

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کاشت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، عملکرد دانه و راندمان تبدیل
برنج (*Oryza sativa* L.) رقم هاشمی

Effect of tillage and planting methods on soil physical properties, grain yield
and milling recovery of rice (*Oryza sativa* L. cv. Hashemi)

مینا ابراهیمی^۱، مجید مجیدیان^۲ و محمدرضا علیزاده^۳

چکیده

ابراهیمی، م.، م. مجیدیان و م. ر. علیزاده. ۱۳۹۹. اثر روش‌های خاک‌ورزی و کاشت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک، عملکرد دانه و راندمان تبدیل برنج (*Oryza sativa* L.) رقم هاشمی. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲(۱): ۸۰-۶۶.

به منظور بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی و کاشت بر ویژگی‌های خاک، عملکرد دانه و خصوصیات تبدیل برنج، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح: روتاری تراکتوری، خاک‌همزن مرسوم تیلری و پادلر دوار تیلری، به عنوان عامل اصلی و روش‌های کاشت در سه سطح: نشاکاری دستی، نشاکاری با ماشین نشاکار و کاشت مستقیم بذر در خاک غرقاب، به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تیمارهای خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عمق نفوذ مخروطی و چگالی خاک داشتند. بیشترین عمق نفوذ مخروطی (۱۰/۸۶ سانتی‌متر) و کمترین چگالی ظاهری (۰/۸۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در خاک‌ورزی با روتاری تراکتوری بدست آمد. نتایج نشان داد که صفات ارتفاع بوته (۱۴۴/۰۱ سانتی‌متر) و تعداد پنجه (۳۴۴ پنجه در متر مربع) در کاشت مستقیم بذر به طور معنی‌داری بیشتر از روش‌های کاشت نشاکاری ماشینی و دستی بود. بالاترین شاخص برداشت و مقاومت فشاری (به ترتیب ۴۹/۲ درصد و ۵/۷۳ نیوتن) در نشاکاری ماشینی بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاشت مستقیم بذر و نشاکاری دستی داشت. حداکثر تعداد خوشه در متر مربع در کاشت مستقیم بذر (۲۸۸ خوشه در متر مربع) و نشاکاری ماشینی (۲۸۴ خوشه در متر مربع) بدست آمد که با نشاکاری دستی (۲۶۱ خوشه در متر مربع) تفاوت معنی‌داری داشت. روش‌های خاک‌ورزی، کاشت و برهمکنش آنها اثر معنی‌داری بر میزان دانه‌های سالم، خرد و راندمان تبدیل نداشتند. نتایج این آزمایش نشان داد که در خاک‌ورزی با استفاده از خاک‌همزن‌های تیلری و روش‌های کاشت نشاکاری ماشینی و کاشت مستقیم بذر می‌توان علاوه بر حفظ ویژگی‌های فیزیکی خاک، عملکرد دانه مناسبی در برنج بدست آورد.

واژه‌های کلیدی: برنج، خاک‌ورزی، کاشت مستقیم بذر، مقاومت فشاری و نشاکاری ماشینی.

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۰

۱- دانشجوی دکتری دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

۲- دانشیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان. (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: ma_majidian@guilan.ac.ir)

۳- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین غلات و غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان است و در بیش از ۹۵ کشور جهان کشت می‌شود (Liu *et al.*, 2014). خاک‌ورزی قدیمی‌ترین و مؤثرترین فعالیت زراعی محسوب می‌شود که باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک و ویژگی‌های ریشه‌ای بوته‌های برنج و افزایش عملکرد آن می‌شود (Badshah *et al.*, 2014). خاک‌ورزی شیوه‌ای برای هم‌زدن خاک و فراهم شدن شرایط برای کاشت گیاه بوده و یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد در برنج است (Khan *et al.*, 2010). اجرای بیش از حد و غیرضروری خاک‌ورزی اغلب برای خاک مضر بوده و باعث تخریب خاک، اختلال در پیوستگی خلل و فرج خاک، کاهش مقدار بقایای گیاهی در سطح خاک و به طور کلی کاهش کیفیت خاک می‌گردد (Yaduvanshi and Sharma, 2008). انتخاب نوع ادوات برای اجرای خاک‌ورزی بر اساس شرایط هر منطقه از جمله آب و هوا، نوع خاک، نوع بقایای گیاهی، نیروی کشتی در دسترس و غیره، در بسیاری از مناطق دنیا و از جمله در ایران نیاز به بررسی و پژوهش دارد. روش مطلوب تهیه زمین، شیوه‌ای است که با کمترین دفعات تردد ماشین در زمین و صرف زمان، انرژی و هزینه کمتر، بستری مناسب برای کاشت و رشد گیاه، نفوذ آب و تهویه بهتر خاک فراهم شود، بقایای گیاهی به شکل مناسبی با خاک مخلوط شوند و از فرسایش خاک جلوگیری شود. این روش می‌تواند در عملکرد نهایی محصول تأثیر زیادی داشته باشد (Habibi-Asl and Gilani, 2014). در خاک‌ورزی مرسوم برای نشاکاری برنج و همچنین در کاشت مستقیم بذور جوانه‌دار شده برنج، زمین با اجرای گلخراپی خاک آماده می‌شود (Alizadeh, 2015). نتایج آزمایش‌های علیزاده (Alizadeh, 2015) در ارزیابی اثر سه

نوع دستگاه خاک‌ورز تیلری شامل خاک همزن مرسوم، روتیوار تیلری و پادلر مخروطی با یک و دوبار عبور در عملیات گلخراپی بر تراکم علف‌های هرز در مزرعه برنج نشان داد که علاوه بر تفاوت معنی‌دار بین نوع ادوات شخم، دفعات گلخراپی نیز بر تراکم علف‌های هرز تأثیر داشتند.

در زراعت برنج استقرار گیاهچه یک مرحله کلیدی در تولید و تعیین‌کننده بهره‌وری و سودآوری کشت می‌باشد. در انطباق با شرایط اکولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی، چندین روش استقرار گیاهچه بصورت کاشت مستقیم بذر در مزرعه و نشاکاری وجود دارند (Horgan *et al.*, 2014). کاشت برنج می‌تواند روی بسترهای خزانه یا سینی‌های نشا انجام و گیاهچه‌ها در سنین مختلف بصورت دستی (سنتی) و یا ماشینی نشاکاری شوند. در اکثر کشورها نشاکاری برنج به روش سنتی اجرا می‌شود که در مقایسه با روش‌های ماشینی نیاز به انرژی و نیروی کار بیشتری داشته و این موضوع باعث تمایل کشاورزان به تغییر به سمت کاشت مستقیم بذر و نشاکاری ماشینی شده است (Chen *et al.*, 2017). کاشت مستقیم بذر برنج در حال حاضر در آمریکا، اروپای غربی، ژاپن و هندوستان مرسوم است. در ایران، کاشت مستقیم در خوزستان، اهر، مشکین شهر، میانه، کرخه و بعضی از قسمت‌های آذربایجان شرقی رایج است. کاشت مستقیم به دلیل بازده اقتصادی مناسب، کاشت سریع‌تر و آسان‌تر، بکارگیری نیروی انسانی کم‌تر، بازده مناسب‌تر آب، قابلیت اجرای ماشینی بیشتر و طول دوره رشد کوتاه‌تر نسبت به کاشت نشایی، تمایل کشاورزان به کاشت مستقیم برنج را در سال‌های اخیر افزایش داده است، اما بزرگ‌ترین عامل محدودکننده در کاشت مستقیم، هجوم بالای علف‌های هرز است (Farooq *et al.*, 2011). در پژوهشی با عنوان اثر نرخ بذر، مدیریت علف‌های هرز و روش استقرار بذر در خاک بر عملکرد برنج، در صورت مبارزه با

