دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
دوره پنجم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۴ (۴۳-۳۳)

بررسی اثر روش و دفعات گلخرابی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد برنج

محمدرضا علیزاده

دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

(تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۲۱- تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۵)

چکیده

به منظور بهینه سازی عملیات گِلخرابی در مرحله آماده‌سازی شالیزار، اثر دو عامل روش و تعداد دفعات گِلخرابی بر برخی از ویژگی‌های خاک و عملکرد و اجزای عملکرد دانه در برنج رقم هاشمی در این تحقیق بررسی شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های خرد شده در سه تکرار با دو عامل روش گِلخرابی در چهار سطح (شامل خاک همزن مرسوم تیلری، خاک همزن دوار تیلری، پادلر مخروطی تیلری و روتیواتور تراکتوری) و دفعات گِلخرابی در چهار سطح (از یک تا چهار مرتبه) در یک خاک رسی سیلتی انجام شد. نتایج نشان داد که کمترین چگالی ظاهری (۰/۸۰۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و بیشترین مقادیر عمق نفوذ مخروط (۱۳/۳۱ سانتی‌متر)، بازده وجین‌کنی (۶۰/۵۷ درصد) و شاخص گِلخرابی (۵۴/۵۳ درصد) در گِلخرابی با روتیواتور تراکتوری و بیشترین چگالی ظاهری (۰/۸۷۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و کمترین بازده وجین‌کنی و شاخص گِلخرابی (به ترتیب با میانگین‌های ۵۱/۵۲ و۴۴/۵۰ درصد) مربوط به گِلخرابی با همزن مرسوم تیلری بود. با افزایش تعداد دفعات گِلخرابی از یک به چهار بار، به طور معنی‌دار چگالی ظاهری از ۰/۸۸۲ به ۰/۷۹۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، عمق نفوذ مخروط از ۹/۰۴ به ۱۲/۳۹ سانتی‌متر، بازده وجین‌کنی از ۵۱/۷۸ به ۵۶/۵۴ درصد و شاخص گِلخرابی از ۴۵/۲۱ به ۵۱/۲۳ درصد تغییر یافت. عملکرد دانه در گِلخرابی با روتاری تراکتوری و خاک‌همزن دوار تیلری (به ترتیب با ۳۴۲۹ و ۳۴۰۱ کیلوگرم در هکتار) به طور معنی‌داری بیش از خاک‌همزن مرسوم تیلری و پادلر مخروطی تیلری (به ترتیب با مقادیر ۳۳۴۶ و ۳۳۳۲ کیلوگرم در هکتار) بود. با افزایش دفعات گِلخرابی از یک به چهار بار، عملکرد دانه از ۳۳۲۲ به ۳۴۰۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، ولی بین عملکرد دانه در دو، سه و چهار بار گِلخرابی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که در خاک‌های رسی سیلتی مشابه محل اجرای آزمایش، دو بار گِلخرابی با استفاده از خاک‌همزن دوار تیلری و یا روتیواتور تراکتوری، تیمار مناسبی برای گِلخرابی شالیزار محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بازده وجین‌کنی، خاک‌همزن، شاخص گِلخرابی، شالیزار

* نویسنده مسئول: alizadeh_mohammadreza@yahoo.com

مقدمه

عملیات گِلخرابی (Puddling) یکی از مراحل مهم در عملیات آماده‌سازی شالیزار محسوب می‌شود که نقش مؤثری در تغییرات ساختمان خاک و شرایط رشد محصول دارد. از اهداف گِلخرابی می‌توان به تسهیل عملیات نشاءکاری، مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز، مخلوط کردن یکنواخت کود با خاک، جلوگیری از نفوذ عمقی زیاد آب در خاک، تسطیح زمین و تسهیل در جذب عناصر غذایی خاک توسط ریشه برای رشد و توسعه ریشه اشاره نمود. گِلخرابی بطورکلی به تجزیه خاک‌دانه‌ها در حالت اشباع منجر می‌شود. در طی عملیات گِلخرابی ، خاک به شدت به هم زده می‌شود و موجب نرم شدن خاک سطحی می شود. به هم زدگی خاک از طریق گِلخرابی سبب کاهش نفوذپذیری و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک می‌شود. این نتایج به ویژه در خاک‌های با بافت سنگین و با درصد رس بالا کاملاً محسوس است (Lal, 1985; Rautary et al., 1997).

