اثر عملیات خاک ورزی روی خواص فیزیکی خاک و عملکرد محصول برنج

محمد هاشم رحمتی[۱]- ارژنگ جوادی[۲]

چکیده

امروزه برنج غذای اصلی اکثر مردم جهان را تشکیل می‌دهد و هر ساله در حدود ۱۵۵/۱۲ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دنیا به کشت این محصول اختصاص داده می‌شود و عملکرد آن در حدود ۵۹۶/۵ میلیون تن می‌باشد. روشهای خاک‌ورزی مختلفی جهت تهیه و آماده‌سازی مزرعه برنج وجود دارد. انتخاب روش خاک ورزی مناسب در هر منطقه به فاکتورهای متعددی از قبیل بافت و ساختمان خاک، عمق آب زیرزمینی، اقلیم و شرایط آب و هوایی، شرایط فیزیکی خاک و فاکتورهای دیگر بستگی دارد. خواص فیزیکی خاک از مهمترین عواملی می باشند که می تواند تحت تاثیر قرار گبرد. در این تحقیق، اثر روشهای مختلف خاک ورزی بر بعضی از خواص فیزیکی خاک از قبیل هدایت هیدرولیکی، جرم مخصوص ظاهری، نفوذپذیر آب در خاک، شاخص مخروطی و عملکرد برنج در طی فصل بارانی در خاک رسی بانکوک (تایلند) مطالعه گردید تا بدینوسیله اثر روشهای مختلف خاک ورزی روی خواص فیزیکی فوق و عملکرد محصول برنج مشخص شود. تیمارهای خاک ورزی در این تحقیق عبارت بودند از:

۱- شخم با گاوآهن برگرداندار به عمق ۱۵-۰ سانتی متر، روتیواتور یک بار، چنگه دندانه میخی سه بار، ماله کشی بوسیله ماله چوبی و سپس نشاء کاری بوسیله نشاءکار *(T1)* ۲- شخم باگاوآهن برگرداندار، سه بارچنگه دندانه میخی، ماله‌کشی بوسیله‌ماله چوبی وسپس‌نشاءکاری بوسیله نشاءکار *(T2)* ۳- شخم با گاوآهن برگرداندار، دو بار روتیواتور، سه بار چنگه دندانه میخی، ماله کشی بوسیله ماله چوبی و نشاء کاری بوسیله نشاء کار *(T3)* ۴- شخم باگاوآهن برگرداندار، دو بارچنگه دندانه میخی، ماله‌کشی بوسیله ماله چوبی وسپس بذرپاشی بروش دستی*(T4)*.

نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان داد که تیمارهای *T1* و *T3* با کاهش دادن بیشتر مقادیر جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروطی در خاک زراعی سطحی (۰-۱۵ سانتی متر عمق

خاک) درمقایسه با سایر تیمارهای خاک ورزی با ایجاد شرایط مطلوب‌تر برا ی رشد ریشه برنج سبب افزایش عملکرد محصول برنج گردیدند.

۱- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی (کرج)
۲- عضو هیئت علمی وسرپرست موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی (کرج)

کلمات کلیدی : خاک ورزی، خواص فیزیکی خاک، برنج

مقدمه :

برنج غذای عمده بیش از ۶۰ درصد مردم جهان است *(Jayadeva et al., 1996)* از نظر سطح برداشت برنج در جهان پس از گندم در مقام دوم قرار دارد و از نظر مقدار کالری، برنج میزان کالری بیشتری نسبت به سایر غلات فراهم می‌کند. بطور متوسط سهم هر فرد در هر روز از انرژی تولید شده در کشاورزی در جهان ۳۱۱۹ کالری می باشد که ۵۵۲ کالری این انرژی (۱۸٪) توسط برنج تامین می گردد *(De Datta et al., 1981)*. متداول ترین روش برای آماده سازی زمین برنج در آسیای جنوب شرقی پادلینگ (بر هم زدن خاک در حالت اشباع و غرقابی) می باشد. این روش به کنترل علف های هرز، سهولت نشاءکاری، ذخیره نمودن آب و کاهش شستشوی مواد غذایی خاک کمک می نماید *(De Datta et al., 1988)*. بعبارت دیگر عملیات پادلینگ میزان نفوذ آب در خاک را کاهش می دهد، اما کاهش زیاد نفوذ آب در خاک باعث افزایش ترکیبات آلی سمی در اطراف ریشه ها شده و از توسعه ریشه ها جلوگیری می نماید و در نتیجه عملکرد محصول برنج کاهش می یابد *(Yamazaki, 1992)*. بعلاوه عملیات پادلینگ باعث فشرده شدن خاک زیرین (خاک زیر لایه شخم) می شود و مقاومت خاک را افزایش می دهد. اما رشد مطلوب و نفوذ بیشتر ریشه های برنج در خاک بوسیله جرم مخصوص ظاهری کمتر حاصل می گردد *(Kar and Varade, 1972)*. ساکانو و میزونوما گزارش کردند که کاربرد روش مرسوم پادلینگ در تهیه زمین برنج نسبت به اجرای عملیات خاک ورزی در شرایط خاک خشک مزرعه بطور معنی داری عملکرد محصول برنج را افزایش داد. زیرا روش پادلینگ نفوذ پذیری آب در خاک را کاهش داد و در نتیجه آبشویی نیتروژن در خاک نیز کاهش یافت و سبب گردید تا نیتروژن بیشتری در دسترس ریشه گیاه قرار گیرد و بدین ترتیب عملکرد محصول برنج افزایش یافت *(Sakanoue and Mizunuma, 1962)* . با مرور تحقیقات انجام شده ملاحظه می‌گردد که نتایج بدست آمده نسبتاً متفاوت می باشد و در مناطق مختلف نمی توان از یک روش خاک ورزی معینی برای تهیه زمین برنج استفاده کرد. اثرات این روشها بر هدایت هیدرولیکی، سرعت نفوذ آب در خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک، شاخص مخروطی و عملکرد محصول برنج کاملاً متفاوت هستند. عواملی از قبیل میزان دسترسی آب یا مقدار آب موجود و قابل دسترس،

