

تأثیر خاکورزی و گلخرابی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد برنج در اراضی شالیزاری (مطالعه موردی: شهرستان قائمشهر)

ابوالفضل بامری*^۱، محسن لطفی^۲، مهسا خالقی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۵)

چکیده

خاکورزی و گلخرابی از عملیات مهم کشت غرقابی برنج می‌باشند. گلخرابی روشی مهم و معمول در آماده‌سازی بستر برای کشت نشای برنج در اراضی شالیزاری به شمار می‌آید که با روتیواتور صورت می‌گیرد. به منظور بررسی تغییرات پارامترهای فیزیکی و هیدرولیکی خاک آزمایشی بصورت کرت خرد شده و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان قائمشهر انجام گرفت. در این پژوهش، شالیزار تحت دو تیمار اصلی، T₁ (بدون خاکورزی) و T₂ (با خاکورزی) و چهار تیمار فرعی عبور روتیواتور، P₁ (یک بار)، P₂ (دو بار)، P₃ (سه بار) و P₄ (چهار بار) قرار گرفت. سطوح مختلف گلخرابی روی زمین شالیزاری با بافت لوم اعمال و پارامترهای نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی، درصد رطوبت وزنی و جرم مخصوص ظاهری خشک خاک آن اندازه‌گیری شد. همچنین در پایان فصل کشت وزن هزاردانه برنج برای هر تیمار محاسبه شد. نتایج نشان داد که در هر دو پارامتر نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی تیمارهای اصلی T₂ دارای کمترین مقدار نفوذ و هدایت هیدرولیکی بود. همین‌طور در هر دو پارامتر با افزایش شدت گلخرابی، میزان نفوذ و هدایت هیدرولیکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با اعمال خاکورزی و افزایش شدت گلخرابی روند نزولی در جرم مخصوص ظاهری و افزایش محتوای آب خاک مشاهده شد. به‌طوری‌که، تیمار خاکورزی با گلخرابی زیاد حداکثر درصد رطوبت وزنی را داشت (۲۸/۶۷٪). روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیری روی وزن هزار دانه برنج نشان ندادند. در مقابل تیمارهای مختلف گلخرابی تأثیر بسزایی روی وزن هزار دانه برنج داشته و در تیمار گلخرابی زیاد بیشترین وزن هزار دانه برنج (۲۸/۳۸ گرم) مشاهده شد که نشان دهنده تأثیر مثبت سطوح بالای گلخرابی روی این پارامتر می‌باشد. در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که اعمال خاکورزی و گلخرابی سبب کاهش اتلاف آب و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب در کشت برنج می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بدون خاکورزی، هدایت هیدرولیکی، رطوبت خاک، وزن هزار دانه

بامری ا.، لطفی م.، خالقی م. ۱۴۰۱. تأثیر خاکورزی و گلخرابی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد برنج در اراضی شالیزاری (مطالعه موردی: شهرستان قائمشهر). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۰، شماره ۳. صفحه: ۳۰-۴۲.

۱- مربی گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران

۳- دانش آموخته دکتری، گروه مهندسی آب؛ دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل

*پست الکترونیک: rbameri@uoz.ac.ir

مقدمه

جلوگیری از نفوذ زیاد آب به خاک، تسطیح زمین، تسهیل در جذب عناصر غذایی خاک توسط ریشه و فراهم نمودن محیط مناسب برای رشد و توسعه ریشه اشاره کرد (Kalita et al., 2020).

شارما و باگات (Sharma & Bhagat, 1993) دریافتند که در خاکی با کمتر از ۷۰ درصد شن، گلخرابی فشرده‌گی بهتری ایجاد کرده و باعث کاهش نفوذ آب به خاک در سطح رضایت بخشی از کشت برنج می‌شود. کوکال و اگروال (Kukul & Aggarwal, 2002) در تحقیق خود کاهش ۱۴-۱۶ درصدی تلفات نفوذ را با افزایش شدت گلخرابی ثبت نمودند، در حالیکه میزان نیاز آبی نیز با افزایش شدت گلخرابی به میزان ۲۵-۱۰ درصد کاهش یافت. آنها اعلام کردند که عمق گلخرابی بر میزان تلفات نفوذ و یا مقدار آب آبیاری به کار برده شده تأثیری نداشته است. باگات (Bhagat, 2003) در پژوهشی که روی مدیریت خصوصیات فیزیکی خاک در اراضی پست دارای خاک‌های گلخراب شده انجام داد به این نتیجه رسید که گلخرابی در کشت برنج خلل و فرج کل خاک را به مقدار کم کاهش داده اما توزیع خلل و فرج خاک را به طور قابل توجهی تغییر می‌دهد که در ذخیره‌سازی رطوبت تأثیر بسزایی دارد. ایشان در نهایت نشان داد که برآیند گلخرابی خاک، کاهش نفوذ و بنابراین نگهداشت بهتر آب در زمین است که ممکن است به طور تقریبی باعث کاهش نیاز آبیاری شود. کوکال و سیدو (2004, Kukul & Sidhu) در بررسی‌های سه ساله خود روی یک خاک لوم شنی نشان دادند که با افزایش شدت گلخرابی، سرعت نفوذ آب به خاک بطور معنی‌داری تا ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. ایجاد گلخرابی ساختار سست در خاک ایجاد می‌کند که هدایت هیدرولیکی خاک را در این حالت کاهش می‌دهد. شارما و همکاران (Sharma, 2005) در مقایسه هدایت هیدرولیکی دو خاک در شرایط بدون گلخرابی با بافت‌های خاک رس و خاک با بافت لوم مشاهده کردند، که در خاک با بافت لوم هدایت هیدرولیکی از ۰/۶۳۷ به ۰/۱۳۳ سانتی‌متر بر ساعت کاهش یافت در حالی که در خاک رس هدایت هیدرولیکی تأثیر معنی‌داری را از خود نشان نداد (از ۰/۱۰ به ۰/۰۸ سانتی‌متر بر ساعت).

موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2009) اثر سطوح مختلف گلخرابی را بر میزان رطوبت خاک و جرم واحد

برنج مهم‌ترین منبع غذایی برای بیش از نیمی از جمعیت جهان است و شالیزارها وسیع‌ترین اراضی کشت آبی در سطح جهان می‌باشند که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرند (Owliaie et al., 2015). این گیاه در بیش از ۱۰۰ کشور و در اقلیم‌های مختلف کشت می‌شود. در سراسر جهان سالانه حدود ۱۴۸ میلیون هکتار از اراضی با در نظر گرفتن کشت دوم و سوم به محصول برنج اختصاص می‌یابد، که حدود ۹۰ درصد آن در قاره آسیا می‌باشد. خاک‌های شالیزاری با روش ویژه ای برای کشت آبی برنج مدیریت می‌شوند. عملیات مدیریتی و خاکورزی بر روی این خاک‌ها شامل تسطیح اراضی، گلخرابی^۱، نگهداری ۱۰-۵ سانتی‌متر آب طی دوره کشت برنج، زهکشی و خشک کردن اراضی در زمان برداشت و غرقاب مجدد بعد از وقفه‌ی متغیر بین چند هفته تا چند ماه است. گلخرابی احتباس آب را افزایش داده و زمینه تسطیح زمین را فراهم می‌کند