در مورد آثار خاک‌ورزی و گِلخرابی بر خواص خاک و عملکرد برنج تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته است. کالیلانگ و استیکنی (Calilung and Stickney, 1989) عملکرد سه روش خاک‌ورزی شامل گاوآهن + هرس شانه‌ای دامی، گاوآهن برگردان‌دار+ هرس شانه‌ای تیلری و تیلر شناور (Floating power tiller) را در خاک شالیزاری بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که تیلر شناور در مقایسه با دو روش دیگر از ظرفیت مزرعه‌ای مناسب‌تری برخوردار بود. در بررسی انجام شده ورما و دی‌وانگان (Verma and Dewangan, 2006) به این نتیجه رسیدند که میزان شاخص گِلخرابی به ادوات و پادلرهای مورد استفاده بستگی دارد، به طوری که از هفت نوع پادلر دامی، تیلری و تراکتوری مورد آزمایش، استفاده از رتیواتور تراکتوری نسبت به سایر ادوات از شاخص گِلخرابی بالاتری برخوردار بود. راتاری و همکاران (Rautary *et al.*, 1997) هدف اصلی از انجام گِلخرابی را کاهش نفوذ عمقی آب، کنترل علف‌های هرز از طریق تجزیه آنها در خاک و تسهیل در امر نشاءکاری عنوان کردند. یوسفی مقدم و همکاران (Yousofi Moghadam *et al.*, 2008) در بررسی اثر گِلخرابی بر خواص فیزیکی سه نوع خاک شالیزار، اعلام کردند که گِلخرابی موجب کاهش چگالی حجمی (Volume density) خاک شد، ولی سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2001) گزارش کردند که افزایش درجه گِلخرابی موجب افزایش چگالی حجمی در دو نوع خاک لوم شنی و لومی رس سیلتی گردید.

به طور کلی، بررسی‌های انجام شده در خصوص اثر گِلخرابی بر مقاومت به نفوذ مخروط در خاک یا شاخص مخروطی (Cone index)، حاکی از آن است که در اثر گِلخرابی، مقاومت به نفوذ در لایه سطحی (لایه شخم) کاهش می‌یابد (Awadhwal and Singh, 1992; Painuli, 2000; Mohanty *et al.*, 2004; Rezaei *et al.*, 2012). دی‌داتا و شارما (De Datta and Shrama, 1985) گزارش کردند که گِلخرابی موجب کاهش چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی در خاک لایه سطحی (۱۵-۰ سانتی‌متر) می‌شود که این امر موجب بهبود شرایط رشد ریشه و در نتیجه افزایش عملکرد در واحد سطح خواهد شد. بررسی‌های سالوخه و همکاران (Salokhe *et al.*, 1993) نیز نشان داد که گِلخرابی اثر معنی‌داری بر خواص فیزیکی خاک داشت. بر اساس تحقیقات ورما (Verma, 1996)، مقدار آب مصرفی در گِلخرابی با استفاده از کولتیواتور دامی، پادلر تیغه‌ای زاویه‌دار و هرس دیسکی در مقایسه با هرس شانه‌ای به ترتیب ۱۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌متر کاهش یافت. سالوخه و رامالینگام (Salokhe and Ramalingan, 2001) اثر نوع تیغه روتاری بر خواص فیزیکی خاک شالیزار را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش‌های آنها نشان داد که با افزایش تعداد دفعات گِلخرابی از یک به دو و سه بار با استفاده از رتیواتور با تیغه‌های C شکل، شاخص مخروطی خاک به ترتیب ۱۸/۸ و ۷ درصد کاهش یافت.

همت و تاکی (Hemmat and Taki, 2003) اثر روش‌های مختلف گِلخرابی و فشرده کردن خاک با غلتک را بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد برنج در یک خاک رسی سیلتی مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای مختلف آنها شامل یک و دو بار عبور با دو نوع خاک‌همزن (با تیغه‌های L شکل و کاردی) و شش بار عبور با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (با نام محلی خیش‌چی) بود. نتایج آنها نشان داد که جرم مخصوص ظاهری خاک پس از برداشت در روش‌های گِلخرابی با دو بار عبور با خاک‌همزن تیغه کاردی و تراکم خاک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بود. محمد شریفی و علیزاده (Mohammad Sharifi and Alizadeh, 2003) نیز اثر سه نوع خاک‌ورز تیلری شامل

خاک‌همزن مرسوم، رتیواتور تیلری و پادلر مخروطی با یک و دو بار عبور در عملیات گِلخرابی را بر تراکم علف‌های هرز آزمایش کردند. نتایج آنها نشان داد که نه تنها تفاوت معنی‌داری بین نوع ادوات شخم وجود دارد، بلکه دفعات گِلخرابی نیز بر تراکم علف‌های هرز تأثیر گذاشته است.

با توجه به این که کشاورزان در مناطق شالیزاری شمال کشور از روش‌ها و ادوات مختلف تراکتوری و تیلری برای عملیات آماده‌سازی زمین و گِلخرابی در تعداد دفعات متفاوت استفاده می‌کنند، از این‌رو اتخاذ شیوه (های) مناسب گِلخرابی از نظر کمی و کیفی می‌تواند بر بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش عملکرد دانه در واحد سطح مؤثر باشد. از این رو، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر چهار روش گِلخرابی (شامل دو روش غالب و دو روش جدید) و تعداد دفعات گِلخرابی بر برخی خواص خاک و عملکرد و اجزای عملکرد برنج بود.

