اثر ادوات مختلف خاک‌ورزی بر منحنی مشخصه رطوبتی خاک غالب شالیزار در استان گیلان

مریم مرزی نوحدانی[۱*]، بهروز مصطفی‌زاده فرد[۲]، سید فرهاد موسوی[۳]، محمدرضا یزدانی[۴] و محمدرضا علیزاده[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۸)

چکیده

روش معمول پادلینگ (گل‌خرابی) استفاده از خاک همزن مرسوم تیلری می‌باشد که به مدت زمان زیادی برای اجرای عملیات خاک‌ورزی نیاز دارد. در این پژوهش، اثر ادوات مختلف خاک‌ورزی بر منحنی مشخصه رطوبتی یک خاک شالیزار بررسی شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل ادوات خاک‌ورزی (T_1: خاک‌همزن مرسوم تیلری، T_2: خاک‌همزن دوارتیلری، T_3: پادلر مخروطی تیلری، T_4: رتیواتور تراکتوری) و دفعات پادلینگ (P_1: یک‌بار پادلینگ، P_2: دوبار پادلینگ، P_3: سه‌بار پادلینگ، P_4: چهاربار پادلینگ) بودند. براساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، در نقطه اشباع خاک، رتیواتور تراکتوری بیشترین مقدار رطوبت را نشان داد. در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم، پادلر مخروطی تیلری بیشترین مقدار رطوبت را نشان داد. دو دستگاه جدید ساخته شده باعث افزایش رطوبت خاک و صرفه جویی در آب مصرفی گردیدند. در ادوات مختلف خاک‌ورزی، با افزایش دفعات پادلینگ، رطوبت خاک کاهش یافت. در مقایسه خاک بدون عملیات خاک‌ورزی با خاک‌همزن دوار تیلری و پادلر مخروطی تیلری، میزان آب قابل استفاده خاک کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: اراضی شالیزاری، ادوات خاک‌ورزی، دفعات پادلینگ، پادلر مخروطی تیلری، خاک‌همزن دوار تیلری

۱. گروه آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

۲. گروه مهندسی آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. گروه مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه سمنان

۴. مؤسسه تحقیقات برنج کشور

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maryam_marzi88@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

برنج غذای نزدیک به چهار میلیارد آسیایی را تأمین می‌کند. تولید کمتر از مصرف جهانی در سال های اخیر، سازمان ملل را بر آن داشت تا برای مقابله با کاهش ذخایر جهانی، سال ۲۰۰۴ را سال برنج اعلام نماید. در اراضی استان گیلان نیز برنج زراعت عمده بوده و کشت آن با وسعتی نزدیک به ۲۰۵۲۶۹ هکتار، بالغ بر ۳۵/۸۱٪ از سطح کل برنج‌کاری کشور را شامل می‌شود (۲).

تولید برنج به عنوان پرمصرف ترین کشت آبی در آینده متکی به اتخاذ روش‌های کارآمد مصرف آب می باشد (۶). در این زمینه، در ایران تاکنون تحقیقات خاصی به‌منظور اندازه‌گیری مقدار آب مورد نیاز در شرایط مختلف صورت نگرفته است. ولی بر اساس اطلاعات پایه مربوط به تخلخل خاک و ظرفیت اشباع آن، مقادیر متفاوتی از سوی برخی محققین و نیز بعضی سازمان‌های مربوطه ارائه شده است که به نظر می‌رسد کافی نبوده و مشخص نمودن مقادیر دقیق آن در خاک های مختلف و در شرایط متفاوت رطوبتی و روش های آماده سازی زمین، بر پایه تحقیقات علمی، لازم می باشد. همچنین، با توجه به تقارن مراحل آماده‌سازی زمین با ماه‌های پر باران، چگونگی استفاده از آب باران در آماده‌سازی زمین باید مورد تحقیق قرار گیرد (۱۰).