(Datta, 1981, De) Owliaie et al., 2015). اهداف اصلی عملیات سالانه‌ی خاکورزی عبارت‌اند از ایجاد شرایطی مطلوب و پایدار در خاک که ضمن ایجاد بستر مناسب برای بذر، زمینه‌ی مطلوبی برای تکامل ساقه، ریشه و یا غده‌ی گیاه فراهم کند. علاوه بر این، در انجام این عملیات اختلاط کامل بقایای گیاهی و کودهای مختلف با خاک، سهولت حرکت و کار ماشین‌های کاشت و داشت، و نیز مبارزه با عوامل زیان‌آور برای گیاه مورد نظر است. به طور خلاصه می‌توان ایجاد و حفظ نرمی یا پوکی خاک را مهمترین هدف خاکورزی دانست

(Shafie, 2008). کشاورزان در مرحله عملیات خاکورزی ثانویه شالیزارها، طی عملیاتی تحت عنوان گلخرابی (گلآب، شله زنی) خاک را با آب مخلوط می‌کنند تا ضمن نرم و آماده نمودن زمین برای نشاکاری، تلفات نفوذ آب به خاک را کاهش دهند. در حقیقت گلخرابی یک عملیات بسیار مهم در کشت غرقابی برنج است. از هدف‌های عمده گلخرابی می‌توان به تسهیل در عمل نشاکاری، کنترل بهتر علف‌های هرز به دلیل کمبود اکسیژن، مخلوط کردن یکنواخت کود با خاک،

1. Puddling

نظر گرفتن تیمارهای مختلف خاکورزی، نسبت به لایه زیرین بالاتر بوده و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک سطحی اندازه‌گیری شده در زمان برداشت برنج به طور قابل توجهی با خاکورزی کاهش یافت.

با توجه به اینکه اتخاذ شیوه‌های مناسب خاکورزی و گلخرابی از نظر کمی و کیفی می‌تواند بر بهبود خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک موثر باشد و با توجه به نقش مهم خاکورزی و گلخرابی در کشت برنج و نیز با در نظر گرفتن این نکته که تاکنون نقش این دو پارامتر مهم بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک‌های اراضی شالیزاری استان مازندران و عملکرد محصول در این استان مورد بررسی قرار نگرفته است، لذا هدف این تحقیق بررسی نقش خاکورزی و سطوح مختلف گلخرابی بر خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک و وزن هزار دانه برنج در اراضی شالیزاری واقع در استان مازندران می‌باشد.

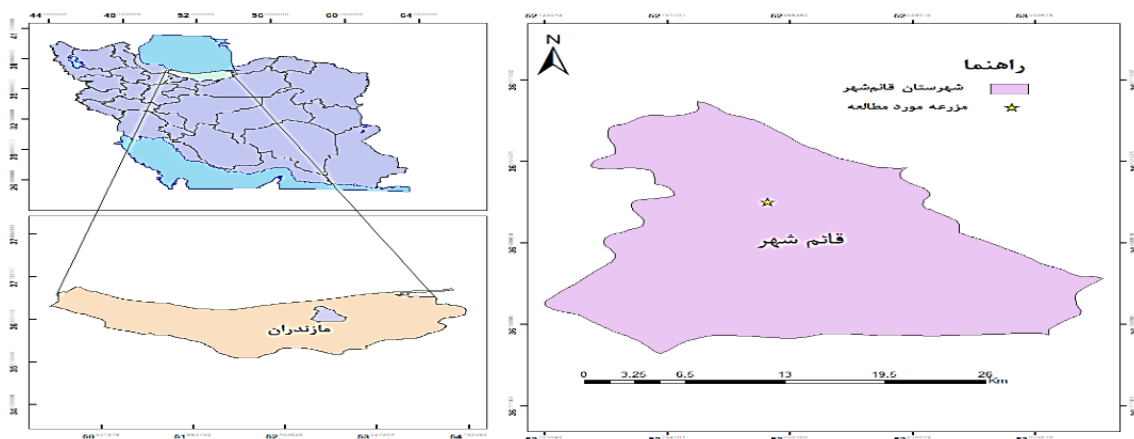
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در خرداد ماه ۱۳۹۱ در قطعه زمین زراعی که بعد از برداشت گندم، مورد کشت و کار برنج قرار گرفت، واقع در شهرستان قائمشهر (شکل ۱)، به صورت کرت‌های یک بار خرد شده^۱ در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۸ تیمار به اجرا درآمد. در این آزمایش فاکتور اصلی خاکورزی (شخم) در ۲ سطح شامل: T1 (بدون شخم) و T2 (با شخم) و فاکتور فرعی گلخرابی (روتیواتور) در چهار سطح شامل: P1 (یک بار عبور رتیواتور)، P2 (دو بار عبور رتیواتور)، P3 (سه بار عبور رتیواتور)، P4 (چهار بار عبور رتیواتور) در نظر گرفته شد.

حجم خاک در سه بافت خاک غالب در اراضی شالیزاری گیلان مورد بررسی قرار دادند که در این آزمایش از سه بافت لوم رسی، رسی سیلتی و لوم، نمونه‌های دست نخورده تهیه شد و نتایج نشان داد که با انجام عملیات گلخرابی در هر سه بافت خاک قابلیت نگهداری آب خاک در طول زمان افزایش یافت که این بیشتر به دلیل وجود منافذ ریز غالب در خاک‌های گلخراش شده می‌باشد. در هر سه بافت خاک با افزایش سطح گلخرابی نرخ کاهش رطوبت در طول زمان کاهش یافت. رضایی و همکاران (Rezaei *et al.*, 2012) در بررسی خود روی هدایت هیدرولیکی سه سطح بدون گلخرابی، یک بار گلخرابی و سه بار گلخرابی دریافتند که تیمار بدون گلخرابی با میزان هدایت هیدرولیکی ۵/۳۶ سانتیمتر بر ساعت بیشترین هدایت هیدرولیکی را به خود اختصاص داده و اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با دو تیمار گلخرابی یک و سه دارد. تیمار یک بار گلخرابی نیز با میزان هدایت هیدرولیکی ۱/۱۲ سانتی‌متر بر ساعت بعد از تیمار بدون گلخرابی قرار گرفته و اختلاف معنی‌داری نیز با تیمار سه بار گلخرابی با میزان هدایت هیدرولیکی ۰/۷۸ سانتی‌متر بر ساعت دارد. علیزاده (Alizadeh, 2015) آزمایشی را با بررسی دو عامل روش گلخرابی و دفعات گلخرابی به انجام رساند. نتایج این آزمایش بیانگر این بود که کمترین جرم مخصوص ظاهری و بیشترین مقادیر عمق نفوذ مخروط و شاخص گلخرابی در روش گلخرابی با روتیواتور تراکتوری بدست آمد. با افزایش تعداد دفعات گلخرابی از یک به چهار بار، به طور معنی‌دار چگالی ظاهری کاهش یافت. کالیتا و همکاران (Kalita *et al.*, 2020) در یک مطالعه مروری به بررسی گلخرابی و نقش آن بر روی خصوصیات فیزیکی خاک و رشد محصول برنج پرداختند. این پژوهشگران در مطالعه خود اعلام داشتند که شاخص گلخرابی خاک شالیزار هنگامی که از ابزارهای مکانیکی مخصوص گلخرابی استفاده می‌شود، به طور معنی‌داری نسبت به عملیات کشاورزان افزایش می‌یابد. همچنین جرم مخصوص ظاهری خاک در لایه سطحی بدون در

1. Split plot



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مزرعه مورد مطالعه

Figure 1. Geographical location of studied farm

اندازه‌گیری گردید. ضمناً قبل از اجرای آزمایش، برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک نیز از جمله میزان نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی، در چندین نقطه از مزرعه و یا بر روی نمونه خاک تهیه شده اندازه‌گیری گردید. در جدول ۱ خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش نشان داده شده است.