مواد و روش ها

دراین تحقیق اثر روش و دفعات گِلخرابی بر برخی از خصوصیات خاک و عملکرد برنج در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) مورد بررسی قرارگرفت. آزمایش در قالب اسپلیت بلوک با دو عامل شامل روش گِلخرابی در چهار سطح (خاک‌همزن مرسوم تیلری، خاک‌همزن دوارتیلری، پادلر مخروطی تیلری و روتاری تراکتوری) و دفعات گِلخرابی در چهار سطح (از یک تا چهار مرتبه) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. از بین این روش ها، خاک همزن دوار تیلری و پادلر مخروطی تیلری برای اولین بار که در مؤسسه تحقیقات برنج کشور طراحی و ساخته شده است و با دو روش متداول یعنی خاک همزن مرسوم تیلری و روتاری تراکتوری مورد مقایسه قرارگرفتند (شکل ۱). تعداد دفعات گِلخرابی در مناطق مختلف با توجه به شرایط خاک و نوع ادوات مورد استفاده متفاوت است. از این رو، به منظور بررسی روند تغییرات حاصل از شدت گِلخرابی، تعداد دفعات گِلخرابی در آزمایش از یک الی چهار بار منظور گردید. مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

برای اجرای آزمایش قطعه زمینی به مساحت حدود ۴۵۰۰ متر مربع با در نظرگرفتن فاصله بین تکرارها و کرت‌ها، ۴۸ کرت به ابعاد ۶/۵ × ۱۳ متر تقسیم‌بندی شدند. شخم اول با گاوآهن برگردان‌دار تیلری در همه تیمارها در عمق یکسان حدود ۲۰ سانتی‌متر اجرا شد و سپس عملیات گِلخرابی در هر کرت مطابق تیمار آزمایشی مورد نظر انجام گرفت. بافت خاک محل اجرای آزمایش از نوع رس سیلتی با pH برابر با ۷/۶ بود. سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول۲ ارایه شده است. برنج رقم هاشمی به عنوان یک رقم محلی و غالب استان گیلان برای کشت در این تحقیق در نظر گرفته شد. نشاکاری در زمین اصلی با نشاهای سه تا چهار برگی با فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و چهار بوته در هرکپه انجام شد. عملیات داشت شامل کوددهی، وجین علف‌های هرز، سم‌پاشی و آبیاری به طور یکسان در همه کرت‌ها مطابق روش معمول منطقه انجام گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری در این تحقیق شامل چگالی ظاهری (Bulk density) خاک، عمق نفوذ مخروط در خاک، شاخص گِلخرابی (Puddling index) ، بازده وجین‌کنی (Weeding efficiency) بعد از گِلخرابی و عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد محصول بود.

برای تعیین چگالی ظاهری خاک (ρ_b)، در چهار نقطه از هرکرت با استفاده از استوانه‌های نمونه‌گیری، نمونه‌های دست نخورده قبل و بعد از گِلخرابی در عمق ۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک برداشت شد. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در اجاق الکتریکی با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شده و پس از خشک شدن توزین شدند. چگالی ظاهری از نسبت وزن نمونه خشک به حجم خاک دست نخورده به دست آمد (RNAM, 1995). به منظور تعیین شاخص گِلخرابی، در هرکرت سه نمونه خاک گلخراب شده بلافاصله پس از عملیات گِلخرابی با بیل برداشته و در ظرف پلاستیکی مدرج ریخته شد. پس از مدت زمان ۴۸ ساعت، حجم خاک ته‌نشین‌شده در استوانه مدرج تعیین گردید. شاخص گِلخرابی از رابطه زیر به دست آمد (Salokhe and Ramalingam, 2001):

$$PI = \frac{V_s}{V_t} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، PI شاخص گِلخرابی برحسب درصد، V_s حجم خاک ته نشین شده برحسب سانتی متر مکعب و V_t حجم کل نمونه تهیه شده برحسب سانتی‌متر مکعب است. برای تعیین بازده وجین‌کنی قبل از عملیات گِلخرابی و قبل از وجین اول (دو هفته پس از نشاکاری)، کادر چوبی به ابعاد ۱×۱ متر در سه نقطه از هر کرت پرتاب و علف‌های

هرز داخل کادر شمارش شد. بازده وجین‌کنی از رابطه زیر به دست آمد (Verma and Dewangan, 2006; Remesan *et al.*, 2007):

$$WE = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \times 100 \quad (۲)$$

که در آن، WE بازده وجین‌کنی برحسب درصد، N_1 تعداد علف‌های هرز قبل از گِلخرابی و N_2 تعداد علف‌های هرز بعد از گِلخرابی (قبل از وجین) است. برای تعیین عمق نفوذ مخروط فلزی در خاک گلخراب شده، از روش توصیه شده سالوخه و رامالینگام (Salokhe and Ramalingam, 2001) استفاده شد، به این ترتیب که بعد از عملیات گِلخرابی 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.

صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد محصول شامل ارتفاع بوته، تعداد خوشه در کپه، طول خوشه، تعداد دانه پر و پوک در خوشه و وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی با حذف حاشیه از هر کرت، محصول برداشت و پس از کاهش رطوبت شالی در مزرعه، جمع‌آوری و خرمنکوبی شد و عملکرد دانه در سطح رطوبت ۱۴ درصد تعیین شد. داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فنی ماشین‌های مورد استفاده درآزمایش

Table1. Technical specification of the machines used in this experiment

ماشین خاک‌ورز Tillage machinery	مدل Model	عرض کار (سانتی‌متر) Width of cut (cm)	عمق شخم (سانتی‌متر) Depth of cut (cm)	نوع تراکتور Tractor type	توان تراکتور (اسب بخار) Tractor (hp)	سرعت پیش‌روی (کیلومتر بر ساعت) Travel speed ($km.h^{-1}$)	ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر (هکتار بر ساعت) Effective field capacity ($ha.h^{-1}$)
خاک‌همزن مرسوم تیلری Power tiller conventional puddler	نامشخص Un-known	25	10-15	دوچرخ Two wheeled	7	2-3	0.056
خاک‌همزن دوار تیلری Power tiller rotary puddler	کوبوتا Kubota	50	10-15	دوچرخ Two wheeled	7	2-3	0.087
پادلر مخروطی Power tiller cono-puddler	ایری IRRI	120	10-15	دوچرخ Two wheeled	7	2-3	0.168
روتیواتور تراکتوری Tractor-mounted rotivator	هادی- جویبار Hadi-Joybar	180	10-20	چهارچرخ Four wheeled	71	3-4	0.315

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil in the experimental site

عمق خاک Depth of soil (cm)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	منیزیم Mg (meq/L)	کلسیم Ca (meq/L)	سدیم Na (meq/L)
0-30	47	39	14	1.58	Clay-silt	7.6	3.1	3.3	7

خاک‌همزن دوار تیلری
Power tiller rotary puddler

خاک‌همزن مرسوم تیلری
Power tiller conventional puddler

روتیواتور تراکتوری
Tractor-mounted rotivator

پادلر مخروطی
Power tiller cono-puddler

شکل ۱- ماشین‌های مورد استفاده در این تحقیق
Figure 1. The machines used in this research

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر روش و تعداد دفعات گِلخرابی و اثر متقابل آنها بر خصوصیات خاک نشان داد که روش و دفعات گِلخرابی اثر معنی‌داری ($P<0.01$) بر چگالی ظاهری خاک، عمق نفوذ مخروط در خاک، شاخص گِلخرابی و بازده وجین کنی داشتند، اما اثر متقابل آنها بر چگالی ظاهری خاک معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین چگالی ظاهری خاک در خاک‌همزن مرسوم تیلری (۰/۸۷۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و کمترین مقدار در روتاری تراکتوری (۰/۸۰۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد، ولی بین میانگین چگالی ظاهری در خاک‌همزن دوار تیلری و پادلر مخروطی تیلری (به ترتیب با ۰/۸۴۲ و ۰/۸۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج نشان داد که با افزایش دفعات گِلخرابی از یک به چهار بار، چگالی ظاهری خاک از ۰/۸۸۲ به ۰/۷۹۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب (در حدود ۱۰ درصد) کاهش یافت. همان‌گونه که در نتایج آمده است، با افزایش درجه گِلخرابی، چگالی ظاهری خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج بررسی‌های سایر محققین نیز روند مشابهی را نشان داد (Bajpapi and Tripathi, 2000; Singh *et al.*, 2001; Rezaei *et al.*, 2012)، اما شارما و همکاران (Sharma *et al.*, 2005) گزارش کردند که در خاک‌های با بافت سبک، گِلخرابی موجب افزایش چگالی ظاهری خاک می‌شود.

نتایج نشان داد که چگالی ظاهری خاک گِلخراب شده با استفاده از روتیواتور تراکتوری به طور معنی‌داری کمتر از سه روش گِلخرابی دیگر بود. این موضوع را می‌توان به شدت بیشتر برخورد تیغه‌های روتیواتور تراکتوری با خاک مربوط دانست که موجب به هم‌خوردگی بیشتر خاک در شرایط غرقاب و در نهایت منجر به کاهش بیشتر چگالی ظاهری خاک سطحی شد. نتایج تحقیقات رحمتی و سالوخه (Rahmati and Salokhe, 2001) نیز روند مشابهی را نشان داد.

مقایسه میانگین‌های عمق نفوذ مخروط در تیمارهای مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. بیشترین عمق

نفوذ مخروط در گِلخرابی با روتاری تراکتوری و کمترین مقدار آن در خاک‌همزن دوار تیلری (به ترتیب با ۱۳/۳۱ و ۸/۷۹ سانتی‌متر) مشاهده شد که با خاک‌همزن مرسوم تیلری (۹/۳۸ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری نشان نداد. علاوه بر آن، عمق نفوذ مخروط با افزایش تعداد دفعات گِلخرابی به طور معنی‌داری افزایش یافت و از مقدار ۹/۰۴ سانتی‌متر در یک بار گِلخرابی به ۱۲/۳۹ سانتی‌متر در چهار بار گِلخرابی رسید. عمق نفوذ مخروط در یک خاک گلخراب شده که به عنوان شاخصی برای مقاومت به نفوذ ریشه در نظر گرفته می‌شود، به عواملی مانند رطوبت، بافت و ساختمان خاک و نیز شرایط آماده‌سازی مزرعه مربوطه بستگی دارد. با افزایش تعداد دفعات گِلخرابی، شدت و میزان به هم‌خوردگی خاک در شرایط غرقاب افزایش یافته و در نتیجه منجر به پایین رفتن عمق لایه سخت و نفوذ بیشتر مخروط در خاک گلخراب شده می‌شود. این موضوع به ویژه در گِلخرابی با استفاده از ادوات تراکتوری سنگین در تعداد عبورهای بیشتر کاملاً مشهود است (Alizadeh and Allameh, 2013).

رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2012) علام کردند که با افزایش تعداد دفعات گِلخرابی از یک به سه بار، مقاومت به نفوذ خاک گلخراب شده ۵۳ درصد کاهش یافت. موهانتی و همکاران (Mohanty *et al.*, 2004) در تعیین مقاومت به نفوذ خاک در شرایط بدون گِلخرابی، یک بار گِلخرابی و ۸ بار گِلخرابی اعلام کردند که با افزایش شدت گِلخرابی، مقاومت به نفوذ خاک کاهش یافت، ولی با افزایش عمق خاک، مقاومت افزایش یافت که علت آن را فشرده شدن خاک در لایه پایینی به دلیل تردد بیش از حد تراکتور و ادوات اعلام کردند. تحقیقات آوادهال و سینگ (Awadhwal and Singh, 1992)، پاینالی (Painuli, 2000) و همت و تاکی (Hemmat and Taki, 2003) نیز روند مشابهی نشان داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر روش و تعداد دفعات گلخرابی بر خصوصیات فیزیکی خاک شالیزار

Table 3. Analysis of variance of the effect of puddling methods and times on physical properties of paddy soil

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square			
		چگالی ظاهری Bulk density	عمق نفوذ مخروط سقوطی Penetrating depth of falling cone	بازده وجین‌کنی Weeding efficiency	شاخص گِلخرابی Puddling index
تکرار Replication	2	0.0006 ^{ns}	0.6487 ^{ns}	1.1675 ^{ns}	3.8378 *
روش گلخرابی Puddling method (PM)	3	0.0115 **	48.3570 **	226.6796 **	288.1063 **
خطای روش گلخرابی Error	6	0.0007	0.3853	1.9678	1.7461
دفعات گلخرابی Puddling times (PT)	3	0.0184 **	26.2740 **	49.9385 **	78.3880 **
خطای دفعات گلخرابی Error	6	0.0003	0.5573	1.7472	1.0492
روش× دفعات گلخرابی PM×PT	9	0.0003 ^{ns}	1.1272 ^{ns}	1.4691 ^{ns}	2.3514 ^{ns}
خطای اثر متقابل Error	18	0.0005	0.7114	3.5249	2.5020

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر روش و تعداد دفعات گلخرابی برخصوصیات فیزیکی خاک شالیزار

Table 4. Mean comparison of the effect of puddling methods and times on some physical properties of paddy soil

Treatment	تیمار	چگالی ظاهری Bulk density ($kg.m^{-3}$)	عمق نفوذ مخروط سقوطی Penetrating depth of falling cone (cm)	بازده وجین‌کنی Weeding efficiency (%)	شاخص گِلخرابی Puddling index (%)
روش گلخرابی Puddling method	خاک‌همزن مرسوم تیلری Power tiller conventional puddler	0.87 a	9.83 c	51.52 c	44.50 c
	خاک‌همزن دوار تیلری Power tiller rotary puddler	0.84 b	8.79 c	54.10 b	49.11 b
	پادلر مخروطی Power tiller cono-puddler	0.85 ab	10.50 b	53.20 c	44.01 c
	روتیواتور تراکتوری Tractor-mounted rotivator	0.0.8 c	13.31 a	60.57 a	54.53 a
دفعات گلخرابی Puddling times	یک بار Once	0.88 a	9.04 c	51.78 c	45.21 d
	دو بار Twice	0.86 b	9.67 c	53.81 b	47.04 c
	سه بار Third	0.83 c	10.88 b	55.24 a	48.68 b
	چهار بار Fourth	0.79 d	12.39 a	56.54 a	51.23 a

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different by the Duncan's test at 5% probability level.

نتایج این تحقیق نشان داد که از میان چهار روش گِلخرابی، بیشترین بازده وجین‌کنی (۶۰/۵۷ درصد) به روتیواتور تراکتوری و کمترین آن مربوط به خاک‌همزن مرسوم تیلری (۵۱/۵۲ درصد) بود که با بازده وجین‌کنی در پادلر مخروطی (۵۳/۲۰ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت. علاوه بر آن، با افزایش تعداد دفعات گِلخرابی از یک به چهار بار، بازده وجین کنی از ۵۱/۷۸ به ۵۶/۵۴ درصد افزایش یافت (جدول ۴). ورما و دی‌وانگان (Verma and Dewangan, 2006) با مقایسه پنج تیمار خاک‌ورزی متشکل از ادوات دامی، تیلری و تراکتوری اعلام کردند که کمترین بازده وجین‌کنی در خاک‌ورز دامی (۵۲/۴۰ درصد) و بیشترین مقدار آن در روتاری تراکتوری (۹۸/۵۸ درصد) به دست آمد. مقایسه نتایج آنها با تحقیق حاضر نشان داد که بازده وجین‌کنی در این تحقیق به طور قابل‌توجهی کمتر از نتایج حاصل از این محققین بود که احتمالاً یکی از دلایل این اختلاف مربوط به تراکم و یا گونه‌های علف‌های هرز موجود در شرایط دو آزمایش باشد. مجید و همکاران (Majid *et al*., 1988) در بررسی‌های خود گزارش کردند که استفاده از روتیواتور به عنوان پادلر در مقایسه با کولتیواتور تیغه‌ای موجب تراکم کمتر جمعیت علف‌های هرز شد و علت آن را حرکت چرخشی تیغه‌های روتیواتور و هم‌زدن بیش از حد خاک عنوان کردند. اما نتایج این تحقیق با یافته‌های موسوی سیدی (Mousavi Seyedi, 2008) که اعلام کرد با افزایش درجه گِلخرابی (۱، ۳ و ۵ بار با استفاده از روتاری تیلری)، تعداد علف‌های هرز مزرعه افزایش می‌یابد، مطابقت نداشت.