خاک‌ورزی) داشت. علا و همکاران (Ala et al., 2014) گزارش نمودند که تفاوت عملکرد برنج در روش‌های کاشت عمدتاً مربوط به مدیریت علف‌های هرز بوده و چنانچه علف‌های هرز کنترل شوند، بین دو شیوه کاشت مستقیم و نشاکاری تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و حتی در برخی مواقع عملکرد دانه در کاشت مستقیم بیشتر بود. گانگوار و همکاران (Gangwar et al., 2008) نیز گزارش کردند که بوته‌های برنج در کاشت مستقیم بذر تجمع ماده خشک ساقه و ریشه بیشتری نسبت به بوته‌های رشد یافته در نشاکاری دستی و ماشینی داشتند. بعلاوه در نشاکاری ماشینی، گیاهچه‌ها با استقرار در عمق و فواصل یکنواخت، پنجه‌های بیشتری نسبت به نشاکاری دستی تولید کردند.

با توجه به این که کشاورزان در مناطق شمال کشور از روش‌ها و ادوات مختلف تراکتوری و تیلری برای عملیات آماده‌سازی زمین برنج استفاده می‌کنند، انتخاب شیوه‌های مناسب خاک‌ورزی می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شود. با توجه به اینکه اطلاعات نسبتاً قابل توجهی در خصوص اثر کاشت مستقیم بذر و نشاکاری برنج وجود دارد، اما تحقیقات اندکی درباره اثرات توام روش‌های خاک‌ورزی و کاشت بر عملکرد دانه انجام شده است. پژوهش حاضر به منظور بررسی برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی و کاشت بر ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های زراعی و عملکرد دانه برنج رقم هاشمی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در پنج کیلومتری رشت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و در ارتفاع هفت متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

علف‌های هرز، عملکرد دانه در روش کاشت مستقیم با ماشین، مشابه روش نشاکاری بود و استفاده از بذر جوانه‌زده نیز باعث افزایش موفقیت کاشت مستقیم شد (Sinha et al., 2008). ایوانی و همکاران (Ivani et al., 2014) در مقایسه روش‌های کاشت گزارش کردند که بین نشاکاری دستی، کاشت مستقیم بذر به صورت دست‌پاش و با استفاده از ماشین خطی کار، به ترتیب کشت مستقیم بذر به صورت دست‌پاش، کشت مستقیم با ماشین و نشاکاری دستی، بیشترین کاهش عملکرد را داشتند. کاشت مستقیم برنج به مراتب هزینه‌های کارگری کمتر، پنجه‌دهی و رسیدگی زودتر محصول و برداشت زودتر نسبت به نشاکاری و همچنین استقرار به موقع گیاهان بعد از برنج را داشته، اما چالش‌هایی از قبیل کنترل علف‌های هرز، خوابیدگی (ورس) بوته‌ها، کاهش عملکرد و کیفیت دانه را به همراه دارد (Farooq et al., 2011). نشاکاری برنج علف‌های هرز را بهتر کنترل می‌کند، اما بوته‌ها در اثر شوک نشاکاری (ناشی از ریشه‌کن شدن گیاهچه‌ها از خزانه و نشاکاری در زمین اصلی)، در ابتدای فصل توسعه کندی داشته و باعث کاهش عملکرد با درجات مختلف می‌شود (Sangeetha and Baskar, 2015). به طور کلی روش‌های مختلف استقرار گیاهچه با روش‌های مختلف زراعی از نظر خاک‌ورزی اولیه، آماده‌سازی بستر بذر، تراکم بوته، تاریخ نشاکاری، وجین و مدیریت آب همراه است (Li et al., 2016). این روش‌ها اثر مستقیمی بر ویژگی‌های گیاهچه و رشد پنجه‌ها در مرحله رویشی و طول دوره رشد، تجمع ماده خشک، جذب نیتروژن و عملکرد دانه دارند (Ali et al., 2015). بادشاه و همکاران (Badshah et al., 2014) در بررسی واکنش عملکرد دانه و پنجه‌زنی برنج هیبرید در روش‌های خاک‌ورزی و استقرار گیاه گزارش نمودند که کاشت مستقیم بذر در مراحل حداکثر پنجه‌زنی و رسیدگی، ۲۲ درصد پنجه‌زنی بیشتری از نشاکاری (صرف نظر از روش

محل اجرای آزمایش در آزمایشگاه بخش آب و خاک موسسه تحقیقات برنج کشور تعیین شد (جدول ۱). میزان دما و بارندگی منطقه در طول اجرای آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. میانگین دما در هر دو سال آزمایش مشابه، اما متوسط بارندگی در سال دوم آزمایش (۱۳۹۷) بالاتر از سال اول (۱۳۹۶) بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل روش‌های خاک‌ورزی در سه سطح (روتاری تراکتوری، خاک‌همزن مرسوم تیلری و پادلر دوار تیلری) به عنوان عامل اصلی و روش‌های کاشت در سه سطح (نشاکاری دستی، نشاکاری با ماشین نشاکار و بکاشت مستقیم بذر در خاک غرقاب) به عنوان عامل فرعی بودند.

تهیه خزانه برای تیمارهای نشاکاری دستی و ماشینی در تاریخ ۱۳۹۶/۱/۲۵ و ۱۳۹۷/۱/۲۵ و نشاکاری و کاشت مستقیم بذر به طور همزمان در تاریخ ۱۳۹۶/۲/۲۳ و ۱۳۹۷/۲/۲۳ انجام شد. آزمایش در قطعه زمینی به مساحت ۱۳۵۰ متر مربع شامل ۲۷ کرت به ابعاد ۱۰ × ۵ متر (ابعاد کرت‌های اصلی و فرعی به ترتیب: طول ۳۰ و ۱۰ متر و عرض پنج متر) اجرا شد. فواصل بوته‌ها در هر سه روش کاشت ۱۵ × ۳۰ سانتی‌متر با تراکم ۲۲ بوته در متر مربع بود که در دور روش نشاکاری دستی و ماشینی بصورت ۲ تا ۳ گیاهچه در هر کپه بود. در کشت مستقیم بذور جوانه‌دار شده به تعداد ۳ تا ۴ بذر در زمین گلخراب کاشته شدند. برای جوانه‌دار کردن، بذرها ۲۴ ساعت خیسانده شده و سپس در دمای تقریبی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵ درصد به مدت ۴۸ ساعت نگه‌داری شدند تا جوانه بزنند. پس از سبز شدن گیاهچه‌ها، سه بوته در هر کپه نگه داشته شدند. شخم اول با گاو آهن برگردان‌دار تراکتوری در همه تیمارها در عمق یکسان اجرا شد و سپس عملیات گلخرابی در هر کرت مطابق تیمار آزمایشی مورد نظر انجام گرفت. در این آزمایش از