توپوگرافی زمین، آب و هوا، بافت خاک، رقم برنج مورد کشت، سرعت نفوذ آب در خاک، عمق آب زیرزمینی، تراکم خاک و ... را می توان نام برد(*De Datta et al., 1988*). نتایج بدست آمده از تحقیقات قبلی نشان داد که مطالب و تحقیقات زیادی در مورد اثر عملیات متفاوت خاک ورزی بر فاکتورهای هدایت هیدرولیکی، سرعت نفوذ آب در خاک، شاخص مخروطی (تراکم خاک)، وزن مخصوص ظاهری و عملکرد برنج در خاک رسی بانکوک در فصل بارانی انجام نشده است. در این تحقیق اثر روشهای مختلف خاک ورزی بر خواص فیزیکی فوق و عملکرد محصول برنج در فصل بارانی مورد مطالعه قرار گرفت و دیگر اهداف مورد نظر این تحقیق عبارت بودند از: تعیین تیمار یا تیمارهای خاک ورزی که نسبت به سایر تیمارها محصول بیشتری تولید می‌نمایند. مطالعه تغییر در مقادیر شاخص مخروطی، جرم مخصول ظاهری خاک، هدایت هیدرولیکی و سرعت نفوذ آب در خاک بوسیله هر تیمار خاک ورزی، بررسی ومطالعه اثر تغییر در مقادیر شاخص مخروطی، جرم مخصوص ظاهری خاک، هدایت هیدرولیکی و سرعت نفوذ آب در خاک روی عملکرد محصول برنج.

مواد و روشها :

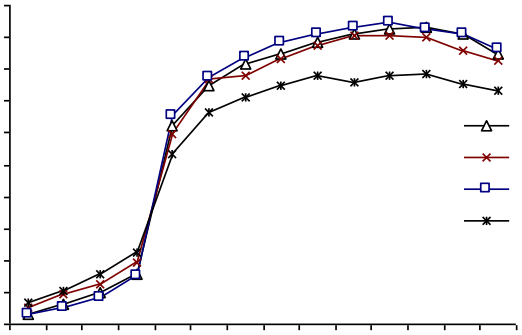
این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین المللی *(Asian Institute of Technology)* *AIT* واقع در بانکوک، تایلند انجام شد. کشور تایلند در نزدیکی خط استوا واقع شده و دارای آب و هوای گرم و پر باران می باشد. میزان متوسط بارندگی سالیانه در این کشور ۱۵۰۰ میلی متر است و تعداد فصول آن فقط دو فصل است. فصل بارانی و فصل خشک که در طول سال دارای سه فصل بارانی و یک فصل خشک می باشد، این تحقیق در واقع در دو فصل بارانی و یک فصل خشک انجام شد، نتایج فصل اول بارانی در این مقاله تشریح شده است. خاک مزرعه تحقیقاتی از نوع رسی بود که در عمق ۱۵-۰ سانتی متر دارای ۲۳٪ سیلت، ۱۱٪ ماسه و ۶۶٪ رس می باشد و در عمق ۳۰-۱۵ سانتی متری دارای ۲۱٪ سیلت، ۲٪ ماسه و ۷۷٪ رس است و در عمق ۵۰-۳۰ سانتی این خاک شامل ۲۲٪ سیلت، ۳٪ ماسه و ۷۵٪ رس است . تیمارهای خاک ورزی استفاده شده در این تحقیق عبارت بودند از : ۱- شخم با گاوآهن برگرداندار به عمق ۱۵-۰ سانتی متر، روتیواتور یک بار، چنگه دندانه میخی سه بار، ماله کشی بوسیله ماله چوبی و سپس نشاء کاری بوسیله نشاءکار *(T1)* ۲- شخم باگاوآهن برگرداندار، سه بارچنگه دندانه میخی، ماله‌کشی بوسیله‌ماله چوبی وسپس‌نشاءکاری بوسیله نشاءکار *(T2)* ۳- شخم با گاوآهن برگرداندار، دو بار روتیواتور، سه بار چنگه دندانه میخی، ماله کشی بوسیله ماله چوبی و نشاء کاری بوسیله نشاء کار *(T3)* ۴- شخم باگاوآهن برگرداندار، دو بارچنگه دندانه میخی، ماله‌کشی بوسیله ماله چوبی وسپس بذرپاشی بروش دستی*(T4)*. در این تحقیق از طرح بلوک های کامل تصادفی *(RCBD)* با چهار تیمار و چهار تکرار استفاده شده و بنابراین ۱۶ کرت آزمایشی در نظر گرفته شد که ابعاد هر کرت ۱۰×۲۲ متر بوده است. بمنظور اندازه گیری مقاومت به نفوذ خاک در هر کرت آزمایشی ۱۰ نقطه بصورت تصادفی انتخاب گردید و شاخص مخروطی *(CI)* در هر نقطه قبل و بعد از اجراء عملیات خاک‌ورزی توسط دستگاه پنترومتر تا عمق ۵۰ سانتی متری خاک اندازه گیری شد.

مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع و جرم مخصوص ظاهری قبل از انجام عملیات خاک ورزی و سپس چهل روز پس از اجراء عملیات نشاء کاری اندازه گیری گردید. بمنظور تعیین هدایت هیدرولیکی خاک اشباع

و جرم مخصوص ظاهری *(BD)* در هر کرت آزمایشی چهار نقطه بصورت تصادفی انتخاب گردید و در هر نقطه از عمق های ۱۵-۰ ، ۳۰-۱۵ و ۴۰-۳۰ سانتی متری عمق خاک توسط مته مخصوص نمونه برداری نمونه های خاک دست نخورده تهیه گردید. هدایت هیدرولیکی نمونه خاک های تهیه شده توسط روش بار افتان *(Falling head method)* اندازه گیری شد و جرم مخصوص ظاهری این نمونه خاک ها توسط روش استاندارد محاسبه گردید (۶). میزان سرعت نفوذ آب در خاک قبل از اجراء عملیات خاک ورزی در کرت های آزمایشی و ۲۵ روز پس از اجرای عملیات نشاء کاری اندازه گیری شد. بمنظور تعیین سرعت نفوذ آب در هر کرت ۲ نقطه بطور تصادفی انتخاب و سرعت نفوذ آب در خاک در هر نقطه بوسیله استوانه مضاعف *(Double Ring)* اندازه گیری شد. یک هفته قبل از عملیات برداشت، در هر کرت آزمایشی ۵۰ کپه بطور تصادفی انتخاب گردید و درهر کپه، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه های کپه، تعداد پانیکول در هر کپه و تعداد دانه برنج در هر پانیکول اندازه گیری شد و بدین ترتیب مقادیر متوسط هر یک از این پارامترها در هر کرت و تیمار تعیین شد. پس از رسیدن محصول، در هر کرت ازمایشی با قرار دادن قاب چوبی به مساحت یک متر مربع بر روی محصول بصورت تصادفی و در ۲۰ تکرار، جمعاً ۲۰ متر مربع از محصول هر کرت آزمایشی برداشت گردید (۷). محصول برداشت شده از هر پلات بوسیله خرمنکوب برنج کوبیده شد و سپس بوسیله الک دانه های برنج از سایر بقایای گیاهی محصول (کاه و کلش) جدا شد. پس از وزن نمودن کاه و اندازه گیری رطوبت آن وزن خشک کاه برداشت شده در هر کرت آزمایشی (در مساحت ۲۰ متر مربع) محاسبه سپس وزن خشک کاه در هکتار تعیین شد. عملیات برداشت با حذف یک متر از حاشیه طولی و عرضی هر کرت بوسیله کمباین برنج انجام شد و محصول برداشت شده بوسیله خرمنکوب کوبیده شد. وزن دانه های بدست آمده (محصول برنج) از هر کرت آزمایشی اندازه گیری شد و بطور همزمان رطوبت دانه های برنج نیز بوسیله دستگاه رطوبت سنج دانه اندازه گیری شد وعملکرد محصول برنج در هر کرت بر مبناء رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید (۵). ضمناً دو هفته قبل از برداشت محصول از هر کرت بطور تصادفی ۵۰ گیاه برنج با ریشه از خاک خارج شد و طول ریشه ها و وزن خشک آنها اندازه گیری شد. پس‌از انجام همگی اندازه‌گیری‌های ذکر شده واطلاعات ومیانگین‌های بدست آمده، مقادیر میانگین‌های اندازه‌گیری شده(جرم مخصول ظاهری، شاخص‌مخروطی، هدایت هیدرولیکی،اجزاء محصول،عملکردمحصول و ...) درتیمارهای مختلف خاک‌ورزی بوسیله آنالیز واریانس*(ANOVA)* مورد تجزیه وتحلیل قرارگرفتند ومقایسه بین‌میانگین تیمارهای مختلف بوسیله آزمون*LSD* درسطح۵٪ انجام شد. بمنظوراجرای آنالیز واریانس و آزمون *LSD* از نرم‌افزار آماری *MSTAT* استفاده گردید.