شاخص گِلخرابی که به عنوان نسبت حجم خاک ته نشین شده بعد از گِلخرابی به حجم گل‌آب قبل از ته نشین شدن بیان می‌شود، در تیمارهای این آزمایش مقادیر متفاوتی داشت (جدول ۴). نتایج نشان داد که از بین چهار روش گِلخرابی، کمترین شاخص گِلخرابی در پادلر مخروطی (۴۴/۰۱ درصد) و خاک‌همزن مرسوم تیلری (۴۴/۵۰ درصد) مشاهده شد و در مقابل، بیشترین شاخص گِلخرابی مربوط به روتاری تراکتوری (۵۴/۵۳ درصد) بود که در مقایسه با پادلر مخروطی و خاک‌همزن مرسوم تیلری، شاخص گِلخرابی را به طور متوسط در حدود ۲۳ درصد افزایش داد. همچنین، با افزایش تعداد دفعات گِلخرابی از یک به چهار بار، شاخص گِلخرابی به طور معنی‌داری از ۴۵/۲۱ درصد به ۵۱/۲۳ درصد افزایش یافت (در حدود ۱۳ درصد). نتایج مشابهی توسط محققین دیگر نیز گزارش

شده است. سالوخه و رامالینگام (Salokhe and Ramalingam, 2001) گزارش کردند که با افزایش دفعات گِلخرابی از یک به سه بار، شاخص گِلخرابی از ۱۸/۳ به ۲۸/۴ درصد افزایش یافت. ورما و دی‌وانگان (Verma and Dewangan, 2006) نیز اعلام کردند که شاخص گِلخرابی با استفاده از روتاری و کولتیواتور تراکتوری در مقایسه با روتاری تیلری و پادلر دامی، به طور متوسط به ترتیب در حدود ۱۷/۵ و ۸۱ درصد افزایش یافت.

نتایج تجزیه واریانس اثر روش، تعداد دفعات گِلخرابی و اثر متقابل آنها بر برخی از خصوصیات زراعی و عملکرد دانه در رقم هاشمی نشان داد که از میان متغیرهای مورد آزمایش، روش گِلخرابی اثر معنی‌داری بر تعداد خوشه در کپه و ارتفاع بوته ($P<0.05$) و طول خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و عملکرد دانه ($P<0.01$) داشت. اثر دفعات گِلخرابی بر تعداد دانه در خوشه ($P<0.05$)، طول خوشه و عملکرد دانه، معنی‌دار ($P<0.01$) بود، اما اثر متقابل آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۵).

به طور کلی، استفاده از خاک همزن دوار تیلری و روتاری تراکتوری در مقایسه با دو روش دیگر موجب افزایش تعداد دانه در خوشه، طول خوشه و تعداد دانه پر در خوشه شده است ولی بر ارتفاع ساقه و وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نداشته است. بیشترین عملکرد دانه در گِلخرابی با استفاده از روتاری تراکتوری (۳۴۲۹ کیلوگرم در هکتار) و سپس خاک همزن دوار تیلری (۳۴۰۱ کیلوگرم در هکتار) تعیین گردید که با عملکرد دانه در خاک همزن مرسوم تیلری (۳۳۴۶ کیلوگرم در هکتار) و پادلر مخروطی تیلری (۳۳۳۲ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری داشت (جدول۶). نتایج این تحقیق با یافته های کرچوف و همکاران (Kirchhof et al., 2000) مطابقت دارد. همچنین بیشترین عملکرد دانه در سه بار گِلخرابی (۳۴۲۲ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با عملکرد دانه در چهارگِلخرابی (۳۴۰۸ کیلوگرم درهکتار) و دو بار گِلخرابی (۳۳۸۱ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). نتایج مقایسه بین میانگین‌ها نیز نشان داد که بین میانگین‌های ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد دانه پر در خوشه در دو، سه و چهار بار گِلخرابی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی این اختلاف با یک بار گِلخرابی معنی‌دار بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر روش و تعداد دفعات گلخرابی بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول

Table 5. Analysis of variance of the effect of puddling methods and times on grain yield and yield components