برنج بومی رقم هاشمی استفاده شد. این رقم پابلند (حدود ۱۴۰ سانتی‌متر)، با طول دوره رسیدگی ۱۲۰ روز، ساقه نازک، حساس به کرم ساقه‌خوار برنج و خاصیت کودپذیری پایین با کیفیت پخت عالی و بازارپسندی خوب، به عنوان یکی از ارقام مورد پسند کشاورزان برای کاشت است. جهت تأمین نیاز کودی گیاه، کود نیتروژن (از منبع اوره) به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار (۵۰ درصد در زمان کاشت و ۵۰ درصد در مرحله پنجه‌زنی)، کود فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه در هنگام کاشت و کود پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه به زمین داده شدند. به منظور کنترل علف‌های هرز از علف‌کش بوتاکلر به مقدار مناسب (سه لیتر در هکتار) به صورت پس از کاشت و وجین دستی استفاده شد. بعلاوه زمانی که گیاهچه‌ها در کرت‌های کشت مستقیم به مرحله سه تا چهار برگی رسیدند، از علف‌کش کانسیل اکتیو به میزان ۱۵۰ گرم در هکتار استفاده شد. نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی کامل بعد از حذف حاشیه‌ها از ردیف‌های میانی کرت‌ها صورت گرفت. نحوه نمونه‌برداری بدین صورت بود که کلیه بوته‌ها در مساحت یک متر مربع بطور تصادفی برداشت شد. پس از برداشت، نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری شاخص برداشت، وزن خشک نمونه‌ها بطور جداگانه در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشکانده شده و سپس توزین و عملکرد بیولوژیک و دانه آنها محاسبه گردید. جهت تعیین اجزای عملکرد بوته‌های ۱۰ کپه از هر کرت به طور تصادفی و با در نظر گرفتن حاشیه، به صورت دستی کف‌بر شده و صفات تعداد پنجه در بوته، تعداد خوشه در مترمربع، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه در هر بوته به طور جداگانه اندازه‌گیری و میانگین آنها به عنوان صفت مورد نظر ثبت گردید. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، از پائین

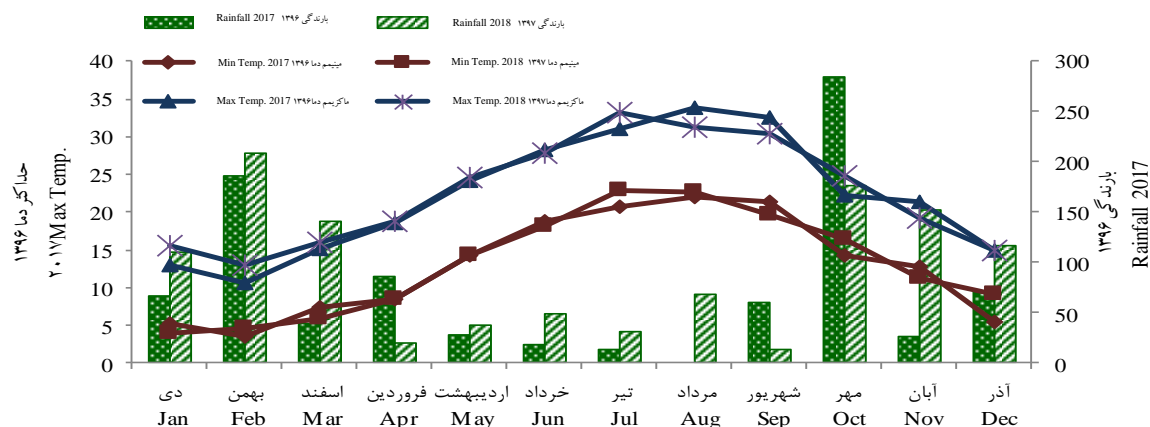
طوقه تا نوک ساقه اصلی در ۱۰ بوته با استفاده از خط‌کش مدرج اندازه‌گیری و سپس میانگین آنها به عنوان ارتفاع نهایی بوته تعیین شد. برای اندازه‌گیری خصوصیات تبدیل، از محصول هر کرت، به مقدار ۱۵۰ گرم نمونه دانه (شلتوک) انتخاب و در آن در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت تا رطوبت حدود نه درصد خشکانده شد. نمونه‌های خشک شده با استفاده از پوست کن آزمایشگاهی نوع غلتک لاستیکی (Satake Eng. Co. Ltd., Japan) پوست‌گیری و برنج قهوه‌ای حاصل با استفاده از سفیدکن نوع مالشی (اصطکاکی) (McGill Miller, USA) سفید شدند. با استفاده از الک دوار (ایندنت) آزمایشگاهی

بزرگتر از سه چهارم طول برنج کامل) از برنج خرد جدا شده و توزین شد. میزان برنج سالم (درصد)، میزان برنج خرد (درصد) و راندمان تبدیل از نسبت میزان برنج سفید به کل شلتوک برای تیمارهای مختلف بدست آمد. اندازه‌گیری مقاومت فشاری در مزرعه با انتخاب ۱۰ بوته از هر کرت در مرحله رسیدگی انجام شده و با وارد کردن فشار به بوته (در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از کف زمین) جهت خواباندن گیاه از حالت عمودی به میل (تا زاویه ۴۵ درجه)، با استفاده از نیروسنج دیجیتال (Lutron FG-500 A, Taiwan) انجام شد (Kashiwagi and Ishimaru, 2004).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil in experiment site

بافت خاک Texture	پتاسیم قابل جذب K (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب P (mg.kg ⁻¹)	نیترژن کل N (%)	کربن آلی O.C (%)	SP%	pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
Silty Clay رسی - سیلتی	280	7.8	0.22	2.31	74	7.34	1.85



شکل ۱- میانگین دما و بارندگی ماهیانه در طول دوره رشد گیاه برنج (۱۳۹۶-۱۳۹۷)

Fig. 1. Monthly mean temperature and rainfall during rice plant growth (2017-2018)

که بعد از اجرای عملیات گلخراپی در هر تیمار با رها کردن مخروط فلزی استاندارد به وزن حدود ۱۱۵ گرم از ارتفاع یک متری از سطح خاک، میزان نفوذ مخروط در خاک به عنوان شاخصی از مقاومت خاک ثبت شد.