نتایج و بحث : اثر خاک ورزی روی شاخص مخروطی

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود عملیات پادلینگ مرسوم باضافه یکبار روتیواتور *(T1)* و عملیات پادلینگ به اضافه کاربرد دوبار روتیواتور *(T3)* در عمق ۱۵-۰ سانتی متری خاک بطور معنی داری مقدار شاخص مخروطی را در مقایسه با تیمار پادلینگ مرسوم *(T2)* و پادلینگ مرسوم به اضافه بذر پاشی *(T4)* کاهش داد. در این عمق، تیمارهای *T3* و *T4* به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار شاخص مخروطی را نشان دادند.



شکل ۱- نمودار شاخص مخروطی و عمق خاک بعد از اجرای عملیات خاک ورزی

با افزایش عمق مقدار شاخص مخروطی در همه تیمارها افزایش یافت. تیمارهای $T1$ و $T3$ مقدار شاخص مخروطی ۳۰-۱۵ و ۵۰-۳۰ سانتی‌متری خاک بیشتر ازتیمارهای $T2$ و$T4$ افزایش داد (شکل ۱). دراین دوعمق، بیشترین‌وکمترین مقدار شاخص مخروطی بترتیب بوسیله تیمارهای $T3$ و $T4$ بدست آمد. اما آنالیز آماری اختلاف معنی‌داری را بین مقادیر میانگین شاخص‌مخروطی‌درتیمارهای مختلف دراین‌دوعمق تائیدنکرد. مقدارماکزیمم شاخص‌مخروطی برای همه‌تیمارهای‌خاک‌ورزی حدوداً در عمق ۴۰ سانتی متری خاک مشاهده گردید. مقایسه مقادیر شاخص مخروطی در قبل و بعد از تیمار $T1$ نشان داد که این تیمار مقدار شاخص مخروطی را تا ۸۲/۲ درصد در عمق شخم کاهش داد. اما در عمق بیشتر تیمار $T1$ مقدار شاخص مخروطی را بطور محسوسی تغییر نداد. نمودار مقدار شاخص مخروطی و عمق قبل و پس از اجرای تیمار $T2$ نشان داد که اجرای این تیمار مقدار شاخص مخروطی را ۷۵٪ در لایه شخم کاهش داد. اما این تیمار نتوانست مقدار شاخص مخروطی را در زیر عمق شخم تغییر دهد. همچنین تیمار $T3$ میانگین شاخص مخروطی را به میزان ۸۲/۶٪ در عمق شخم کاهش‌داد (۲). اثر تیمار$T4$ روی شاخص‌مخروطی‌درلایه شخم تقریباً مشابه باسایر تیمارهای خاک‌ورزی بود. اما این تیمارشاخص مخروطی را درلایه شخم کمتر از سایر تیمارهای خاک ورزی کاهش داد (در حدود ۶۶٪). و اثر قابل ملاحظه‌ای برشاخص مخروطی درعمق‌های ۳۰-۱۵ و۵۰-۳۰ سانتی‌متر نشان نداد. مقادیرمیانگین شاخص‌مخروطی درعمق۱۵-۰ سانتی‌متر (لایه شخم) پس از اجرای تیمارهای $T1$، $T2$، $T3$ و $T4$ به ترتیب برابر بود با ۸۶، ۱۲۰، ۷۹ و ۱۴۰ کیلو پاسکال (kPa). آنالیز آماری تیمارهای $T1$ و $T3$ با تیمارهای$T2$ و$T4$ اختلاف‌های معنی‌داری را نشان داد، اما هیچ اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های مقادیرشاخص مخروطی تیمارهای خاک ورزی در عمق های ۳۰-۱۵ و ۵۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مشاهده نگردید.

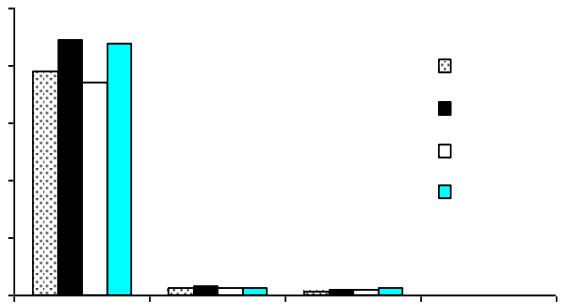
اثر خاک ورزی روی جرم مخصوص ظاهری خاک :

میانگین جرم مخصوص ظاهری درلایه شخم پس‌از اجراء تیمارهای‌خاک‌ورزی$T1$، $T2$، $T3$ و $T4$ به ترتیب برابر بودند با۱/۱،۲۰/۱۶، ۱/۱۷ و۱/۲۰ گرم برسانتی‌متر مکعب. جرم‌مخصوص ظاهری درکرتهایی که