سطوح مختلف گلخراپی به صورت عملی روی زمین شالیزاری با بافت لومی اعمال شد. قبل از اجرای آزمایش از چندین نقطه مزرعه نمونه خاک مرکب سطحی و دست نخورده تهیه و برخی ویژگی‌های فیزیکی از جمله بافت و جرم مخصوص ظاهری و همچنین ویژگی‌های شیمیایی نظیر pH، شوری، کربن آلی، فسفر و پتاسیم

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

Table 1. Some physical and chemical properties of soil in the studied farm

Textural Class	Clay	Silt	Sand	av.K	av.P	O.C	TN	CCE	pH	EC
	(/.)			ppm	ppm	(/.)	(/.)	(/.)		dS m ⁻¹
Loam	39	55	6	230	15	1.35	0.13	16.9	7.6	0.47

* av.K: Soil available potassium, av.P: Soil available phosphorus, O.C: Organic Carbon, O.M: Organic Matter, TN: Total Nitrogen, CCE: Calcium Carbonate Equivalent.

پس از اعمال تیمارهای خاکورزی و گلخراپی (شکل ۲)، نمونه‌ها توسط سیلندرهایی به آزمایشگاه برده شد و هدایت هیدرولیکی به روش بار افتان مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Klute & Dirksen, 1986). ضمناً برخی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک از جمله میزان نفوذپذیری بر روی نمونه خاک‌های تهیه شده از هر پلات آزمایشی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نفوذ از روش سریع (مخصوص زمین‌های شالیزاری) استفاده شد (Prasanthkumar *et al.*, 2019). این روش در اکثر کشورهای آسیایی جنوب شرقی که زراعت برنج در اراضی آنها کشت غالب محسوب می‌گردد، اجرا می‌شود. برای این منظور دستگاهی شامل سیلندر آهنی به قطر داخلی ۲ و طول ۳۰ سانتی متر، مخزن آب به حجم ۵ لیتر با شیر قطع و وصل و لوله پلاستیکی به قطر داخلی یک

مساحت هر پلات ۲۰ متر مربع (۴×۵ متر)، فاصله بین پلات‌ها ۱ متر و به منظور دسترسی بدون تداخل روتیواتور با تیمارهای گلخراپی، فاصله بین بلوک‌ها ۴ تا ۵ متر در نظر گرفته شد. پس از پیاده کردن نقشه طرح، مرزبندی و ایجاد پوشش پلاستیکی مرزها اقدام گردید. چند روز بعد پس از عملیات گلخراپی، در هریک از تیمارها با استفاده از استوانه نمونه برداری (قطر ۸ سانتی‌متر)، نمونه دست نخورده تهیه و پس از اندازه‌گیری درصد رطوبت وزنی، جرم مخصوص ظاهری آن خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. بعد از عملیات گلخراپی، کلیه پلات‌ها آب تخت شده (غرقاب کردن کرت) و برای نشاکاری آماده گردید. نشاکاری با گیاهچه ۲۵ روزه برنج رقم طارم به فاصله ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر صورت گرفت.

مخصوص ظاهری استفاده شد. همچنین شایان ذکر است، منظور از رطوبت، رطوبت وزنی کل خاک می‌باشد که نمونه‌برداری آن از خاک اشباع و پس از عملیات گلخراپی صورت گرفته است. پس از اندازه‌گیری‌ها و ثبت تمامی داده‌ها، داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده و نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.



شکل ۲- عملیات خاکورزی (شکل راست) و زمین گلخراپ شده با عبور روتیواتور (شکل چپ)

Figure 2. Tillage operations (right figure) and muddy ground with rotavator passing (left figure)

این اختلاف معنی‌دار به سبب ناپایداری خاکدانه‌ها در تیمار خاکورزی در نتیجه شخم و متعاقب آن عملیات گلخراپی پس از آن می‌باشد. دو عامل مذکور در برخورد با هم سبب بروز تعداد حداقل خلل و فرج درشت و حداکثری خلل و فرج ریز می‌شوند (Kalita *et al.*, 2020). چنین بررسی تیمار فرعی نشان دهنده روند نزولی میزان نفوذپذیری در سطوح مختلف گلخراپی است. همانطوری که ملاحظه می‌شود تیمار P1 بیشترین میانگین نفوذپذیری و تیمار P4 کمترین میانگین نفوذپذیری را دارا هستند. لازم به ذکر است که چهار تیمار گلخراپی در روند کاهش نفوذ نسبت به هم اختلاف معنی‌داری نیز دارند. کوکال و سیندو (Kukal & Sidhu, 2004) دریافتند که هر چه شدت گلخراپی افزایش یابد به دلیل افزایش نسبت خلل و فرج ریز به خلل و فرج درشت میزان نفوذپذیری بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد. اثرات متقابل دو تیمار خاکورزی و گلخراپی بر روی میزان نفوذپذیری نشان می‌دهد که در هر تیمار اصلی خاکورزی با افزایش میزان شدت گلخراپی میزان نفوذپذیری کاهش یافته، حال آنکه این کاهش نفوذ در تیمار با خاکورزی بیشتر از تیمار بدون خاکورزی است.

سانتی‌متر و یک خط‌کش مدرج به طول ۳۰ سانتی‌متر که در کنار لوله پلاستیکی کار گذاشته می‌شود، ساخته شد. در این روش، سیلندر آهنی تا عمق ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر داخل خاک نصب گردید و سپس برای ایجاد بالاترین ارتفاع آب در لوله پلاستیکی، آب از مخزن به سمت لوله پلاستیکی هدایت شد. پس از آن شیر مخزن را بسته و افت آب در لوله پلاستیکی نسبت به زمان‌های مختلف یادداشت شد.