برای تعیین عمق نفوذ مخروط فلزی یا شاخص مخروطی (Cone index) در خاک گلخراپ شده، از روش توصیه شده سالوخه و رامالینگام (Salokhe and Ramalingam, 2001) استفاده شد، به این ترتیب

خاک ورزی در روش کاشت بر عمق نفوذ مخروط سقوطی معنی دار بود. خاک ورزی با روتاری تراکتوری بیشترین عمق نفوذ مخروط سقوطی را داشت و در سایر روش های خاک ورزی تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۲). عمق نفوذ مخروط در یک خاک گلخراب شده که به عنوان شاخصی برای مقاومت به نفوذ ریشه محسوب می شود، به عواملی مانند رطوبت، بافت و ساختمان خاک و نیز شرایط آماده سازی خاک بستگی دارد. افزایش شدت و میزان به هم خوردگی خاک در شرایط استفاده از ادوات تراکتوری، باعث پایین رفتن عمق لایه سخت و نفوذ بیشتر مخروط در خاک گلخراب می شود (Alizadeh, 2015).

نتایج نشان داد که چگالی ظاهری خاک در تیمار روتاری تراکتوری (۰/۸۶ گرم بر سانتی متر مکعب) به طور معنی داری کمتر از دو روش دیگر خاک ورزی بود (جدول ۲). این موضوع را می توان به شدت بیشتر برخورد تیغه های روتاری تراکتوری با خاک نسبت داد که باعث به هم خوردگی بیشتر خاک در شرایط غرقابی و کاهش بیشتر چگالی ظاهری خاک سطحی شد. نتایج تحقیقات علیزاده (Alizadeh, 2015) نیز روند مشابهی را نشان داد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که روش های خاک ورزی اثر معنی داری بر ویژگی های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد نداشتند. معنی دار نبودن تفاوت میانگین صفات مورد بررسی برای روش های مختلف خاک ورزی نشان دهنده این

برای تعیین چگالی ظاهری خاک (ρ_b)، با استفاده از استوانه های نمونه گیری که وزن و حجم آن ها مشخص است، نمونه های دست نخورده پس از عملیات گلخرابی تهیه و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد خشکانده و توزین شدند. چگالی ظاهری خاک از رابطه زیر به دست آمد:

$$\rho_b = W_s / V_t \quad (\text{رابطه ۱})$$

ρ_b = چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)

W_s = وزن خاک خشک (گرم)

V_t = حجم خاک (سانتی متر مکعب)

قبل از تجزیه مرکب داده ها، به منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. تجزیه واریانس و محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تیمارهای خاک ورزی اثر معنی داری بر عمق نفوذ مخروط سقوطی و چگالی ظاهری خاک داشتند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها، بیشترین عمق نفوذ مخروط در خاک ورزی با روتاری تراکتوری و کمترین مقدار آن در خاک همزن مرسوم تیلری (به ترتیب ۱۰/۸۶ و ۹/۰۹ سانتی متر) مشاهده شد (جدول ۲). برهمکنش

جدول ۲- مقایسه میانگین عمق نفوذ سقوطی و چگالی خاک در تیمارهای خاک ورزی در خاک گلخراب شالیزار

Table 2. Mean comparison of penetrating depth of falling cone and bulk density in tillage treatments in puddled soil

Treatments	تیمارهای آزمایشی	نفوذ مخروط سقوطی Penetrating depth of falling cone (cm)	چگالی ظاهری Bulk density (kg.m ⁻³)
Rotary tractor	روتاری تراکتوری	10.86a	0.86b
Power tiller rotary puddler	پادلر دوار تیلری	9.15b	0.96a
Power tiller conventional puddler	خاک همزن مرسوم تیلری	9.09b	0.95a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

(Parameswari *et al.*, 2014).

بین روش‌های کاشت و استقرار بوته از نظر تعداد پنجه در واحد سطح تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. بیشترین تعداد پنجه در واحد سطح (۳۴۴ پنجه در مترمربع) مربوط به کاشت مستقیم بذر و کمترین میزان آن (۲۶۸ پنجه در مترمربع) مربوط به نشاکاری دستی بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که نشاکاری نسبت به کاشت مستقیم به دلیل شوک نشاکاری، به زمان بیشتری برای تکمیل پنجه‌زنی نیاز داشته که می‌تواند در افزایش تعداد پنجه در شرایط کاشت مستقیم تأثیرگذار باشد. بادشاه و همکاران (Badshah *et al.*, 2014) نیز گزارش نمودند که در روش کاشت مستقیم در مرحله رسیدگی، صرف نظر از روش خاک‌ورزی، تعداد پنجه بیشتری نسبت به نشاکاری (۲۲ درصد) به دلیل تعداد بوته بالاتر در واحد سطح، تولید شد. با توجه به معنی‌دار بودن برهمکنش روش کاشت در سال و تجزیه جداگانه دو سال، بین روش‌های کاشت و استقرار بوته از نظر تعداد پنجه در واحد سطح اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) مشاهده شد. بیشترین تعداد پنجه در واحد سطح در هر دو سال آزمایش (به ترتیب ۳۲۷ و ۳۶۳ پنجه در مترمربع) مربوط به کاشت مستقیم بذر و کمترین مقدار آن مربوط به نشاکاری دستی بود. (جدول ۴). بر اساس نتایج بدست آمده، حداکثر تعداد پنجه در نشاکاری ماشینی و دستی پایین‌تر بود و تعداد خوشه در مترمربع نیز با حداکثر تعداد پنجه و نه میزان پنجه‌های بارور ارتباط مثبت داشت. این موضوع با یافته‌های هوانگ و همکاران (Huang *et al.*, 2015) مطابقت دارد، البته پنجه‌زنی بیش از حد ممکن است باعث عدم تکامل اکثر پنجه‌ها، دانه‌بندی ضعیف، اندازه کوچک خوشه و کاهش عملکرد دانه شود (Badshah *et al.*, 2014).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی و کاشت و برهمکنش آنها اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در خوشه نداشتند. این نتایج

است که کلیه روش‌های خاک‌ورزی بستر مناسبی برای کاشت و استقرار گیاهچه فراهم کردند و بنابراین می‌تواند جایگزین یکدیگر باشند. در این صورت معیار انتخاب روش خاک‌ورزی می‌تواند شاخص‌هایی مانند هزینه خاک‌ورزی، مصرف سوخت و انرژی، میزان فشردگی خاک، ظرفیت مزرعه‌ای و نوع ماشین‌ها و ادوات در دسترس باشد. نتایج این تحقیق با یافته‌های حییبی اصل و گیلانی (Habibi-Asl and Gilani, 2014) مطابقت دارد. خسروانی و همکاران (Khosravani *et al.*, 2003) گزارش دادند که بین روش‌های خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. نتایج نشان داد که بین روش‌های کاشت از نظر ارتفاع بوته، تعداد پنجه و خوشه در واحد سطح، شاخص برداشت و مقاومت فشاری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۴ سانتی‌متر) در تیمار کاشت مستقیم بذر و کمترین مقدار (۱۳۷ سانتی‌متر) در تیمار نشاکاری دستی بدست آمد (جدول ۳). با توجه به معنی‌دار بودن برهمکنش روش کاشت در سال و تجزیه جداگانه دو سال، تیمارهای روش کاشت در سال ۱۳۹۶ در سطح احتمال یک درصد، اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند. بیشترین ارتفاع بوته (۱۵۰ سانتی‌متر) در کاشت مستقیم بذر و کمترین مقدار آن (۱۴۱ سانتی‌متر) در تیمار نشاکاری دستی بدست آمد، اما در سال ۱۳۹۷ اثر این تیمارها بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۴). ارتفاع بوته از صفات گیاهی است که تحت تأثیر ژنتیک، مدیریت زراعی، شرایط رشد، سن گیاهچه، قدرت رویش و تغذیه قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد که در تیمار کاشت مستقیم بذر بوته‌ها به دلیل تراکم بالا و رقابت بین آن‌ها از ارتفاع بالاتری نسبت به نشاکاری برخوردار بودند. این موضوع ممکن است به دلیل شوک نشاکاری باشد که می‌تواند در حدود یک هفته در برنج نشاکاری شده به طول بینجامد