هدف از آماده سازی زمین، تهیه بستری مناسب برای رشد گیاه است. یک مزرعه خوب آماده شده باید دارای شرایط زیر باشد: الف) بقایای گیاهی و علف‌های هرز در شخم اول به‌طور مطلوبی در بین لایه‌های شخم مدفون گردند، ب) در مرحله شخم دوم، عمل پادلینگ به‌طور کامل انجام گیرد و ج) سطح زمین قبل از نشاکاری به‌طور کامل تراز شود. خاک‌ورزی اولیه در زراعت برنج در استان گیلان، در اواخر زمستان یا اوایل بهار (دهه اول اسفند تا دهه دوم اردیبهشت)، همزمان با شروع بارندگی و نرم شدن خاک، توسط گاوآهن برگردان‌دار انجام می‌شود.

پادلینگ، عمل به‌هم زدن مخلوط آب وخاک و در واقع شکستن خاکدانه‌های خاک با به کار بردن نیروی مکانیکی، در رطوبت زیاد، جهت به‌دست آوردن توده یکنواخت می‌باشد. معادل فارسی کلمه پادلینگ، شله زنی،گل آب کردن، گل خرابی یا خاک‌ورزی است (۲).

شخم ثانویه توسط رتیواتورهای تیلری و یا تراکتوری انجام می شود و زمان انجام شخم ثانویه بسته به زمان نشا در مناطق مختلف استان گیلان، متفاوت است. به طور معمول، این عمل به فاصله چند روز قبل از انجام نشا صورت می‌گیرد. طبق تقویم زراعی ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، عملیات شخم ثانویه از دهه سوم فروردین تا دهه دوم اردیبهشت صورت می‌گیرد.

اهداف عمده پادلینگ شامل تسهیل در عمل نشاکاری، مبارزه با علف‌های هرز، مخلوط کردن یکنواخت کود با آب، جلوگیری از نفوذ زیاد آب به داخل خاک، تسطیح زمین، افزایش ظرفیت ذخیره غذایی خاک، تسهیل در جذب عناصر غذایی خاک توسط ریشه، کاهش نیتروژن مصرف شده، فراهم نمودن محیط مناسب برای رشد و توسعه ریشه می باشد (۸، ۹ و ۱۴). مهم ترین عامل در پادلینگ، کاهش چسبندگی ذرات خاک از طریق تنظیم مقدار آب ورودی به مزرعه قبل از اجرای عملیات می‌باشد. بسته به امکانات موجود، عرف اجتماعی و اقتصادی منطقه و شرایط خاک مزرعه، از ادوات مختلفی جهت انجام پادلینگ استفاده می‌شود، مانند کولتیواتور دوار (روتاری)، دیسک‌های دو زانویی، چرخ‌های قفسه‌ای که به چرخ تراکتور متصل می‌شوند و گاوآهن‌های مخصوص پشت تیلری. چنان‌چه عمل شخم در رطوبت مناسب انجام گیرد خاکدانه های به وجود آمده پایدارتر می‌گردند. در حالی که اگر با وسیله کاردمانند، خاک و خاکدانه ها بریده شوند، پایداری خاکدانه ها کمتر خواهد بود. هر چند باید دانست که هرگز ساختمان پوک ناشی از انجام شخم، مدت درازی پایدار نمی‌ماند (۳).

عملیات پادلینگ برای آماده‌سازی شالیزارها در بعضی از مناطق شمال کشور به طور عمده با کمک پاور تیلر (تراکتور دو چرخ) مجهز به چرخ‌های آهنی همراه با یک نوع خاک همزن شبیه به شیار بازکن و وسیله‌ای که مالبند به عقب آن متصل می‌شود، که در اصطلاح محلی به آن راست کاول گفته می‌شود،

www.SID.ir

انجام می‌گیرد. ادوات مرسوم و معمول برای عملیات پادلینگ در شالیزار شامل خاک‌همزن مرسوم تیلری و رتیواتور تراکتوری می‌باشد .