از رینگ‌های استوانه‌ای فلزی مخصوص به شعاع ۲/۵ سانتیمتر و ارتفاع ۴/۸ سانتیمتر برای تعیین جرم

نتایج و بحث

الف) نفوذپذیری

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری نفوذپذیری نشان دهنده تاثیر هر دو عامل خاکورزی و گلخراپی روی نفوذپذیری در سطح یک درصد بود. مقایسه میانگین تیمارها در جدول ۲، نشان‌دهنده کاهش نرخ نفوذپذیری در بین تیمارهای فرعی با افزایش سطح گلخراپی می‌باشد. بطوری‌که در هر تیمار اصلی از P1 (گلخراپی کم) به P4 (گلخراپی بسیار زیاد) با افزایش سطوح گلخراپی، کاهش معنی‌داری در سطح نفوذپذیری مشاهده می‌شود. این امر نشانگر کاهش زیاد تعداد خلل و فرج در تیمارهایی با شدت گلخراپی زیاد است که در نتیجه سبب اختلاف معنی‌داری در هر تیمار نسبت به تیمار بعد خود شده است. این نتایج، با یافته‌های دیگر محققین همخوانی دارد (Mohanty *et al.*, 2004, Kukal & Aggarwal, 2003, Saroch & Thakur, 1991). همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود اختلاف معنی‌داری در میزان میانگین نفوذپذیری بین دو تیمار اصلی وجود دارد، به طوری‌که تیمار بدون خاکورزی با میانگین نفوذپذیری ۴/۸۳ میلی‌متر بر روز بالاتر از تیمار خاکورزی با میانگین نفوذپذیری ۴/۲۶ میلی‌متر بر روز قرار گرفته است، که

جدول ۲- اثر خاکورزی و گلخراپی بر نفوذپذیری خاک (mm/d)

Table 2. The effect of tillage and puddling on soil infiltration (mm d⁻¹)

Treatment	P1	P2	P3	P4	The average of main effect of tillage
T1	6.27 ^a	5.19 ^c	4.32 ^d	3.53 ^f	4.83 A
T2	5.87 ^b	4.33 ^d	3.65 ^e	3.19 ^g	4.26 B
The average of main effect of puddling	6.07 A	4.76 B	3.98 C	3.36 D	

*: حروف یکسان در بالای اعداد نشان می‌دهد طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (حروف کوچک برای اثر متقابل و حروف بزرگ برای اثرات اصلی).

*: P1: سطح گلخراپی کم، P2: سطح گلخراپی متوسط، P3: سطح گلخراپی زیاد، P4: سطح گلخراپی بسیار زیاد، T1: بدون خاکورزی، T2: با خاکورزی

* The same letters above the numbers indicate no significant different at 5% level based on Duncan's multiple range tests (Lowercase letters for interaction effect and Capital letters for main effects) according to Duncan test are not significantly different at the 5% level.
* P1: low puddling, P2: middle puddling, P3: high puddling, P4: very high puddling, T1: without tillage, T2: with tillage

بین سطوح مختلف گلخراپی نشان می‌دهد بطوری‌که بیشترین میزان هدایت هیدرولیکی مربوط به تیمار گلخراپی کم و بعد از آن تیمارهای گلخراپی متوسط، نسبتاً زیاد و زیاد قرار دارند. کاهش در هدایت هیدرولیکی به وسیله گلخراپی احتمالاً به دلیل تخریب خاکدانه‌ها، کاهش منافذ غیر کاپیلاری (Kalita *et al.*, 2020) و مکانیسم پراکندگی رس بخصوص در خاک‌های رسی می‌باشد (So & Cook, 1993).

ب) هدایت هیدرولیکی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری پارامتر هدایت هیدرولیکی خاک نشان‌دهنده تأثیر هر دو عامل خاک‌ورزی و گلخراپی روی پارامتر هدایت هیدرولیکی خاک در سطح یک درصد بود. طبق نتایج جدول ۳، داده‌های حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای اصلی و فرعی نشان‌دهنده کاهش هدایت هیدرولیکی خاک با افزایش شدت گلخراپی در هر تیمار خاکورزی است. داده‌های اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری را

جدول ۳- اثر خاکورزی و گلخراپی بر هدایت هیدرولیکی خاک (cm h⁻¹).Table 3. The effect of tillage and puddling on soil hydraulic conductivity (cm h⁻¹)

Treatment	P1	P2	P3	P4	The average of main effect of tillage
T1	1.34 ^a	1.16 ^c	0.94 ^e	0.74 ^g	1.05 A
T2	1.26 ^b	1.09 ^d	0.83 ^f	0.64 ^h	0.94 B
The average of main effect of puddling	1.3 A	1.12 B	0.88 C	0.69 D	

*: حروف یکسان در بالای اعداد نشان می‌دهد طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (حروف کوچک برای اثر متقابل و حروف بزرگ برای اثرات اصلی).

*: P1: سطح گلخراپی کم، P2: سطح گلخراپی متوسط، P3: سطح گلخراپی زیاد، P4: سطح گلخراپی بسیار زیاد، T1: بدون خاکورزی، T2: با خاکورزی

* The same letters above the numbers indicate no significant different at 5% level based on Duncan's multiple range tests (Lowercase letters for interaction effect and Capital letters for main effects) according to Duncan test are not significantly different at the 5% level.
* P1: low puddling, P2: middle puddling, P3: high puddling, P4: very high puddling, T1: without tillage, T2: with tillage

اعمال گلخراپی دارای میانگین هدایت هیدرولیکی کمتری نسبت به تیمار بدون خاکورزی است. باریو و همکاران (Barua *et al.*, 2007) کاهش مقدار هدایت هیدرولیکی خاک را در مطالعه‌ی خود در اثر از بین بردن منافذ انتقال به دلیل شدت گلخراپی ایجاد شده با تیلر برقی عنوان نمودند. هاباس و همکاران (Hobbs *et al.*, 2002) و باجپای و تریپاتی (Bajpai & Tripathi, 2000) کاهش قابل توجه هدایت

در واقع یک سیستم منافذ پیوسته، عمودی^۱ با هدایت هیدرولیکی بالاتر ممکن است در طولانی مدت در اراضی بدون خاکورزی ایجاد شود (Rücknagel *et al.*, 2017) که با اعمال خاکورزی این منافذ کاهش یافته و یا از بین می‌رود در نتیجه تیمار خاکورزی بعد از

¹. Vertically oriented

معنی داری دارای هدایت هیدرولیکی بالاتری نسبت به تیمار با خاکورزی می باشد که با نتایج دیگر محققین هم راستا می باشد (Singh *et al.*, 2001, Mambani *et al.*, 1989, Sharma & De Datta, 1985).

ج) جرم مخصوص ظاهری خشک خاک

نتایج تجزیه واریانس داده های حاصل از اندازه گیری پارامتر جرم مخصوص ظاهری خشک خاک نشان دهنده تاثیر هر دو عامل خاکورزی و گلخراپی روی پارامتر جرم مخصوص ظاهری خشک خاک در سطح یک درصد بود. این در حالیست که اثر متقابل دو عامل، اختلاف معنی داری را بر این خصوصیت اندازه گیری شده نشان نداد. داده های حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای اصلی و فرعی نشان دهنده کاهش جرم مخصوص ظاهری خشک خاک با افزایش شدت گلخراپی در هر تیمار خاکورزی است (جدول ۴).