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی در تیمارهای روش های کاشت

Table 3. Mean comparison of grain yield and yield component of rice (cv. Hashemi) in planting treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته	پنجه در مترمربع	دانه در خوشه	خوشه در مترمربع	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت	مقاومت فشاری
		Plant height (cm)								
Manual transplanting	نشاکاری دستی	137b	268c	90a	261b	24.3a	4394a	9216a	47.1b	5.52ab
Mechanized transplanting	نشاکاری ماشینی	141a	298b	92a	284ab	24.4a	4618a	9341a	49.2a	5.73a
Direct seeding	کاشت مستقیم بذر	144a	344a	95a	287a	24.5a	4577a	9617a	47.5ab	5.19b

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم هاشمی در تیمارهای روش های کاشت (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 4. Mean comparison of grain yield and yield components of rice (cv. Hashemi) in planting method treatments (2017 and 2018)

Treatment	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته		پنجه در مترمربع		دانه در خوشه		عملکرد دانه		عملکرد زیستی	
		Plant height (cm)		No. tiller.m ⁻²		No. grain. panicle ⁻¹		Grain yield (kg.ha ⁻¹)		Biological yield (kg.ha ⁻¹)	
		۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۷
Manual transplanting	نشاکاری دستی	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Mechanized transplanting	نشاکاری ماشینی	141c	133a	276b	259b	93a	88ab	4738a	4050b	10505a	7928b
Direct Seeding	کاشت مستقیم بذر	145ab	137a	308ab	289b	96a	90a	4951a	4285ab	10576a	8107b
		150a	137a	326a	363a	99a	81b	4473a	4681a	10148a	9086a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

خاک همزن مرسوم تیلری و پادالر دوار تیلری و در نشاکاری ماشینی و کاشت مستقیم بذر بدست آمد (شکل ۲). به نظر می‌رسد که خاک همزن‌های تیلری با عمق شخم کمتر و عدم فشرده کردن خاک در لایه‌های پایینی در روش‌های کاشت مستقیم بذر و تا حدودی ماشینی که بذرها و گیاهچه‌ها در عمق کمتری از سطح خاک استقرار پیدا می‌کنند، از کارآیی بهتری برخوردار هستند و این موضوع باعث افزایش تعداد پنجه‌ها و تعداد خوشه‌ها در واحد سطح می‌شود. در واقع فراهم بودن فضای مناسب برای رشد بوته‌ها، برهمکنش مثبت این عوامل بوده است. لیو و همکاران (Liu et al., 2014) گزارش کردند که در کاشت مستقیم بذر برنج در مقایسه با روش نشاکاری، تعداد خوشه در واحد سطح بیشتر است. بین روش‌های خاک‌ورزی و کاشت و برهمکنش آنها از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در برنج اغلب وزن هزار دانه ثابت بوده و از پایدارترین خصوصیات رقم به شمار می‌رود، زیرا در برنج از نظر فیزیولوژیکی رشد دانه توسط پوسته دانه (لما و پالنا) محدود می‌شود (Gholami Rezvani et al., 2015). گزارش شده است که اثر روش‌های خاک‌ورزی بر صفاتی از قبیل تعداد پنجه‌های مؤثر، طول خوشه، تعداد دانه‌های پر و خوشه‌چه بارور در برنج معنی‌دار است، اما وزن هزار دانه تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی قرار نگیرد (Singh, 2013). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که اثر شرایط محیطی بر وزن هزار دانه ناچیز است.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی تنها برهمکنش سال در روش کاشت بر عملکرد دانه و اثر سال بر عملکرد زیستی معنی‌دار بود. بنابراین در تجزیه واریانس جداگانه هر سال، تنها در سال دوم آزمایش (۱۳۹۷) روش کشت اثر معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) بر عملکرد دانه و عملکرد زیستی داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که روش کاشت مستقیم بذر (به ترتیب با

نشان می‌دهد که کلیه روش‌های خاک‌ورزی و کاشت شرایط مشابه و یکسانی را برای بوته‌های برنج ایجاد کرده و هر گونه تغییری مستقل از آنها است، اما با توجه به معنی‌دار بودن برهمکنش سال در روش کاشت، در تجزیه واریانس جداگانه هر سال، روش کاشت به طور معنی‌دار تعداد دانه در خوشه را در سال دوم آزمایش (۱۳۹۷) تحت تأثیر قرار داد. در سال ۱۳۹۷ در بین روش‌های کاشت، نشاکاری ماشینی با ۹۱ دانه در خوشه، برتر از کاشت مستقیم بذر (با ۸۱ دانه در خوشه) بود، اما در سال ۱۳۹۶ این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کمتر بودن تعداد دانه در خوشه در روش کاشت مستقیم مربوط به تعداد بیشتر بوته‌ها در واحد سطح و رقابت بین آنها است. استفاده از خاک همزن مرسوم تیلری در مقایسه با دو روش دیگر باعث افزایش تعداد دانه در خوشه شد. این نتایج با یافته‌های علیزاده (Alizadeh, 2015) نیز مطابقت دارد.

از نظر تعداد خوشه در مترمربع، تفاوت بین روش‌های خاک‌ورزی معنی‌دار نبود، اما در تیمارهای روش کاشت، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد از نظر تعداد خوشه در واحد سطح وجود داشت. بیشترین تعداد (۲۸۷ خوشه در مترمربع) از کاشت مستقیم بذر و کمترین تعداد (۲۶۱ خوشه در مترمربع) از تیمار نشاکاری دستی به دست آمد (جدول ۳). نتایج نشان داد که تعداد پنجه‌ها در روش نشاکاری کمتر از کاشت مستقیم بذر بوده که می‌تواند دلیل بیشتر بودن تعداد خوشه در مترمربع در کاشت مستقیم بذر در اثر بیشتر بودن تعداد بوته‌ها در واحد سطح باشد. تعداد خوشه بیشتر در واحد سطح در کاشت مستقیم بذر به دلیل بیشتر بودن تعداد پنجه‌ها است و نه تعداد پنجه‌های بارور که به خوشه می‌روند (Badshah et al., 2014). برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی در روش کاشت بر تعداد خوشه در واحد سطح معنی‌دار بود. بیشترین تعداد خوشه در واحد سطح در روش‌های خاک‌ورزی با