از نقطه نظر فنی، یکی از مشکلات عمده این نوع ادوات خاک‌ورزی را می‌توان کم بودن عرض کار مؤثر آنها، عدم امکان افزایش تعداد عامل خاک‌ورز به‌دلیل محدودیت نیروی کششی پاور تیلر و کم بودن ظرفیت کار عنوان کرد که نتیجه آن کم بودن ظرفیت زراعی مؤثر است. به طوری که مدت زمان مورد نیاز برای آماده‌سازی هر هکتار مزرعه شالیزاری با استفاده از این نوع خاک همزن‌ها در حدود ۱۵ ساعت برآورد می‌گردد.

روتاری ابزار مناسبی جهت انجام پادلینگ می باشد، زیرا روتاری با دو بار حرکت در داخل مزرعه، زمین را به طور مناسبی پادل می‌کند. در حالی‌که سایر ادوات برای انجام همان کیفیت از پادل باید پنج بار در داخل زمین حرکت کنند. آنها همچنین نشان دادند که تیغه‌ای با پهنای ۱۵ و عرض ۸/۵ سانتی‌متر و زاویه ۳۰ درجه بهترین بازده را از لحاظ کاهش انرژی مخصوص و افزایش عملکرد دارد (۱۱).

بخش اعظم خاک های غالب شالیزارهای استان گیلان دارای درصد رس بالایی بوده (بیش از ۴۰ درصد) و این رس‌ها از نوع متورم شونده می‌باشند. پتانسیل انبساط و انقباض این خاک‌ها زیاد است. درصد انقباض سطحی خاک در برنامه‌ریزی آبیاری و تعیین آب مورد نیاز مزرعه از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا آب آبیاری ابتدا صرف پر کردن درز و شکاف های خاک می گردد و پس از جذب خاک به منظور افزایش رطوبت قابل نگهداری صرف تأمین نیاز آبی گیاه می‌گردد (۱).

با افزایش شدت پادلینگ از سطح کم به متوسط، سرعت نفوذ آب به خاک به‌طور معنی داری کاهش یافت. منحنی رطوبتی در سه بافت خاک در تمامی سطوح پادلینگ نشان داد که عملیات پادلینگ قابلیت نگهداشت آب خاک را افزایش می‌دهد (۷).

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر ادوات مختلف خاک‌ورزی بر منحنی مشخصه رطوبتی خاک غالب شالیزار در استان گیلان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات موقعیت و محل اجرای طرح

این پژوهش در بهار و تابستان ۱۳۸۹ در اراضی شالیزاری مؤسسه تحقیقات برنج کشور (با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد) واقع در ۱۰ کیلومتری شهر رشت اجرا گردید. برای اندازه گیری برخی خصوصیات خاک (جدول ۱) و آب (جدول ۲)، نمونه‌هایی تهیه شده و به آزمایشگاه خاک‌شناسی مؤسسه ارسال شد.

عملیات زراعی و تیمارها

ادوات مرسوم و معمول برای عملیات پادلینگ در شالیزار شامل خاک‌همزن مرسوم تیلری و رتیواتور تراکتوری می باشد (شکل۱ الف و ب) و ادوات ساخته شده در مؤسسه تحقیقات برنج کشور برای انجام پادلینگ در مزارع کوچک شالیزاری شامل خاک‌همزن دوار تیلری و پادلر مخروطی تیلری می‌باشند (شکل ۱ ج و د).

از نقطه نظر فنی، یکی از مشکلات عمده ادوات مرسوم خاک‌ورزی را می‌توان کم بودن عرض کار مؤثر آنها، عدم امکان افزایش تعداد عامل خاک‌ورز به‌دلیل محدودیت نیروی کششی پاور تیلر وکم بودن ظرفیت کار عنوان کرد که نتیجه آن کم بودن ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر است. به‌طوری‌که مدت زمان مورد نیاز برای آماده‌سازی هر هکتار مزرعه شالیزاری با استفاده از این نوع خاک‌همزن‌ها در حدود ۱۵ ساعت برآورد می‌گردد. استفاده از خاک‌همزن‌ها و پادلرهای دوار به جای ادوات مرسوم، انرژی مصرفی و هزینه عملیات آماده‌سازی زمین شالیزاری را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. ظرفیت مزرعه‌ای خاک‌همزن دوار به‌دلیل برخورداری از عرض کار مؤثر بیشتر به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و در نتیجه موجب بهبود کارایی تیلر می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. مشخصات فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