هیدرولیکی خاک اراضی شالیزاری در نتیجه خاکورزی توام با گلخراپی را در پژوهش های خود گزارش نمودند. از طرفی نتایج حاکی از این می باشد که با افزایش میزان گلخراپی هدایت هیدرولیکی کاهش معنی داری را از خود نشان داده است، این میزان کاهش هدایت هیدرولیکی به سبب ایجاد ساختاری سست در خاک تحت گلخراپی است که سبب کندی حرکت عمودی آب به خاک می شود (Kukul & Aggarwal, 2002). همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده تیمار گلخراپی کم با بیشترین میانگین هدایت هیدرولیکی در گروه اول قرار گرفته و تیمارهای گلخراپی متوسط، نسبتاً زیاد و زیاد نیز با اختلافی معنی دار نسبت به هم در گروه های بعد قرار گرفته اند.

اثرات متقابل دو تیمار خاکورزی و گلخراپی بر هدایت هیدرولیکی حاکی از آن است که در تیمارهای متناظر گلخراپی، تیمار مربوط به بدون خاکورزی بطور

جدول ۴- اثر خاکورزی و گلخراپی بر جرم مخصوص ظاهری خشک خاک (g/cm^3)

Table 4. The effect of tillage and puddling on soil bulk density (g cm^{-3})

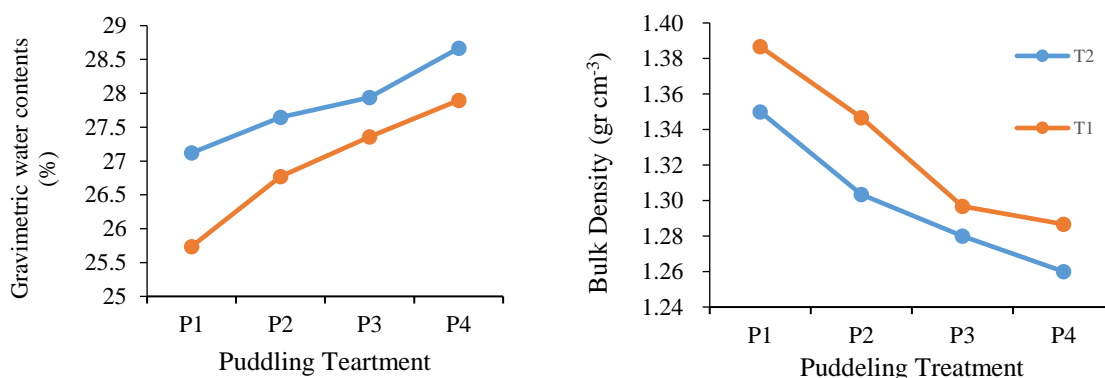
Treatment	P1	P2	P3	P4	The average of main effect of tillage
T1	1.38 ^a	1.34 ^b	1.29 ^{cd}	1.28 ^{de}	1.33 A
T2	1.35 ^b	1.3 ^c	1.28 ^e	1.26 ^f	1.29 B
The average of main effect of puddling	1.36 A	1.32 B	1.28 C	1.27 D	

*: حروف یکسان در بالای اعداد نشان می دهد طبق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد (حروف کوچک برای اثر متقابل و حروف بزرگ برای اثرات اصلی).

*: P1: سطح گلخراپی کم، P2: سطح گلخراپی متوسط، P3: سطح گلخراپی زیاد، P4: سطح گلخراپی بسیار زیاد، T1: بدون خاکورزی، T2: با خاکورزی
* The same letters above the numbers indicate no significant different at 5% level based on Duncan's multiple range tests (Lowercase letters for interaction effect and Capital letters for main effects) according to Duncan test are not significantly different at the 5% level.
* P1: low puddling, P2: middle puddling, P3: high puddling, P4: very high puddling, T1: without tillage, T2: with tillage

بیشتری اتفاق می افتد، که دلیل عمده آن حفظ ساختمان اولیه خاک است که با انجام گلخراپی در تیمار بدون خاکورزی، به دلیل افزایش کمتر میکروپوره های خاک، تخلخل کل نسبت به خاک تحت خاکورزی کمتر شده و جرم مخصوص ظاهری خشک خاک آن نسبت به تیمار خاکورزی بیشتر خواهد شد. در نتیجه اثر تیماری خاکورزی بر وزن مخصوص در سطح یک درصد معنی دار شده و با انجام عملیات شخم جرم مخصوص ظاهری خشک خاک کاهش داشته است که با نتایج تحقیقات پیشین همخوانی دارد (Singh *et al.*, 2002, Hobbs *et al.*, 2002, Bajpai & Tripathi, 2000, Sharma & De Datta, 1985, Mairghany *et al.*, 2019).

نتایج جدول ۴ نشان می دهد که تیمار خاکورزی تأثیر بسزایی روی جرم مخصوص ظاهری خاک خشک دارد. وقتی خاک تحت خاکورزی قرار گیرد، ساختمان خاک تخریب شده و خاکدانه ها شرایط ناپایداری پیدا می کنند. با عبور رتیواتور جهت گلخراپی، خاکدانه های تحت خاکورزی براحتی از هم گسسته و سبب افزایش میکروپور (منافذ ریز) خاک می شود و در نتیجه تخلخل کل خاک افزایش می یابد، که با خشک شدن خاک در آن باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خشک خاک در تیمار با خاکورزی می شود (Kalita *et al.*, 2020). این حالت در جرم مخصوص ظاهری خشک خاک تحت تیمار بدون خاکورزی، مطابق شکل ۳ در سطح



شکل ۳- تغییرات جرم مخصوص ظاهری خشک خاک (سمت راست) و درصد رطوبت وزنی (سمت چپ) تحت تأثیر تیمار خاکورزی
Figure 3. Variation in soil bulk density (right figure) and gravimetric water content (left figure) under the influence of tillage treatment

خاک در آن در مقایسه با تیمار با خاکورزی کمتر خواهد شد. ریچرت و همکاران (Reichert *et al.*, 2020) بیان می‌دارد شرایط رطوبتی خاک با افزایش میزان خاکورزی نسبت به بدون خاکورزی بهبود می‌یابد این محققین دلیل این امر را تأثیر مثبت خاکورزی بر منافذ کاپیلاری و افزایش حرکت و در دسترس بودن آب برای گیاه لوبیا و تخریب منافذ یکپارچه و عمودی خاک‌ها بیان می‌کنند که مانع از تبخیر بیش از حد محتوی آب خاک در طول دوره رشد می‌شود.

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است در تیمار گلخرابی هر چه به سمت سطوح بالاتر گلخرابی پیش می‌رویم رطوبت نگهداری شده در خاک افزایش می‌یابد، که با توجه به اینکه هر چه عبور رتیواتور بیشتر باشد خلل و فرج ریز خاک و متعاقباً خلل و فرج کل خاک نیز افزایش می‌یابد (Karunatilake & Van Es, 2002). درصد رطوبت نگهداری شده افزایش می‌یابد. با توجه به جدول، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای P1 و P4 وجود دارد، که این تفاوت بدلیل وجود افزایش نسبت خلل و فرج ریز خاک به خلل و فرج درشت در تیمار P4 نسبت به تیمار P1 است، بنابراین تیمار P4 در گروه اول قرار گرفت. ولی در مورد تیمارهای P2 و P3 اختلاف معنی‌داری وجود ندارد که نشان دهنده توزیع کم و بیش یکسان اندازه خلل و فرج آنهاست. نتایج این تحقیق با نتایج میرقانی و همکاران (Mairghany *et al.*, 2019) همسو می‌باشد.