عملیات تهیه زمین باتیمارهای $T1$ و $T3$ اجراء شد، کمتر ازجرم مخصوص‌ظاهری در کرتهایی است که عملیات تهیه زمین بوسیله تیمارهای $T2$ و $T4$ انجام شده است. درعمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک‌جرم مخصوص‌ظاهری درکرتهایی‌که تیمار $T3$ بکار برده شدبیشتراز کرتهایی بودکه درآنها ازتیمارهای $T1$، $T2$ و$T4$ استفاده گردید. اما درعمق ۴۰-۳۰ سانتی‌متری خاک بین مقادیرجرم مخصوص‌ظاهری در تیمارها اختلاف محسوسی‌مشاهده نگردید. تیمار$T3$ مقدارجرم مخصوص‌ظاهری را تا ۶ درصد در لایه شخم کاهش دهد. اماآنالیز آماری اختلاف معنی‌داری را بین‌مقادیرجرم مخصوص‌ظاهری درتیمارهای خاک‌ورزی بکاربرده شده، نشان نداد.

اثر خاک ورزی روی هدایت هیدرولیکی :

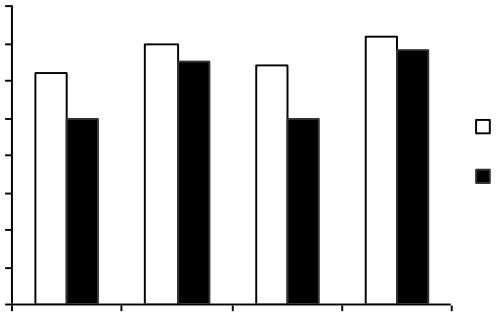
مقادیر میانگین هدایت هیدرولیکی برای تیمارها و عمق های مختلف در شکل۲ نشان داده شده است. در لایه شخم اجرای تیمارهای $T1$ و $T3$ مقدار هدایت هیدرولیکی کمتری را در مقایسه با تیمارهای $T2$ و $T4$ نشان داد و کمترین مقدار میانگین هدایت هیدرولیکی بوسیله تیمار $T3$ بدست آمد (شکل ۲). میانگین هدایت هیدرولیکی برای همه تیمارهای خاک ورزی در عمق ۳۰-۱۵ و ۴۰-۳۰ سانتی متر تقریباً یکسان بود. تیمارهای $T1$ و $T3$ هدایت هیدرولیکی را در لایه شخم به ترتیب ۱۰٪ و و ۷/۸٪ کاهش دادند. اما تیمارهای $T2$ و $T4$ هدایت هیدرولیکی را در این عمق فقط تا ۲/۵ و ۳ درصد کاهش دادند. زیرا درتیمارهای $T1$ و $T3$ جهت تهیه زمین برنج علاوه بر کاربرد گاوآهن برگرداندار و چنگه دندانه میخی از روتیواتور نیز برای انجام عملیات پادلینگ استفاده گردید. بدین ترتیب، تیمارهای $T1$ و $T3$ خاک دانه های خاک را تخریب و خلل و فرج درشت خاک (خلل و فرج غیر کاپیلار) را بیشتر از تیمارهای $T2$ و $T4$ کاهش دادند. در نتیجه در کرت هایی که تیمارهای $T1$ و $T3$ بکار برده شد. آب به علت تخریب ساختمان خاک و کاهش خلل و فرج درشت در خاک به آرامی و با سرعت کمتر از خاک عبور کرد. در عمق خاک ۱۵-۰ سانتی متر، میانگین هدایت هیدرولیکی برای تیمارهای $T1$، $T2$، $T3$ و $T4$ به ترتیب برابر بودند با ۳/۹۱، ۴/۴۵، ۳/۷۱ و ۴/۳۸ میلی متر در روز. اما در عمق شخم فقط اختلاف معنی دار بین میانگین هدایت هیدرولیکی تیمار$T3$و سایر تیمارهای خاک ورزی مشاهده گردید. به عبارت دیگر این تیمار میانگین هدایت هیدرولیکی را در عمق شخم بیشتر از سایر تیمارهای خاک ورزی کاهش داد (شکل ۲).



شکل ۲- اثر تیمارهای خاک ورزی روی هدایت هیدرولیکی در عمق های مختلف خاک

اثر خاک ورزی روی سرعت نفوذ آب در خاک :