عمق خاک (cm)	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	کربن آلی (٪)	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	رطوبت اشباع (٪)	بافت خاک
۰_۳۰	۴۷	۳۹	۱۴	۱/۵۸	۰/۶۱۳	۷۹/۵۲	رس سیلتی

جدول ۲. نتایج تجزیه کیفی آب آبیاری

هدایت الکتریکی (dS/m)	SAR	pH	کاتیون‌های محلول (meq/lit)			آنیون‌های محلول (meq/lit)		
			Mg^{++}	Ca^{++}	Na^{+}	CO_3^{--}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}
۱/۳۵۲	۳/۹	۷/۶	۳/۱	۳/۳	۷	۰/۳	۳/۲	۵/۲

الف) خاک‌همزن مرسوم تیلری ب) رتیواتور تراکتوری ج) خاک‌همزن دوار تیلری د) پادلر مخروطی تیلری

شکل ۱. ادوات مرسوم برای عملیات پادلینگ در شالیزار (الف و ب) و ادوات ساخته شده توسط مؤسسه تحقیقات برنج برای عملیات پادلینگ در شالیزار (ج و د)

R_1	T_1				T_2				T_3				T_4			
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4
R_2	T_1				T_2				T_3				T_4			
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4
R_3	T_1				T_2				T_3				T_4			
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4	P_1	P_2	P_3	P_4

شکل۲. آرایش تیمارهای آزمایشی در مزرعه

قطعه زمینی در حدود ۱۵۰۰ مترمربع در هر تکرار (جمعاً ۴۵۰۰ مترمربع در سه تکرار) انتخاب و هر قطعه به ۱۶ کرت (در مجموع ۴۸ کرت) به ابعاد ۱۳×۶/۵ متر که با مرزبندی از هم جدا شده بودند انتخاب شد (شکل ۲). در مرحله آماده‌سازی زمین، کرت ها آبیاری شدند و شخم اولیه در همه تیمارها با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار در عمق یکسان ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. یک هفته پس از شخم اول، مجدداً زمین تا حد اشباع کامل آبیاری گردید، به‌نحوی‌که ارتفاع ۵ سانتی‌متر آب روی سطح خاک قرار بگیرد. زمانی‌که نیروی چسبندگی بین ذرات به حداقل رسید، تیمارهای ادوات خاک‌ورزی و دفعات پادلینگ

www.SID.ir

الف) تهیه گل اشباع برای صفحات فشاری ۰/۳ و ۱ بار

ب) خاک خشک عبوری از الک شماره ۱۰ برای صفحه فشاری ۱۵ بار

شکل۳. صفحات فشاری مورد استفاده در تعیین قابلیت نگهداری آب در خاک

متفاوت در کرت‌ها اعمال شد.

این تحقیق در بافت خاک غالب استان در اراضی شالیزاری (رس سیلتی) در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر انجام شد. آزمایش در مزرعه به‌صورت کرت‌های خرد شده با دو فاکتور، بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل ادوات شخم در چهار سطح شامل: ۱- خاک همزن مرسوم تیلری T_1، ۲- خاک همزن دوار تیلری T_2، ۳- پادلر مخروطی تیلری T_3 و ۴- رتیواتور تراکتوری T_4 و تعداد دفعات پادلینگ در چهار سطح شامل: ۱- یک بار پادلینگ P_1، ۲- دوبار پادلینگ P_2، ۳- سه‌بار پادلینگ P_3 و ۴- چهاربار پادلینگ P_4 بودند.