گلخرابی نسبت خلل و فرج بزرگتر از ۳۰ میکرومتر را کاهش داده و خلل و فرج کمتر از ۳۰ میکرومتر را افزایش می‌دهد (Sharma & De Datta, 1985). با توجه به شکل ۳ ملاحظه می‌شود که تیمار گلخرابی زیاد به دلیل اعمال بیشترین عبور رتیواتور و خمیری شدن بیش از حد، سبب افزایش خلل و فرج ریز خاک و نتیجتاً سبب افزایش تخلخل کل خاک شده که پس از آن خشک کردن خاک از لحاظ جرم مخصوص ظاهری خشک خاک در پایین‌ترین سطح قرار گرفت است (Aimrun *et al.*, 2004, Sharma & De Datta, 1985). طبق شکل ۳ هر چه به سمت سطوح تیماری گلخرابی بیشتر پیش رویم روند جرم مخصوص ظاهری حالت کاهشی پیدا خواهد کرد.

د) درصد رطوبت وزنی

با توجه به جدول ۵ در تیمار اصلی خاکورزی، در شرایط خاکورزی (T2) به‌دلیل از بین رفتن ساختمان اولیه خاک و با توجه به تیمار گلخرابی که روی خاک صورت گرفته خاکدانه‌های تخریب شده پس از ته نشین شدن لابه‌لای منافذ خاک قرار گرفته و باعث افزایش میکروپور (منافذ ریز) خاک می‌شود و این عامل نسبت میکروپور خاک به ماکروپور (منافذ درشت) را افزایش داده و رطوبت خاک را به میزان بیشتری در خود نگهداری می‌کند. در حالی که در شرایط بدون خاکورزی (T1) ساختمان خاک دست نخورده باقی مانده و تغییری در اندازه منافذ خاک صورت نمی‌پذیرد و بعد از اعمال تیمار گلخرابی نسبت میکروپور به ماکروپور

جدول ۵- اثر خاکورزی و گلخراپی بر درصد رطوبت وزنی

Table 5. The effect of tillage and puddling on gravimetric water contents

Treatment	P1	P2	P3	P4	The average of main effect of tillage
T1	25.74 ^e	26.77 ^d	27.36 ^{bcd}	27.9 ^b	26.94 B
T2	27.12 ^{cd}	27.64 ^{bc}	27.94 ^b	28.67 ^a	27.84 A
The average of main effect of puddling	26.43 C	27.21 B	27.65 B	28.28 A	

*: حروف یکسان در بالای اعداد نشان می‌دهد طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (حروف کوچک برای اثر متقابل و حروف بزرگ برای اثرات اصلی).

*: P1: سطح گلخراپی کم، P2: سطح گلخراپی متوسط، P3: سطح گلخراپی زیاد، P4: سطح گلخراپی بسیار زیاد، T1: بدون خاکورزی، T2: با خاکورزی

* The same letters above the numbers indicate no significant different at 5% level based on Duncan's multiple range tests (Lowercase letters for interaction effect and Capital letters for main effects) according to Duncan test are not significantly different at the 5% level.

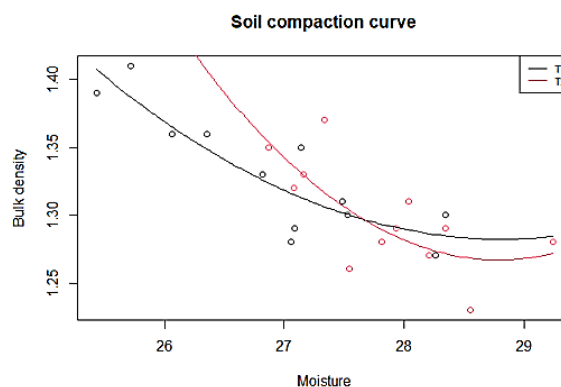
* P1: low puddling, P2: middle puddling, P3: high puddling, P4: very high puddling, T1: without tillage, T2: with tillage.

اما منحنی تراکم T2 دارای حداکثر محتوای آب بالاتر در مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک معین نسبت به منحنی T1 می‌باشد. دلیل این امر می‌تواند انجام عملیات خاکورزی و تخریب ساختمان اولیه خاک و خرد کردن خاکدانه‌ها باشد که منجر به افزایش خلل و فرج کمتر از ۳۰ میکرومتر و در نتیجه افزایش فشار منفی آب یا نیروی کاپیلاری گردد. در این ارتباط ریچرت و همکاران (Reichert *et al.*, 2018) اظهار می‌دارند به طور کلی، با افزایش کشش آب خاک، خاک در برابر تراکم مقاومت بیشتری می‌کند و وزن مخصوص خشک کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. همچنین بوگانوویچ و همکاران (Bogunovic *et al.*, 2015) در بررسی تراکم خاک در سه سیستم خاکورزی در کشور کرواسی گزارش کردند که سختی و تراکم خاکها پس از خاکورزی یا هنگامی که میزان رطوبت خاک افزایش می‌یابد، دارای روند کاهشی می‌باشد.

ذ) منحنی تراکم

همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در ابتدا منحنی تراکم خاک در تیمار خاکورزی (T2) دارای مقادیر بالاتری نسبت به تیمار بدون خاکورزی (T1) می‌باشد. اما با افزایش سطوح گلخراپی منحنی تراکم در رطوبت‌های بالاتر افت می‌کند. در واقع در تیمار بدون خاکورزی، وقتی آب به خاک خشک اضافه می‌شود، ذرات خاک به دلیل تشکیل فیلم آب در اطراف آن‌ها، نزدیکتر می‌شوند و به دنبال آن به دلیل فشار حاصل از ساختمان طبیعی خاک و وزن خاک با افزایش محتوای آب خاک، ذرات خاک در این تیمار به یکدیگر نزدیکتر می‌شوند. در این شرایط، مخلوطی از ترکیب خاک، آب و هوا حجم کمتری را اشغال می‌کند و به عنوان یک پاسخ به این شرایط، جرم مخصوص ظاهری خشک خاک افزایش می‌یابد. در بسیاری از مطالعات در خاک‌های بدون خاکورزی، میزان فشردگی بالا گزارش شده است (Reichert *et al.*, 2009; Suzuki *et al.*, 2013,)

(Reichert *et al.*, 2018)



شکل ۴- منحنی تراکم خاک در تیمارهای خاکورزی

Figure 4. Soil compaction curve in tillage treatments

و بی خاکورزی بیان کردند که از نظر عملکرد دانه برنج، بین این دو روش خاکورزی اختلاف معنی داری وجود ندارد. در واقع ثبات وزن هزار دانه در روش‌های مختلف خاکورزی و تفاوت آن در رقم‌ها نشان دهنده کنترل شدید ژنتیکی و تأثیرپذیری ناچیز این صفت از روش خاکورزی است.