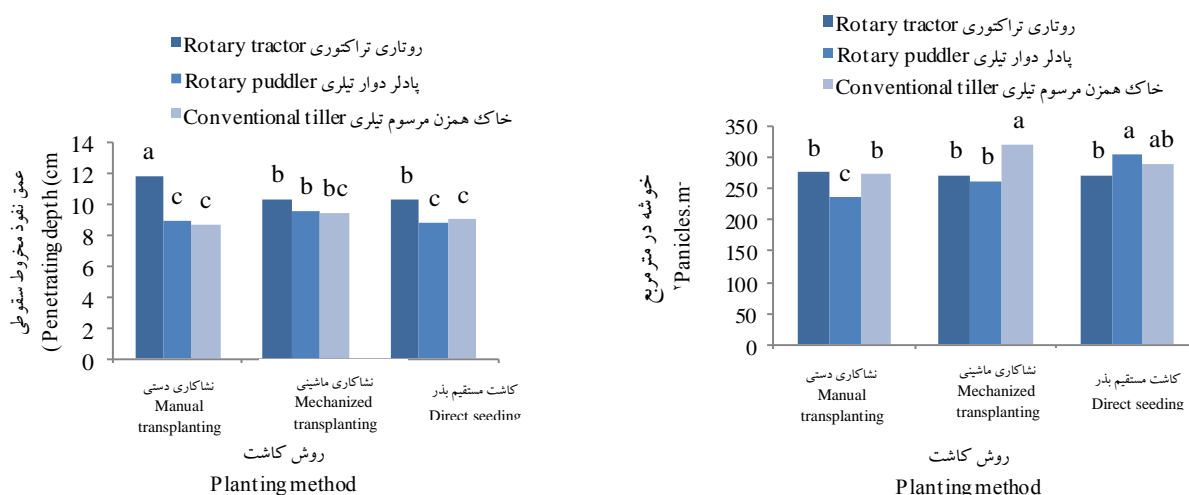
نشاکاری برنج گزارش کردند که عملکرد دانه در دو روش نشاکاری و کاشت مستقیم بذر در ارقام مختلف مشابه بوده و عملکرد دانه در کاشت مستقیم بذر عمدتاً تابع تعداد خوشه بود. آنها بر اساس تحقیقات میدانی از کشاورزان، افزایش اندک یا کاهش ۱۰ درصدی در عملکرد دانه را در کاشت مستقیم بذر در مقایسه با نشاکاری برنج گزارش کردند. علا و همکاران (Ala et al., 2014) نیز گزارش کردند عملکرد دانه برنج در دو روش کاشت مستقیم و نشایی تفاوت معنی‌داری نداشتند. نتایج نشان داد که روش‌های کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشتند. بیشترین شاخص برداشت از روش نشاکاری ماشینی (۴۹/۲ درصد) و کمترین مقدار آن (۴۷/۱ درصد) از روش نشاکاری دستی به دست آمد (جدول ۳). با توجه به این که اثر عملکرد دانه بر شاخص برداشت بیشتر از ماده خشک است، در روش کاشتی که بالاترین عملکرد دانه بدست آمد، بالاترین شاخص برداشت نیز حاصل شد.

روش‌های خاک‌ورزی، کاشت و برهمکنش آنها اثر معنی‌داری بر میزان دانه‌های سالم، خرد و راندمان تبدیل نداشتند. راندمان تبدیل، میزان برنج سالم و برنج خرد از مهم‌ترین خصوصیات کیفی برنج محسوب می‌شوند که علاوه بر نقش تغذیه‌ای در قیمت و بازارپسندی محصول برنج نقش به‌سزایی دارند. کیفیت دانه برنج به عوامل مختلفی از جمله خصوصیات ژنتیکی، شرایط محیطی و روش کاشت بستگی دارد. عواملی مانند دماهای بالا در طی شب و بالا بودن رطوبت دانه‌های برداشت شده باعث کاهش پایداری دانه در برابر عملیات پوست‌کنی شلتوک و تبدیل آن به برنج سفید شده و باعث کاهش عملکرد کیفی دانه می‌شوند (Gholami Rezvani et al., 2015). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان دانه‌های سالم، خرد و راندمان تبدیل بیشتر تحت تأثیر عوامل بعد از برداشت قرار گرفته و عوامل زراعی از قبیل خاک‌ورزی و روش کاشت تأثیر چندانی بر آنها ندارند.

۴۶۸۱ و ۹۰۸۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه و عملکرد زیستی بیشتر و روش نشاکاری دستی (به ترتیب با ۴۰۵۰ و ۷۹۲۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه و عملکرد زیستی کمتری داشتند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که خاک‌همزن‌های تیلری با عمق شخم کمتر و عدم فشرده کردن خاک در لایه‌های پایینی در روش کاشت مستقیم بذر از کارآیی بهتری برخوردار بوده و در نتیجه باعث افزایش تعداد پنجه و تعداد خوشه و عملکرد دانه می‌شوند. اثر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد دانه برنج در آزمایش‌های دیگری نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است (Wu et al., 2013; Huang et al., 2015). آماتو و همکاران (Amato et al., 2013) گزار دادند که عملکرد دانه گندم در روش‌های خاک‌ورزی متداول بیشتر از روش‌های کاهش یافته و بدون خاک‌ورزی بود. علیزاده (Alizadeh, 2015) در ارزیابی اثر روش و دفعات گلخراپی بر عملکرد برنج گزارش کرد که عملکرد دانه در گلخراپی با روتاری تراکتوری و خاک‌همزن دوار تیلری به طور معنی‌داری بیش از خاک‌همزن مرسوم تیلری و پادلر مخروطی تیلری بود که بر اساس نتایج آزمایش حاضر، این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. سینگ و همکاران (Singh et al., 2008) نیز گزارش کردند در تناوب گندم-برنج چنانچه علف‌های هرز کنترل شوند، بین دو روش کاشت مستقیم بذر و نشاکاری تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود نخواهد داشت و حتی در برخی مواقع ممکن است عملکرد دانه در کاشت مستقیم بیشتر باشد (Bhushan et al., 2007). دینگکون و همکاران (Dingkuhn et al., 2007) گزارش نمودند که کاشت مستقیم بذر برنج باعث افزایش تعداد پنجه و عملکرد دانه می‌شود. محققان مناطق مختلف دنیا عملکردهای متفاوتی را برای روش کاشت مستقیم بذر برنج (بسته به شرایط و نوع رقم) گزارش کرده‌اند. لیو و همکاران (Liu et al., 2014) در آزمایشی دو ساله در خصوص جایگزینی کاشت مستقیم بذر به جای