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		تعداد خوشه No. of panicle	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Panicle length	تعداد دانه در خوشه No. of grain per panicle	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	2.9908 ns	13.7403	2.1806 ns	21.1410 *	3.9186 ns	1391.8900
روش گلخرابی Puddling method (PM)	3	6.4535 *	13.8660 *	6.2374 **	291.9070 **	0.1622 ns	25121.4100 **
خطای روش گلخرابی Error	6	1.7067	5.4509	0.4983	27.8110	2.3016	1563.9650
دفعات گلخرابی Puddling times (PT)	3	4.0202 ns	10.3037 ns	11.0114 **	96.5420 *	0.5232 ns	20856.3980 **
خطای دفعات گلخرابی Error	6	2.1125	2.4981	1.1973	23.0410	0.2684	780.6940
روش× دفعات گلخرابی PM×PT	9	1.7368 ns	6.4412 ns	1.4109 ns	7.1690 ns	0.2549 ns	2349.2740 ns
خطای اثر متقابل Error	18	2.0050	4.0109	1.0441	21.6157	0.9175	729.0970

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر روش و تعداد دفعات گلخرابی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج

Table 6. Mean comparison of the effect of puddling methods and times on rice grain yield and yield components

Treatment	تیمار	تعداد خوشه No. of panicle	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول خوشه Panicle length (cm)	تعداد دانه در خوشه No. of grain per panicle	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
روش گلخرابی Puddling method	خاک‌همزن مرسوم تیلری Power tiller conventional puddler	13.31 b	119.96 a	29.03 b	74.95 b	24.16 a	3346.00 b
	خاک‌همزن دوار تیلری Power tiller rotary puddler	14.70 a	121.69 a	30.16 a	85.701 a	24.12 a	3401.00 a
	پادلر مخروطی Power tiller cono-puddler	14.37 ab	119.68 a	28.90 b	83.90 a	24.23 a	3332.00 b
	روتیواتور تراکتوری Tractor-mounted rotivator	15.00 a	121.65 a	30.27 a	84.50 a	24.37 a	3429.00 a
دفعات گلخرابی Puddling times	یک بار Once	14.07 a	119.41 b	28.55 b	78.22 b	24.46 a	3322.00 b
	دو بار Twice	13.67 a	120.93 ab	29.16 ab	82.70 ab	24.07 a	3381.00 ab
	سه بار Third	14.75 a	121.08 a	30.99 a	84.82 a	24.00 a	3422.00 a
	چهار بار Fourth	14.90 a	121.55 a	29.36 ab	83.30 a	24.27 a	3408.00 a

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means followed by the same letters are not significantly different by the Duncan's test at 5% probability level.

به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از پادلرهای دوار (روتیواتور تراکتوری و خاک همزن دوار تیلری) سبب بهبود شاخص گِلخرابی، بازده وجین‌کنی و افزایش عملکرد دانه شده است. بنابراین، در مزارعی که بافت خاک مشابه با محل اجرای آزمایش دارند، دو بار استفاده از خاک‌همزن دوار تیلری و یا روتیواتور تراکتوری، تیمار مناسبی برای گِلخرابی شالیزار محسوب می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از تمامی مسئولین دفتر برنج وزارت جهاد کشاورزی (به عنوان پیشنهاد دهنده و حامی مالی) و موسسه تحقیقات برنج کشور و همکاران بخش تحقیقات فنی و مهندسی این موسسه که در انجام تحقیق ما را یاری کردند، سپاسگزاری می‌شود.

References

Alizadeh, M. R. and Allameh, A. 2013. Field performance of two and four wheeled tractors in paddy field preparation. **Technical Journal of Engineering and Applied Science** 4: 298-305.

RNAM. 1995. RNAM test codes and procedures for farm machinery. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific Regional Network for Agricultural Machinery. Technical Series No.13. International Rice Research Institute, Philippines.

Awadhwal, N. K. and Singh, C. P. 1992. Puddling effects on mechanical characteristics of wet loam soil. **Journal of Terramechanics** 29: 515-521.

Bajpapi, R. K. and Tripathi, R. P. 2000. Evaluation of non-puddling under shallow water tables and alternative tillage methods on soil and crop parameters in a rice: Wheat system in Uttar Pradesh. **Soil and Tillage Research** 55: 99-106.

Calilung, E. J. and Stickney, R. E. 1989. Comparison of tillage equipment for small rice farms. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America** 20: 9-16.

Hemmat, A. and Taki, O. 2003. Comparison of compaction and puddlings on pre-planting soil preparation for mechanized rice transplanting in very gravelly calcisols in central Iran. **Soil and Tillage Research** 70: 65-72.

Lal, R. 1985. Tillage in lowland cropping system in the soil physics and rice. International Rice Research Institute, Philippines. pp: 283-306.

Kirchhof, G., Priyono, S., Utom, W. H., Adisarwanto, T., Dacanag, E. V. and So, H. B. 2000. The effect of soil puddling on the soil physical properties and the growth of rice and post-rice crops. **Soil and Tillage Research** 56: 37-50.

Majid, A., Faroog, M., Igbal, S. and Mufti, A. I. 1988. Wet and dry tillage practices in paddy production. **AMA**, 19 (3).

Mohanty, M., Painuli, D. K. and Mandal, K. G. 2004. Effect of puddling intensity on temporal variation in soil physical condition and yield of rice (*Oryza sativa* L.). **Soil and Tillage Research** 76: 83-94.