ر) وزن هزار دانه برنج
وزن هزار دانه در برنج از پایدارترین خصوصیات وارپته‌ای به شمار می‌آید. جدول ۶ اثر دو تیمار خاکورزی و بدون خاکورزی را روی وزن هزار دانه برنج نشان می‌دهد. ارقام گزارش شده در جدول بیانگر این مطلب است که روش‌های مختلف خاکورزی تأثیری روی وزن هزار دانه برنج ندارند. آمباساکیکی و همکاران (1996, *et al.*) (Ambassa-Kiki) نیز با مقایسه روش خاکورزی مرسوم

جدول ۶- اثر خاکورزی و گلخراپی بر وزن هزار دانه برنج
Table 6- The effect of tillage and puddling on 1000-grain weight of rice

Treatment	P1	P2	P3	P4	The average of main effect of tillage
T1	27.27 ^c	27.6 ^{bc}	27.97 ^b	28.73 ^a	27.892 A
T2	27.37 ^c	27.53 ^{bc}	27.63 ^{bc}	28.03 ^b	27.642 A
The average of main effect of puddling	27.32 C	27.57 BC	27.8 B	28.38 A	

*: حروف یکسان در بالای اعداد نشان می‌دهد طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود ندارد (حروف کوچک برای اثر متقابل و حروف بزرگ برای اثرات اصلی).

*: P1: سطح گلخراپی کم، P2: سطح گلخراپی متوسط، P3: سطح گلخراپی زیاد، P4: سطح گلخراپی بسیار زیاد، T1: بدون خاکورزی، T2: با خاکورزی

* The same letters above the numbers indicate no significant different at 5% level based on Duncan's multiple range tests (Lowercase letters for interaction effect and Capital letters for main effects) according to Duncan test are not significantly different at the 5% level.
* P1: low puddling, P2: middle puddling, P3: high puddling, P4: very high puddling, T1: without tillage, T2: with tillage.

(۲۷/۸۴٪) و بیشترین محتوای آب خاک (۰/۹۴ cm/h) را داراست. اما تأثیر این تیمار بر وزن هزار دانه برنج معنی دار نبود. همچنین در تیمارهای فرعی تیمار گلخراپی زیاد نسبت به سه تیمار دیگر قبل خود، دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری خاک (۱/۲۷ g/cm³)، نفوذپذیری (۳/۳۶ mm/d) و هدایت هیدرولیکی (cm/h) (۰/۶۹) و بیشترین محتوای آب خاک (۲۸/۲۸٪) و وزن هزار دانه برنج (۲۸/۳۸ g) می‌باشد. داده های این مطالعه نشان می‌دهد که عملیات خاکورزی با تغییر موقعیت کلوخه‌ها و کاهش اندازه آنها با کاهش جرم مخصوص ظاهری خشک خاک و افزایش تخلخل خاک اثر مطلوب بر ساختار خاک برای تهیه بستر کشت برنج دارد. به طور کلی با نتایج بدست آمده چنین می‌توان برداشت نمود که در شرایط بحران آب کنونی اعمال مدیریت‌های مناسب جهت بهبود وضعیت کشت غرقابی برنج و کاهش تلفات نفوذ، امری ضروری بوده و اعمال مدیریت‌های سودمند نظیر خاکورزی و گلخراپی هدفمند، افزایش بهره‌وری آب را نتیجه خواهد داد.

در مقابل تیمارهای مختلف گلخراپی تأثیر بسزایی روی وزن هزار دانه برنج دارند. به طوری که ملاحظه می‌شود تیمار گلخراپی زیاد بیشترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داده است که نشان دهنده تأثیر مثبت سطوح بالای گلخراپی روی وزن هزار دانه برنج است ردی و هاگری (Reddy & Hukkeri, 1983) در پژوهش خود در کشور هندوستان نشان دادند که بالاترین عملکرد وزن هزار دانه مربوط به تیمار گلخراپی زیاد است. همچنین می‌توان اختلافی معنی دار را بین سطوح گلخراپی کم، نسبتاً زیاد و زیاد را نیز مشاهده کرد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعه تأثیر خاکورزی (تیمار اصلی) و شدت‌های مختلف گلخراپی (تیمار فرعی) نشان داد که هر کدام از تیمارهای مورد بررسی بطور مجزا روی جرم مخصوص ظاهری خاک، درصد رطوبت وزنی، نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک تأثیر عمده دارند. در تیمارهای اصلی (بدون خاکورزی و با خاکورزی)، تیمار با خاکورزی کمترین میزان جرم مخصوص ظاهری خاک (۱/۲۹ g/cm³)، نفوذپذیری (۴/۲۶ mm/d) و هدایت هیدرولیکی

References

- Aimrun W., Amin M. S. M. and Eltaib S. M. 2004. Effective porosity of paddy soils as an estimation of its saturated hydraulic conductivity. *Geoderma*, 121:197-203.
- Alizadeh M. R. 2015. Effect of method and times of puddling on some soil physical properties and rice grain yield. *Cereal Research*, 5(1): 33-43. (In Persian)
- Ambassa-Kiki R., Abobaker Y. and Boulama T. 1996. Zero-tillage for rice production on Cameroonian vertisols. *Soil & Tillage Research*, 39(1, 2):75-84.
- Bajpai. 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 & Tillage Research*, 55: 99-106.
- Barua N. G., Barkakoty P. K., Borua D. C. and Kalita, J. 2007. Effect of tillage on physical properties of soil under lowland conditions and crop performance in rice-toria system. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development*, 22(1): 52-56.
- Bhagat R.M. 2003. Management of soil physical properties of lowland puddled rice soil for sustainable food production. Department of soil science. Manage of soil properties. pp 64-75.
- De Datta S. K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. IRRI. Los Baños. Philippines. 618 pp.
- Bogunovic I., Sraka M., and Dekemati I. 2015. Temporal Changes in Soil Water Content and Penetration Resistance Under Three Tillage Systems. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 80: 187-195 (4).
- Hobbs P. R., Singh Y., Giri G. S., Lauren J. G., and Duxbury, J. M. 2002. Direct seeding and reduced tillage options in the rice-wheat systems of the Indo-Gangetic Plains of South Asia. In "Direct seeding in Asian Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities". International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. pp. 201-205
- Kalita J., Ahmed P. and Baruah N. 2020. Puddling and its effect on soil physical properties and growth of rice and post rice crops: A review. *Journal Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4): 503-510.
- Karunatilake U.P., and Van Es H.M. 2002. Rainfall and tillage effects on soil structure after alfalfa conversion to maize on a clay loam soil in New York. *Soil & Tillage Research*, 67 (2): 135-146.
- Kukul S.S. and Aggarwal G. C. 2002. Percolation losses of water in relation to puddling intensity and depth in a sandy loam rice (*Oryza Sativa*) field. *Agricultural Water Management*, 57: 49-59.
- Kukul S. S. and Aggarwal G. C. 2003. Puddling depth and intensity effects in rice-wheat system on a sandy loam soil. II. Water use and crop performance. *Soil & Tillage Research*, 74(1): 37-45.
- Kukul S. S. and Sidhu A. S. 2004. Percolation losses of water in relation to pre-puddling tillage and puddling intensity in a puddled sandy loam rice (*Oryza sativa* L.) field. *Soil & Tillage Research*, 78: 1-8.
- Klute A., and Dirksen C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. Methods of soil analysis: part 1—physical and mineralogical methods. pp. 687-734.
- Mairghanya M., Yahyaa A., Adamb N.M., Mat Suc A. M., Aimruna W., and Elsoragaby S. 2109. Rotary tillage effects on some selected physical properties of fine textured soil in wetland rice cultivation in Malaysia. *Soil & Tillage Research*, 194: 104318.
- Mambani B., De Datta S. K. and Redulla, C. A. 1989. Land preparation requirements for rainfed rice as affected by climatic water balance and tillage properties of lowland soils. *Soil & Tillage Research*, 14: 219-230.
- Mohanty M., Painuli D. K. and Mandal K. G. 2004. Effect of puddling intensity on temporal variation in soil physical conditions and yield of rice (*Oryza sativa* L.) in a Vertisol of central India. *Soil & Tillage Research*, 76: 83-94.
- Mousavi S. F., Yousefi-Moghadam S., Mostafazadeh-Fard B., Hemmat A. and Yazdani M. R. 2009. Effect of puddling intensity on physical properties of a silty clay soil under laboratory and field conditions. *Paddy Water Environment*, 7: 45-54.
- Owliaie H. R., Keshavarzi M. and Adhami E. 2015. Comparison between physicochemical properties and clay mineralogy of paddy soils of Noorabad (Fars Province) and adjacent virgin lands. *Journal of Soil Management and Sustainable*, 4(4): 105 - 125. (In Persian)
- Prasanthkumar K., Saravanakumar M., and Gunasekar J.J. 2019. Water Management through Puddling Techniques. *Journal Krishi Vigyan*, 8 (1): 297-300.
- Reddy SR; Hukeri SB.1983. Effect of tillage practices on irrigation requirement, weed control and yield of lowland rice. *Soil and Tillage Research*, 3: 147-158