که ساقه تا چه حد نیرو را می‌تواند تا قبل از شکستن تحمل کند و پس از آن قابلیت برگشتن مجدد به حالت قائم را دارد. بر اساس نتایج کاشت مستقیم بذر کمترین مقاومت فشاری را دارا بود که می‌تواند به دلیل کاشت سطحی‌تر بذر و عدم گسترش عمیق ریشه‌های گیاه برنج باشد. خوابیدگی بوته (ورس) در روش کاشت مستقیم بذر برنج بیشتر از کاشت نشایی است که ناشی از سطحی‌تر بودن ریشه گیاه در اثر کاشت سطحی بذر در روش کاشت مستقیم بذر می‌باشد (Akhgari *et al.*, 2017).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین روش‌های خاک‌ورزی از نظر مقاومت فشاری بوته تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما بین روش‌های کاشت از نظر مقاومت فشاری بوته تفاوت کاملاً معنی‌دار بود. بیشترین مقاومت فشاری بوته (۵/۷۳ نیوتن) مربوط به روش نشاکاری ماشینی بوده و کمترین مقدار آن (۵/۱۹ نیوتن) مربوط به کاشت مستقیم بذر بود (جدول ۳). مقاومت فشاری نشان دهنده ایستادگی بخش‌های پایینی بوته در برابر فشارهای وارد شده بر این بخش است. مقاومت فشاری نشان می‌دهد



شکل ۲- برهمکنش روش‌های خاک‌ورزی و کاشت بر تعداد خوشه در واحد سطح و عمق نفوذ مخروط سقوطی برنج رقم هاشمی

Fig. 2. Interaction effect of tillage and planting methods on No. panicles.m⁻² and penetrating depth of falling cone

میانگین صفات گیاهی مورد ارزیابی برای روش‌های خاک‌ورزی با استفاده از ادوات خاک‌همزن تیلری و تراکتوری، نشان دهنده این است که همه روش‌های خاک‌ورزی بستر مناسبی برای کاشت و استقرار گیاهچه‌های برنج ایجاد کرده و می‌توانند جایگزین یکدیگر شوند. هرچند ادوات مورد استفاده در تیمارهای خاک‌ورزی اثر قابل توجهی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج نداشتند، با این حال اجرای بیش از حد و غیرضروری عملیات خاک‌ورزی و ادواتی با

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عمق نفوذ مخروط سقوطی و چگالی ظاهری خاک گِل‌خراب شالیزار داشت و بیشترین عمق نفوذ مخروط سقوطی به عنوان شاخصی در میزان نفوذ ریشه، در خاک‌ورزی با روتاری تراکتوری بدست آمد، اما در سایر ویژگی‌های زراعی و عملکردی تفاوت معنی‌داری بین روش‌های خاک‌ورزی مشاهده نشد. معنی‌دار نبودن تفاوت

نشاکاری ماشینی بالاترین مقادیر بدست آمد. در مجموع بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق می توان بیان کرد که خاک ورزی با خاک همزن مرسوم و دوار تیلری، روش های مناسبی در آماده سازی خاک شالیزار برنج محسوب می شوند. بعلاوه روش کاشت مستقیم با بذر جوانه زده و نشا کاری ماشینی عملکرد دانه مشابه و بالاتری نسبت به نشا کاری دستی داشته و می توانند جایگزین یکدیگر در زراعت برنج شوند. با توجه به اینکه یکی از مشکلات کاشت مستقیم بذر برنج، تشدید رقابت علف های هرز با گیاه زراعی است، لازم است این موضوع مورد مطالعه بیشتر قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری و مساعدت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات برنج کشور صمیمانه قدردانی می شود.

عمق شخم زیاد اغلب برای خاک مضر بوده و باعث تخریب خاک، اختلال در تداوم خلل و فرج خاک، افزایش هزینه ها، کاهش مقدار بقایا در سطح خاک و کیفیت خاک می شوند. بنابراین معیار انتخاب نوع ادوات خاک ورزی می تواند شاخص هایی مانند هزینه خاک ورزی، مصرف سوخت و انرژی، میزان فشردگی خاک، ظرفیت مزرعه ای و نوع ماشین ها و ادوات در دسترس باشد. در این پژوهش در خصوص خاک ورزی علاوه بر جنبه های زراعی و عملکردی گیاه برنج، اثر آن بر ویژگی های کمی و کیفی خاک نیز مورد توجه بوده است. بین روش های کاشت در بین ویژگی های زراعی و عملکردی اندازه گیری شده در برنج از نظر ارتفاع بوته، تعداد پنجه و خوشه در واحد سطح، شاخص برداشت و مقاومت فشاری تفاوت معنی داری وجود داشت. بیشترین ارتفاع بوته، تعداد پنجه در واحد سطح و پنجه های بارور در کاشت مستقیم بذر و برای شاخص برداشت، میزان برنج سالم و مقاومت فشاری در

References

منابع مورد استفاده

- Akhgari, H., M. Esfahani, G. Mohsenabadi and A. Alami. 2017. Effect of seed priming on lodging indices of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in direct seeding method. J. Crop Prod. Proc. 7(3): 129-143. (In Persian with English abstract).
- Ala, A., M. Aghaalikhani, B. Amiri Larijani and S. Soufizadeh. 2014. Comparison of direct sowing system and planting of rice in Mazandaran province: weed competition, yield and yield components. Iran J. Crop Res. 12(3): 463-475. (In Persian with English abstract).
- Ali, A. M., H. S. Thind, S. Sharma and S.Y. Singh. 2015. Site-specific nitrogen management in dry direct-seeded rice using chlorophyll meter and leaf colour chart. J. Pedosphere. 25: 72-81.
- Alizadeh, M. R. 2015. Effect of method and times of puddling on some soil physical properties and rice grain yield. Cereal Res. 5(1): 33-43. (In Persian with English abstract).
- Amato, G., P. Ruisi, A. S. Frenda, G. Di Miceli, S. Saia, A. Plaia and D. Giambalvo. 2013. Long-term tillage and crop sequence effects on wheat grain yield and quality. Agron. J. 105(5): 1317-1327 .
- Badshah, M., T. Naimei, Y. Zou, M. Ibrahim and K. Wang. 2014. Yield and tillering response of super hybrid rice Liangyoupeijiu to tillage and establishment methods. The Crop J. 2(1): 79-86.