نتایج این اندازه‌گیری بعد ازاجرای تیمارهای خاک‌ورزی نشان داد که همه تیمارهای خاک سرعت نفوذپذیری آب در خاک را کاهش داد. اما همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود. تیمارهای $T1$ و $T3$ سرعت نفوذ آب در خاک را بیشتر از تیمارهای $T2$ و $T4$ کاهش دادند. بعلاوه آنالیز آماری نیزنشان داد که تیمارهای $T1$ و $T3$ بطور معنی‌داری سرعت نفوذ آب درخاک را بیشتراز تیمارهای$T2$ و$T4$ کاهش داد. میانگین سرعت نفوذ آب درخاک پس‌از اجراء تیمارهای$T1$، $T2$، $T3$ و $T4$ به ترتیب برابر بودند با ۲/۵، ۳/۲۵، ۲/۵ و ۳/۴ میلی لیتر در روز. میانگین سرعت نفوذ آب در خاک پس از اجراء تیمارهای $T1$ و $T3$ یکسان بوده و همچنین سرعت نفوذ پذیری آب در خاک پس از اجراء تیمارهای $T2$ و $T4$ نیز تفاوت چشمگیری با یکدیگر نداشت و از نظر آماری نیز اختلاف معنی داری بین سرعت نفوذ آب در خاک برای دو تیمار $T2$ و $T4$ مشاهده نگردید. مقایسه سرعت نفوذ پایه در قبل و بعد از اجراء عملیات خاک ورزی نشان داد که تیمارهای $T1$ و $T3$ سرعت نفوذ آب در خاک را به ترتیب ۱۹/۵٪ و ۲۲/۵٪ کاهش دادند. در حالیکه تیمارهای خاک ورزی $T2$ و $T4$ فقط آن را ۷/۱٪ و ۶/۱٪ کاهش دادند (شکل ۳).



شکل ۳ – مقایسه سرعت نفوذ آب در خاک قبل و بعد از تیمار های خاک ورزی

اثر خاک ورزی روی اجزاء و عملکرد محصول :

تجزیه وتحلیل اجزاء وعملکرد محصول نشان دادکه تیمارهای خاک‌ورزی$T1$ و$T3$ درمقایسه باتیمارهای $T2$ و $T4$ تعدادزیادتری پانیکول وپنجه تولیدکردند (جدول۱). در نتیجه تیمارهای $T1$ و $T3$ محصول برنج بیشتری نسبت به تیمارهای $T2$ و$T4$ تولیدکردند. عملکردمحصول برنج بوسیله تیمارهای $T1$، $T2$، $T3$ و $T4$ به ترتیب برابر بودندبا ۴/۲۷، ۳،۰۳/۴۴/ ۴ و ۳/۳۴ تن در هکتار. همانطور که ملاحظه گردید تیمار $T1$ بیشترین محصول برنج را در مقایسه با سایر تیمارها تولید کرد.

جدول ۱- اثر تیمارهای مختلف خاک ورزی روی اجزاء و عملکرد محصول برنج در فصل بارانی

تیمارها	تعداد دانه در	تعداد پانیکول	تعداد پنجه در	وزن صد دانه برنج	عملکرد محصول (تن	ارتفاع گیاه	عملکرد کاه (تن در

	پانیکول	در کپه	کپه	(گرم)	در هکتار)	(سانتی متر)	هکتار)
$T1$	۱۲۳ /۵ *bc*	۲۲/۸ *a*	۲۵/۸ *a*	۲/۵۵ *a*	۴/۲۷ *a*	۱۱۲ *ab*	۴/۹۸ *ab*
$T2$	۱۲۳ /۹ *ab*	۱۶/۳ *ab*	۱۸/۵ *b*	۲/۵۳ *a*	۳/۴۴ *b*	۱۱۶/۸ *a*	۴/۱۷ *b*
$T3$	۱۲۲/۱ *c*	۲۲/۸ *a*	۲۶/۳ *a*	۲/۵۳ *a*	۴ /۰۳ *ab*	۱۱۳ *a*	۴/۴۳ *ab*
$T4$	*a* ۱۲۵/۱	۱۵/۸ *b*	۱۷/۳ *b*	۲/۵۶ *a*	۳/۳۴ *b*	۱۰۵/۳ *b*	۵/۳۴ *a*

اعداد با حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵٪ از طریق آزمون LSD معنی دار نمی باشند.

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اختلاف های معنی داری بین عملکرد محصول بوسیله تیمار $T1$ و تیمارهای $T2$ و $T4$ در سطح ۵٪ وجود دارد. میانگین عملکرد محصول تولید شده بوسیله $T1$ بیشتر از تیمار $T3$ بود. اما بین میانگین عملکرد محصول تولید شده بوسیله این تیمار اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. همینطور که در جدول ۱ مشاهده می گردد بین میانگین های وزنی ۱۰۰ دانه برنج در تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نگردید.

نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده در مورد نقش میزان نفوذپذیری آب در خاک در مزارع برنج بسیار متفاوت می باشند. بعضی نتایج نشان می‌دهد که نفوذپذیری بیشتر آب در خاک، مواد سمی را از اطراف ریشه برنج شسته وسبب رشد بهتر ریشه برنج می شود. سوگی موتو در مالزی *(Sugimto, 1969)* به این نتیجه رسید که هدایت هیدرولیکی به میزان ۱۰ میلی‌متر در روز محصول برنج بیشتری درمقایسه با عدم نفوذپذیری آب درخاک(هدایت هیدرولیکی صفر) تولید کرد. اما در نتایج بدست آمده از بعضی تحقیقات دیگرنشان می‌دهد که نفوذپذیری بیشتر آب در خاک و یا به عبارت دیگر افزایش سرعت نفوذ و هدایت هیدرولیکی آب درخاک سبب شسته شدن موادغذایی موجود درخاک و اطراف ریشه گیاه برنج شده و به علت عدم توسعه ریشه گیاه برنج عملکردمحصول کاهش‌یافته است *(De Datta and Kavim, 1974; Shoji et al., 1974)* . بسیاری از محققین گزارش کرده‌اند که کاهش مقدارجرم مخصوص ظاهری وشاخص مخروطی درلایه شخم رشد وتوسعه ریشه برنج و عملکرد محصول را افزایش‌داده است. گوپتا وجاگی *(Gupta and Jaggi, 1979)* مشاهده کردند که افزایش مقدار شاخص مخروطی وجرم مخصوص ظاهری درخاک سبب کاهش رشدریشه برنج وعملکرد محصول گردید. هونگ نیز دریک تحقیق درسال ۱۹۸۲ یک همبستگی و رابطه منفی بین‌جرم مخصوص‌ظاهری خاک لایه شخم وعملکرد محصول برنج بدست آمد. بعبارت دیگر کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک در لایه شخم عملکرد محصول برنج را افزایش داد *(Hung, 1982)*. بطوریکه مشاهده گردید در نتایج بدست آمده بوسیله محققین بعضی تناقض‌ها وجود دارد. بعنوان مثال بعضی از محققین تغییرات هدایت هیدرولیکی یاسرعت نفوذ آب درخاک را موثر برتغییر عملکردمحصول گزارش کرده‌اند وبعضی دیگر از محققین تغییرات در فاکتورهایی ازقبیل وزن مخصوص‌ظاهری وشاخص مخروطی خاک رافاکتور موثر بر تغییرات عملکرد محصول معرفی نموده اند. بنظر

می رسد دلیل اصلی تناقض انجام تحقیقات در مناطق متفاوت و در خاک‌هایی با ویژگیهای متفاوت بوده است. *(De Datta et al., 1988)*. در این تحقیق نیز مطالعه مشاهده گردید که هدایت هیدرولیکی و سرعت نفوذ آب در خاک در لایه شخم در تیمارهای $T2$ و $T4$ (تیمارهای پادلینگ مرسوم) بیشتر از تیمارهای $T1$ و $T3$ (تیمارهای پادلینگ مرسوم + یک یا دو بار استفاده از روتیواتور) بودند. اما تیمارهای $T2$ و $T4$ محصول برنج کمتری در مقایسه با تیمارهای $T1$ و $T3$ تولید کردند. به عبارت دیگر نفوذپذیری بیشتر آب در خاک که بوسیله کاربرد تیمارهای $T2$ و $T4$ حاصل گردید، نتوانست ترکیبات سمی را در اطراف ریشه گیاه برنج کاهش دهد. بعلاوه این افزاش نفوذپذیری آب درخاک ظاهراً نتوانست شرایط بهتری را برای رشد مطلوب ریشه برنج در خاک فراهم نماید. تیمارهای $T1$ و $T3$ سرعت نفوذ هدایت هیدرولیکی آب در خاک را بیشتر از تیمارهای $T2$ و $T4$ کاهش دادند. اما علیرغم این کاهش زیاد تیمارهای$T1$ و $T3$ محصول برنج بیشتری در مقایسه با تیمارهای$T2$ و$T4$ تولیدکردند. دلیل‌اصلی‌برای این‌افزایش تولید نمی‌تواند کاهش نفوذپذیری آب درخاک وکاهش شستشوی مواد غذایی‌بوسیله تیمارهای$T1$ و $T3$ باشد، زیرا درخاک رسی سرعت نفوذ آب وهدایت هیدرولیکی آب درخاک بسیار کم می‌باشد. بنابراین شستشوی مواد غذایی خاک بسیار جزئی می‌باشد وعامل موثر و مهمی در تغییر عملکرد محصول محسوب نمیگردد. کاربرد تیمارهای $T1$ و $T3$ در مقایسه با تیمارهای $T2$ و $T4$ سبب افزایش میانگین طول ریشه برنج گردید. همچنین میانگین های وزنی ریشه برای تیمارهای $T1$، $T2$ ، $T3$ و $T4$ عبارت بودند از ۴۲، ۳۴، ۴۲/۵ و ۳۴/۶ گرم. نتایج اندازه گیری وزن ریشه در کرت ها و تیمارهای مختلف وآنالیز آماری نشان داد که تیمارهای $T1$ و $T3$ بطور معنی داری سبب افزایش وزن ریشه برنج گردیدند. نتایج بدست آمده از اندازه گیری و آنالیز آماری طول و وزن ریشه نشان می دهد که تیمارهای خاک ورزی که در انها علاوه بر عملیات پادلینگ از رتیواتور جهت تهیه زمین استفاده گردیده (تیمارهای تیمارهای $T1$ و $T3$) توانستند بطور معنی داری متوسط طول و وزن ریشه برنج را نسبت به تیمارهای $T2$ و $T4$ (تیمارهای پادلینگ مرسوم) افزایش دهند. بعلاوه اندازه گیری شاخص مخروطی و جرم مخصوص ظاهری در خاک سطحی بیانگر این نکته بود که تیمارهای شدیدتر خاک ورزی (تیمارهای $T1$ و $T3$) درمقایسه با تیمارهای $T2$ و $T4$ موفق شدند مقادیر شاخص مخروطی و جرم مخصوص ظاهری را در لایه شخم کاهش دهند.

