfurt, Germany, 28-30 June.

Fageria, N.K., Gheyi, H.R. and Carvalho, C.S. (2014). Yield, potassium uptake, and use efficiency in upland rice genotypes. II INOVAGRI International Meeting, 13-16 April, Fortaleza, Brazil. pp 4515-4520.

Farooq, M., Kobayashi, N., Wahid, A., Ito, O. and Basra, S.M.A. (2009). Strategies for producing more rice with less water. Advances in Agronomy 101: 351-388.

Gholami Rezvani, N., Esfahani, M., Kabii Rahnama, Sh., Alami, A., Nahvi, M. and Alizadeh, M.R. (2013). Effect of seed rate on yield and lodging related morphological traits of rice cv. Hashemi in direct seeding methods. Seed and Plant Production Journal. 2-30(1): 61-85. (In Persian)

Habibi, E., Niknejad, Y., Fallah, H., Dastan, S. and Barari Tari, D. (2019). Life cycle assessment of rice production systems in different paddy field size levels in north of Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 191:202. https://doi.org/10.1007/s10661-019-7344-0.

Habibi, F., Yekta, M., Adeli, F., Foroughi, M., Nouri, L. and Mohseni, T. (2014). Improving amylose content investigation methods of rice grain by ISO 6647 method. Technical Journal No. 6. Rice Research Institute of Iran. 18 pp. (In Persian)

Haden, V., Duxbury, R.J.M., Di Tommaso, A. and Losey, J.E. (2007). Weed community dynamics in the System of Rice Intensification (SRI) and the efficacy of mechanical cultivation and competitive rice cultivars for weed control in Indonesia. Journal of Sustainable Agriculture. 30(4): 5-26.

Hameed, K.A., Jaber, F.A., Hadi, A.Y., Elewi, J.A. and Uphoff, N. (2011b). Application of System of Rice Intensification (SRI) methods on productivity of Jasmine rice variety in southern Iraq. Jordan Journal of Agricultural Sciences. 7(3): 474-481.

Hameed, K.A., Mosa, A.K.J. and Jabe, F.A. (2011a). Irrigation water reduction using System of Rice Intensification compared with conventional cultivation methods in Iraq. Paddy and Water Environment. 9: 121-127.

Hasanjani, H., Hoseini Chaleshtari, M., Khadem-Alhoseini, N.A. and Alizadeh, M.R. (2007). Evaluation of different rice harvesting methods in Guilan province. Agricultural Journal. 9(1): 23-38. (In Persian)

IRRI. (1996). International Rice Research Institute. Rice reporter, Jun. 96. Manila, Philippines.

Islam, M.S., Peng, S., Visperas, R., Ereful, N., Bhuiya, M.S.U. and Julfiquar, A.W. (2007). Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecomethod. Field Crops Research. 101: 240-248.

Kashiwagi, T. and Ishimaru, K. (2004). Identification and analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. Plant Physiology. 134: 676-683.

Martre, P., Porter, J.R., Jamieson, P.D. and Triboi, E. (2003). Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. Plant Physiology. 133: 1959-1967.

Monajem, S., Ranji, A., Khani, M., Atari, H. and Dorosti, H. (2013). Evaluation of rice production systems in Guilan province by using of Analytical Hierarchy Process (AHP). Cereal Research. 3(3): 255-266. (In Persian)

Ramazani, A., Sorooshzadeh, A. and Solhi, M. (2016). Effect of cultivation systems and zinc foliar application on yield, yield components and water consumption of rice. Cereal Research. 6(1): 43-55. (In Persian)

Samonte, S.O., Wilson, L.T., Medley, J.C., Pinson, S.R.M., McClung, A.M. and Lales, J.S. (2006). Nitrogen utilization efficiency: relationships with grain yield, grain protein, and yield-related traits in rice. Agronomy Journal. 98: 168-176.

Sharif, A. (2011). Technical adaptations for mechanized SRI production to achieve water saving and increased profitability in Punjab, Pakistan. Paddy and Water Environment. 9: 111-119.

Stoop, W.A. (2005). The System of Rice Intensification (SRI). Results from exploratory field research in livery coast research needs and prospects for adaptation to diver's production systems of resource-poor farmers. West African Rice Development Association (WARDA).

Stoop, W.A. and Kassam, A.H. (2006). The System of Rice Intensification (SRI), Implications for Agronomic Research. Published in Tropical Agriculture Association Newsletter.

Styger, E., Aboubacrine, G., Attaher, M.A. and Uphoff, N. (2011b). The system of rice intensification as a sustainable agricultural innovation: introducing, adapting and scaling up a system of rice intensification practices in the Timbuktu region of Mali. International Journal of Agricultural Sustainability. 9(1): 67-75.

Styger, E., Attaher, M.A., Guindo, H., Ibrahim, H., Diaty, M., Abba, I. and Traore, M. (2011a). Application of system of rice intensification practices in the arid environment of the Timbuktu region in Mali. Paddy and Water Environment. 9: 137-144.

Thakur, A.K., Rath, S., Patil, D.U. and Kumar, A. (2011). Effects on rice plant morphology and physiology of water and associated management practices of the system of rice intensification and their implications for crop performance. Paddy and Water Environment. 9: 13-24.

Thakur, A.K., Uphoff, N. and Antony, E. (2010). An assessment of physiological effects of system of rice intensification (SRI) practices compared to recommend rice cultivated practices in India. In: Experimental Agriculture. 46: 77-98.

Thomas, V. and Ramzi, A.M. 2011. SRI contributions to rice production dealing with water management constraints in northeastern Afghanistan. Paddy and Water Environment. 9: 101-109.

Torabi, M.H., Soltani, A., Dastan, S. and Ajam Norouzi, H. (2019). Assessment of energy flow, carbon saving, and greenhouse gas emission in rice production scenarios. Environmental Sciences. 16(4): 187-212. (In Persian)

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral-detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.

Veeramani, P., Durai Singh, R. and Subrahmaniyan, K. 2012. Study of phyllochron System of Rice Intensification (SRI) technique. Agricultural Science Research Journal. 2(6): 329-334.

Veeraputhiran, R., Balasubramanian, R., Pandian, B.J., Chelladurai, M., Tamilselvi, R. and Renganathan, V.J. (2012). Influence of System of Rice Intensification on yield, water use and economics through farmers participatory approach. Madras Agricultural Journal. 99(4/6): 251-254.

Veisi, H., Khoshbakht, K. and Mahdavi Damghani, A.M. (2009). Rice ecosystem sustainability in Mazandaran province: Agro-technical characteristics. Environmental Sciences. 6(4): 135-144. (In Persian)

Xu, F., Ma, J., Wang, H., Liu, H., Huang, Q. and Ma, W. (2005). Rice quality under the cultivation of SRI. Acta Agronomica Sinica. 31: 577-582.

Yadi, R., Siavoshi, M., Mobasser, H.R., Dastan, S. and Nasiri, A.R. (2012). Effect of plant density on morphologic characteristics related to lodging and yield components in different rice varieties (*Oryza sativa*). Journal of Agriculture Science. 4(1): 31-38.