- Bhushan, L., J. K. Ladha, R. K. Gupta, S. Singh, A. Tirol-Padre, Y. S. Saharawat, M. Gathala, and H. Pathak. 2007.** Saving of water and labor in rice–wheat system with no-tillage and direct seeding technologies. *Agron. J.* 99: 1288–1296.
- Chen, S., Q. Ge, G. Chu, C. Xu, J. Yan and X. Zhang. 2017.** Seasonal differences in the rice grain yield and nitrogen use efficiency response to seedling establishment methods in the middle and lower reaches of the Yangtze River in China. *Field Crops Res.* 205: 157-169.
- Dingkuhn, M., H. F. Schnier, S.K. Datta, E. Wijangkco and K. Dorffling. 2007.** Diurnal and developmental changes in canopy gas exchange in relation to growth in transplanted and direct seeded flooded rice. *Aust. J. Crop Sci.* 17(2): 119-134.
- Farooq, M., K. H. M. Siddique, H. Rehman, T. Aziz, D. J. Lee and A. Wahid. 2011.** Rice direct seeding: experiences, challenges and opportunities. *Soil Tillage Res.* 111: 87–98.
- Gangwar, K. S., M. S. Gill, O. K. Tomar and D. K. Pandey. 2008.** Effect of crop establishment methods on growth, productivity and soil fertility of rice (*Oryza sativa*) - based cropping systems. *Indian J. Agron.* 53(2): 102-106.
- Gholami Rezvani, N. M. Esfahani, Sh. Kabi Rahnema, A. Alami and M. Nahvi. 2015.** Effect of seed rate on grain yield and yield components of rice (cv. Hashemi) in direct seeding methods. *Seed Plant Prod. J.* 31-2: 37-56. (In Persian with English abstract).
- Habibi-Asl, J. and A. A. Gilani. 2014.** Effect of tillage method and rice cultivation on machine parameters, yield and yield components of wheat and residue management for rice-wheat rotation in Khuzestan. *J. Agric. Engin. Res.* 15(2): 45-62. (In Persian with English abstract).
- Horgan, F. G., J. Y. Figueroa and M. L. P. Almazan. 2014.** Seedling broadcasting as a potential method to reduce apple snail damage to rice. *Crop Prot.* 64: 168–176.
- Huang, M., X. F. Zhou, F. B. Cao, B. Xia and Y. B. Zou. 2015.** No-tillage effect on rice yield in China: a meta-analysis. *Field Crops Res.* 183: 126–137.
- Ivani, A., M. Safari and A. Hedayatipour. 2014.** Comparison of direct sowing methods of germinated (machined and manual) rice with transplantation. *J. Agric. Machin.* 4(1): 108-115. (In Persian with English abstract).
- Kashiwagi, T. and K. Ishimaru. 2004.** Identification and functional analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. *Plant Physiol.* 134(2): 676-683.
- Khan N. I., A. U. Malik, F. Umer and M. I. Bodla. 2010.** Effect of tillage and farmyard manure on physical properties of soil. *Int. Res. J. Plant Sci.* 1(4): 75-82.
- Li, X.C., Q.Y. Zhong, Y.X. Li, G.H. Li, Y.F. Ding, S.H. Wang, Z.H. Liu, S. Tang, C.Q. Ding and L. Chen. 2016.** Triacantanol reduces transplanting shock in machine-transplanted rice by improving the growth and antioxidant systems. *Front. Plant Sci.* 7: 1-10.

- Liu, H., S. Hussain, M. Zheng, Sh. Peng, J. Huang, K. Cui and L. Nie. 2014.** Dry direct-seeded rice as an alternative to transplanted-flooded rice in Central China. *Agron. Sustain. Dev.* 35(1): 285-294.
- Parameswari, Y. S., A. Srinivas, T. Ram Prakash and G. Narender. 2014.** Effect of different crop establishment methods on rice (*Oryza sativa* L.) growth and yield- A review. *Agric. Rev.* 35(1): 74-77.
- Khosravani, A., M. Zaboletani, A. Sharifi, A. Mohsenimanesh, M. Sharbanoo Nejad and A. Hemmat. 2003.** Evaluation of the possibility of shallow tillage in irrigated wheat. *J. Agric. Eng. Res.* 17(4): 29-46. (In Persian with English abstract).
- Salokhe, V. M. and N. Ramalingam. 2001.** Effects of direction of rotation of a rotary tiller on properties of Bangkok clay soil. *Soil and Tillage Res.* 63: 65-74.
- Sangeetha, C. and P. Baskar. 2015.** Influence of different crop establishment methods on productivity of rice- A Review. *Agric. Rev.* 36(2): 113-124.
- Singh, S., J. K. Ladhab, R. K. Gupta, L. Bhushana, and A. N. Raob. 2008.** Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. *Crop Protec.* 27: 660-671.
- Singh, Y. 2013.** Crop and water productivity as influenced by rice cultivation methods under organic and inorganic sources of nutrient supply. *Paddy Water Environ.* 11(1-4): 531-542.
- Sinha, K. P., B. K. Singh, and M. Kumar. 2008.** Effect of seed rate, weed management and establishment methods on irrigated rice in Bihar. Los Baños (Philippines): IRRI and Pantnagar (India): Directorate of Experiment Station, G.B. Pant University of Agriculture and Technology. 272 p.
- Wu, W., L. X. Nie, Y. C. Liao, F. Shah, K. H. Cui, Q. Wang, Y. Lian and J. L. Huang. 2013.** Toward yield improvement of early-season rice: other options under double-rice-cropping system in central China. *Eur. J. Agron.* 45: 75-86.
- Yaduvanshi, N. P. S. and D. R. Sharma. 2008.** Tillage and residual organic manures/ chemical amendment effects on soil organic matter and yield of wheat under sodic water irrigation. *Soil Tillage Res.* 98: 11-16.

Effect of tillage and planting methods on soil physical properties, grain yield and milling recovery of rice (*Oryza sativa* L. cv. Hashemi)

Ebrahimi, M.,¹ M. Majidian² and M. R. Alizadeh³

ABSTRACT

Ebrahimi, M., M. Majidian, M. R. Alizadeh. 2020. Effect of tillage and planting methods on soil physical properties, grain yield and milling recovery of rice (*Oryza sativa* L. cv. Hashemi). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 22(1): 66-80. (In Persian).

To evaluate the effects of tillage and planting systems on soil physical properties, grain yield and its components, and milling recovery of rice (cv. Hashemi), an experiment was conducted at Rice Research Institute of Iran in 2017 and 2018 cropping seasons using split plot arrangements in randomized complete block design with three replications. The experimental factors were; tillage methods (main plots) at three levels (rotary tractor, power tiller conventional puddler and power tiller rotary puddler), planting methods (sub plots) in three levels (manual transplanting, mechanized transplanting and direct seeding). Results of combined analysis of variance showed that fall-cone penetration depth and bulk density were significantly affected by tillage methods. Maximum penetration depth of fall-cone (10.86 cm) and minimum bulk density (0.86 g.cm^{-3}) were observed in tillage rotary tractor. Plant height (144.01 cm) and number of tillers per m^{-2} ($344 \text{ tillers.m}^{-2}$) in direct seeding were significantly higher than mechanized and manual transplanting methods. Maximum harvest index (49.29%) and pushing resistance (5.73 N) in mechanized transplanting was significantly different in comparison to manual transplanting and direct seeding. Maximum number of panicles. m^{-2} obtained in direct seeding ($288 \text{ panicles.m}^{-2}$) followed by mechanized transplanting ($284 \text{ panicles.m}^{-2}$) which were significantly different from panicle number per unit area in manual transplanting ($261 \text{ panicles.m}^{-2}$). Effect of tillage methods, planting methods and their interaction on head rice, broken rice and milling recovery were not significant. It can be concluded that power tiller puddler, mechanized transplanting and direct seeding may improve grain yield components with maintaining the soil physical properties.

Key word: Direct seeding, Mechanized transplanting, Pushing resistance, Rice and Tillage systems.

Received: April, 2019 Accepted: December, 2019

1. PhD Student, University of Guilan, Rasht, Iran

2. Associate Prof., University of Guilan, Rasht, Iran (Corresponding author) (Email: ma_majidian@guilan.ac.ir)

3. Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization, Rasht, Iran