- Reichert J.M., Suzuki L.E.A.S., Reinert D.J., Horn R., and Håkansson I. 2009. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil & Tillage Research*, 102: 242–254.
- Reichert J. M., Mentges M. I., Rodrigues M. F., Cavalli J. P., Oladele Awe G., and Mentges L. R. 2018. Compressibility and elasticity of subtropical no-till soils varying in granulometry organic matter, bulk density and moisture, *Catena*, 165: 345-357.
- Reichert J. M., da Silva V. R., Awe G. O., Wendroth O. O., and Srinivasan R. 2020. Defining tillage need for edible bean production under no-tillage: Classical and time series analyses. *Soil & Tillage Research*, 202: 104671.
- Rezaei M., Tabatabae koloor R., Mousavi seyedi S. R. and Aghili Nategh N. 2012. Effects of puddling intensity on the in-situ engineering properties of paddy field soil. *Australian journal of agriculture engineering*, 3(1): 22-26.
- Rücknagel J., Rademacher A., Götze P., Hofmann B., and Christen, O. 2017. Uniaxial compression behaviour and soil physical quality of topsoils under conventional and conservation tillages. *Geoderma*, 286, 1–7.
- Saroch K. and Thakur R. C. 1991. Effect of puddling (wet tillage) on rice yield and physico-chemical properties of soil. *Soil & Tillage Research*, 21(1-2): 147-152.
- Shafie S. A. 2008. Tillage machines. Tehran University of Agriculture and Natural Resource Publications. 216 p. (In Persian)
- Sharma P. K. and Bhagat R. M. 1993. Puddling and compaction effects on water permability of texturally different soils. *Journal Indian Society Soil Science*, 41: 1-6.
- Sharma P. K. and De Datta S. K. 1985. Puddling influence on soil, rice development and yield. *Soil Science Society of America*, 49: 1451-1457.
- Sharma P. K., Tripathi R. P. and Singh S. 2005. Tillage effects on soil physical properties and performance of rice-wheatcropping system under shallow water table table conditions of Tari, Northern India. *European Journal Agronomy*, 23: 327-335.
- Singh S., Sharma S. N. and Prasad R. 2001. The effect of seeding and tillage methods on productivity of rice-wheat cropping system. *Soil & Tillage Research*, 61: 125-131.
- Singh Y., Bharadwaj A. K., Singh S. P., Singh R. K., Chaudhary D. C. and Saxena, A. 2002. Effect of rice (*Oryza sativa*) establishment methods, tillage practices in wheat (*Triticum aestivum*) and fertilization on soil physical properties and rice–wheat system productivity on silty clay Mollisol of Uttaranchal. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 72: 200-205.
- So, H. B. and Cook, G. D. 1993. The effect of slaking and dispersion on the hydraulic conductivity of clay soil. *Catena*, 24: 55-64.
- Suzuki L.E.A.S., Reichert J.M., and Reinert D.J. 2013. Degree of compactness, soil physical properties and yield of soybean in six soils under no-tillage. *Soil Research*, 51: 311–321.

The Effect of Tillage and Puddling on Some Soil Physical Properties and Rice Yield in Paddy Lands (Case study: Ghaemshahr City)

Abolfazl Bameri^{1*}, Mohsen Lotfi², Mahsa Khaleghi³

(Received: February 2021 Accepted: June 2021)

Abstract

Tillage and puddling are important operations of paddy field. Puddling is an important and common method in bed preparation for rice seedling cultivation in paddy lands, which is done with rotavator. To investigate the changes in soil physical and hydraulic parameters, an experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete block design with three replications in Ghaemshahr, Iran. In this study, the rice field was under two main treatments, T1 (without tillage) and T2 (with tillage) and four sub-treatments of passing the rotavator, P1 (once), P2 (twice), P3 (three times) and P4 (four Times). Different levels of puddling on the paddy field with loam texture were applied and the parameters of infiltration, hydraulic conductivity, gravimetric water contents and dry soil bulk density were measured. Also, at the end of the cultivation season, 1000-grain rice weight was calculated for each treatment. The results showed that in both parameters of permeability and hydraulic conductivity, the T2 treatments had the lowest amount of infiltration and hydraulic conductivity. Also, in both parameters, with increasing the intensity of puddling, the rate of infiltration and hydraulic conductivity decreased significantly. By applying tillage and increasing the intensity of puddling, a decreasing trend in the bulk density and an increasing trend in soil water content were observed. So that, the tillage treatment with high puddling (P4) had the maximum weight moisture (28.67 %). Different tillage methods did not show any effect on the weight of 1000-grains rice. In contrast, different puddling treatments had a significant effect on the weight of 1000-grains rice and in high puddling treatment the highest weight of 1000-grains rice (28.38 g) was observed showing the positive effect of high levels of puddling on this parameter. Finally, it can be concluded that tillage and puddling reduce water loss and thus increase water productivity in the rice cultivation.

Key words: No Tillage, Hydraulic Conductivity, Soil Moisture, The weight of 1000 grains

Bameri A. Lotfi M. and Khaleghi M. 2022. The effect of tillage and puddling on some soil physical properties and rice yield in paddy lands (case study: Ghaemshahr city). *Applied Soil Research*, 10(3): 30-42.

1- Lecturer, Department of Soil Science, Faculty of Water and Soil, Zabol University, Iran. (Corresponding Author)

2- Master Graduated, Soil Engineering Department, Faculty of Agricultural Engineering, Azad University of Tehran, Iran

3- Ph.D. Graduated, Water Engineering Department, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Iran

* Corresponding Author Email: rbameri@uoz.ac.ir