آنالیز رگرسیون در فصل بارانی در خاک رسی نشان داد که با کاهش مقدار جرم مخصوص ظاهری در خاک سطحی (۱۵-۰ سانتی متر) عملکرد محصول برنج بطوری خطی افزایش یافت. ضریب همبستگی معادله رگرسیون برابر بود با r = ۰/۷۵ و آن در سطح ۵٪ معنی دار بود. معادله رگرسیون بین جرم مخصوص ظاهری (BD) و عملکرد محصول برنج (Y) عبارت بود از : Y = ۲۳/۹۱ – ۱۷/۱۰ (BD) هونگ و دی دتا در تحقیقاتی که در فیلیپین انجام دادند *(Huang, 1982; De Datta et al., 1988)* به رابطه ای مشابه رابطه فوق در خاک رسی دست یافتند. دراین مطالعه نیز یک رابطه منفی بین مقادیر شاخص مخروطی در لایه شخم وعملکرد محصول برنج بدست آمد برنج بدست آمد، بطوری که با کاهش مقادیر شاخص مخروطی در لایه شخم عملکرد محصول برنج افزایش یافت. از مجموع نتایج بدست آمده دراین تحقیق می توان چنین نتیجه گرفت که افزایش عملیات خاک ورزی یا کاربرد عملیات خاک ورزی شدیدتر (تیمارهای $T1$ و $T3$) در خاک رسی در فصل بارانی سبب گردید که شاخص مخروطی و جرم مخصوص

ظاهری در خاک سطحی نسبت به روش های خاک ورزی مرسوم (تیمارهای *T2* و *T4*) کاهش یابند و این کاهش سبب گردید که تراکم و فشار خاک اطراف ریشه کاهش و خاک و محیط اطراف ریشه برای رشد و توسعه ریشه مطلوب تر شود و در نتیجه توسعه بهتر و مطلوب‌تر ریشه برنج سبب افزایش عملکرد محصول برنج تیمارهای *T1* و *T3* نسبت به تیمارهای *T2* و *T4* گردید و اما، نتیجه مهم دیگری که از این تحقیق بدست آمد این بود که تغییرات فاکتورهای هدایت هیدرولیکی و سرعت نفوذ آب در خاک بوسیله تیمارهای خاک‌ورزی عامل موثری در تغییر عملکرد محصول برنج در خاک رسی در فصل بارانی نبود.

منابع :

1- *De Datta, S. K. and M. S. A. A. Karim (1974). Water and nitrogen economy of rainfed rice as affected by soil pudding. Soil. Soc. Am. Proc., 38(3):515-518.*

2- *De Datta, S. K. (1981). Principle and Practices of rice Production. A Willey-Interscience Publication, USA, 618 pp.*

3- *De Datta, S. K. and P. K. Sharma (1985). Puddling inluence on soil, rice development, and yield. Soil. Soc. Am. J., 49(6):1451-1457.*

4- *De Datta, S. K. and Redylla, C. A. and P. K. Sharma (1988). Tillage effects on soil physical properties and wet land rice yield. Agron. J., 80(1):34-39.*

5- *Gomez, A. K (1972). Techniques for field experiments with rice. International Rice Research Institute. LOS Banos. Laguna, Philippines: 50 pp.*

6- *Gupta, R. K. and I. K. Jaggi (1979). Soil physical conditions and paddy yield as influenced by depth of puddling. J. Agron. Crop Sci., 148(2):329-336.*

7- *Huang, M. H. (1982). The identification of soil physical properties related to the growth and yield of lowland rice. J. Agric. Res. China, 31(4): 347-352.*

10-*Jayadeva,H.M., Nanjappa, H. V. and T. K.Prabhakar Setty (1996). Hindu and paralogic Corporation. URL: http/www.webpage.com/hindu/960824/02/2228b.html.*

11-*Kar, S. and S. B. Varade (1972). Influence of mechanical impedance on rice seeding root growth. Agron. J., 64(1):80-88.*

12-*Sakanoue, Y. and Y. Mizunuma (1962). Effect of harrowing upon the behavior of nitrogen in welldrained paddy field with gravel layer. J. Sci. Soil Manure, 33(3):386-390.*

13-*Shoji, S., Watanabe, K., Fukazuwa, S., Higuchi, F., Saito, S. and S. Watanabe (1974). Influence of percolation on the growth and grain yield of rice plant and physico-chemical properties of paddy soil. J. Sci. Soil Manure, 45(3):441-446.*

14-Sugimoto, K. (1969). Studies on plant-water relationship of paddy in Muda river irrigation project area of Wast Malaysia. A Report by the Department of Agriculture, Malaysia, 145 pp.

15-Yamazaki, F. (1992). Paddy Field Engineering. Japan International Cooperation Agency, Japan, 425 pp.