Mousavi Seydei, S. R. 2008. Effect of slippage and puddling methods on the field performance of riding type rice transplanter machines. **Iranian Journal of Agricultural Science** 18: 231-240. (In Persian).

Mohammad Sharifi, M. and Alizadeh, M. R. 2003. Study of effect of secondary tillage on weed density in rice cultivation**. Iranian Journal of Agricultural Sciences** 34: 456-470. (In Persian).

Painuli, D. K. 2000. Annual report. All India coordinated research project on soil physical constraints. Indian Institute of Soil Science, Bhopal, India.

Rahmati, M. H. and Salokhe, V. M. 2001. Effect of tillage practices on hydraulic conductivity, cone index, bulk density, infiltration and rice yield during rainy season in Bangkok clay soil. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America** 32: 31-37.

Rautaray, S. K., Watts, C. W. and. Dexter, A. R. 1997. Puddling effects on soil physical properties. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America** 28: 37-40.

Remesan, R., Roopesh, M. S., Remya, N. and Preman, P. S. 2007. Wet land weeding: A comprehensive comparative study from south India. **The CIGR E-Journal** 9: 1-21.

Rezaei, M., Tabatabaekaloor, R., Mosavi Seyedi, S. R. and Aghili, Nategh, N. 2012. Effect of puddling intensity on the in-situ engineering properties of paddy field soil. **Australian Journal of Agricultural Engineering** 3: 22-26.

Salokhe, V. M. and Ramalingam, N. 2001. Effects of direction of rotation of a rotary tiller on properties of Bangkok clay soil. **Soil and Tillage Research** 63: 65-74.

Salokhe, V. M., Hanif, M. M. and Hoki, M. 1993. Puddling effects on some physical properties of Bangkok clay soil. **Agricultural Engineering Journal** 2: 59-71.

Sharma, P., Tripathi, R. P. and Singh, S. 2005. Tillage effects on soil physical properties and performance of rice-wheat cropping system under shallow water conditions on Tari, Northern India. **European Journal of Agronomy** 23: 327-335.

Singh, K. B., Gajri, P. R. and Arora, V. K. 2001. Modeling the effects of soil and water management practices on the water balance and performance of rice. **Agricultural Water Management** 49: 77-95.

Verma, A. and Dewangan, M. L. 2006. Efficiency and energy use in puddling of lowland rice grown on vertisols in central India. **Soil and Tillage Research** 90: 100-107.

Verma, V. P. 1996. Water use in relation to soil manipulation for wet land paddy cultivation on clay-loam. **Journal of Indian Water Resources Society** 2: 62-64.

Yousofi Moghadam, S., Mousavi, F., Mostafazadeh Frad, B., Yazdani, M. R. and Hemmat, A. 2008. Effect of different levels of puddling on variation of soil moisture content and bulk density of three soil textures in Guilan. **Iranian Journal of Soil and Water** 22: 382-392. (In Persian).

Effect of method and times of puddling on some soil physical properties and rice grain yield

Mohammad Reza Alizadeh

Research Assoc. Prof., Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran

(Received: August 12, 2014- Accepted: March 16, 2015)

Abstract

To optimize the puddling operation in paddy land preparation, the effects of puddling methods and times on some soil physical properties and grain yield and yield components of rice variety Hashemi were evaluated in this research. The experiments were conducted in a split block design in three replications with two factors, puddling method in four levels (power tiller conventional puddler, power tiller rotary puddler, power tiller cono-puddler and tractor-mounted rotivator) and puddling times in four levels (from once to fourth) in a silty clay soil. Results revealed that the minimum bulk density (0.801 $g.cm^{-3}$) and maximum penetration depth of falling cone (13.31 cm), weeding efficiency (60.57 %) and puddling index (54.53 %) was related to puddling with tractor-mounted rotivator and the maximum bulk density (0.872 $g.cm^{-3}$) and the minimum of weeding efficiency and puddling index (51.52 and 44.50 %, respectively) was belonged to power tiller conventional puddler. Increasing of puddling times from once to fourth, decreased the bulk density from 0.882 to 0.795 $g.cm^{-3}$, but increased the penetration depth of falling cone from 9.04 to 12.39 cm and also weeding efficiency and puddling index from 51.78 to 56.54% and from 45.21 to 51.23 %, respectively. The grain yield in puddling with tractor-mounted rotavator and power tiller rotary puddler (3429 and 3401 $kg.ha^{-1}$, respectively) were significantly ($P<0.01$) higher than those of power tiller conventional puddler and power tiller cono-puddler (3346 and 3332 $kg.ha^{-1}$, respectively). The grain yield increased from 3322 to 3408 $kg.ha^{-1}$ with the increasing of puddling times from once to fourth, however there were no significant differences between twice, thrice and fourth puddling. In total, results of this research revealed that twice puddling with power tiller rotary puddler or tractor-mounted rotavator can be considered as a proper treatment for puddling operation in silty clay soils similar to experimental site.

Keywords: Paddy field, Puddler, Puddling index, Weeding efficiency

*Corresponding author: alizadeh_mohammadreza@yahoo.com