صفات اندازه‌گیری شده

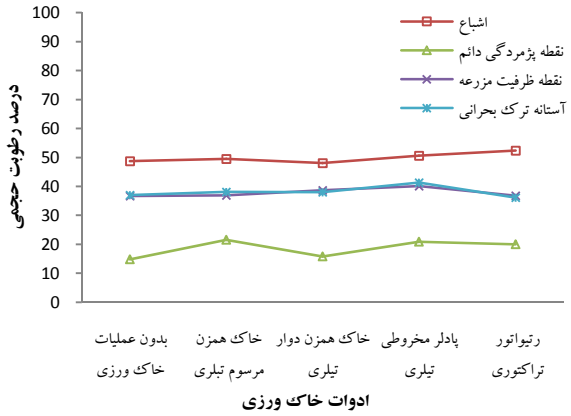
نمونه‌گیری از خاک دست نخورده جهت اندازه‌گیری رطوبت وزنی و وزن مخصوص ظاهری با استفاده از سیلندرهای فلزی با وزن و حجم مشخص صورت گرفت. بلافاصله پس از آماده شدن نمونه های مرطوب، آنها را با استفاده از ترازوی دیجیتالی وزن کرده و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده تا رطوبت موجود در نمونه ها کاملاً تبخیر گردد. پس از این مدت، نمونه ها را از آون بیرون آورده و بلافاصله با ترازوی دیجیتال وزن شدند (۵). مقادیر تخلخل با داشتن وزن مخصوص حقیقی ۲/۶۵ گرم بر سانتی متر مکعب به‌دست آمد.

برای تعیین قابلیت نگهداری آب خاک، منحنی مشخصه رطوبتی رسم شد. در آزمایشگاه، مقدار رطوبت آزاد شده از هر یک از نمونه‌های خاک برای تیمار بدون عملیات خاک‌ورزی (شاهد)، منحنی کامل شامل تمام صفحات فشاری ۱۵، ۹، ۶، ۳، ۲، ۱ و ۰/۳ بار و نمونه‌های مرکب از فاکتور ادوات خاک‌ورزی در چهار سطح و فاکتور دفعات پادلینگ در چهار سطح در نقاط اشباع، ۰/۳، ۱ و ۱۵ بار با استفاده از صفحات فشاری اندازه-گیری شد و منحنی مشخصه رطوبتی نمونه‌ها رسم گردید.

برای آزمایش ۰/۳ و ۱ بار از نمونه‌ها گل اشباع تهیه شد و درون رینگ‌های مخصوص دستگاه ریخته شد. وزن تر آنها با ترازوی دیجیتالی ثبت شد و نمونه‌ها داخل دستگاه قرار داده شد. پس از پایان آزمایش، وزن خشک آنها اندازه گیری گردید (شکل۳- الف). برای آزمایش ۱۵ بار، خاک‌های مورد آزمایش

www.SID.ir

شکل۴. روند تغییرات درصد رطوبت حجمی در نقطه اشباع وپژمردگی دائم برای ادوات مختلف خاک‌ورزی با دفعات پادلینگ مختلف



شکل۵. مقایسه درصد رطوبت حجمی در نقطه اشباع و پژمردگی دائم برای ادوات مختلف خاک‌ورزی

در آون خشک شده و سپس کوبیده شدند و از الک شماره ۱۰ عبور داده شدند و ۳۰ گرم از هر خاک به آزمایشگاه منتقل شد (شکل ۳- ب).

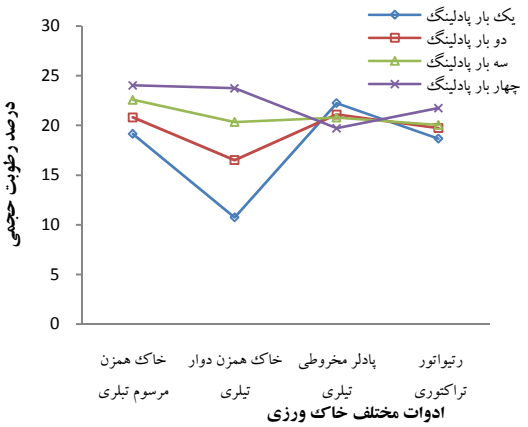
نتایج و بحث

روند تغییرات رطوبت حجمی خاک در نقطه اشباع نشان می‌دهد که در ادوات خاک ورزی، با افزایش دفعات پادلینگ، درصد رطوبت خاک کاهش پیدا می کند (شکل ۴). درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه اشباع، در خاک‌همزن دوار تیلری کمترین (۴۸/۱۵) و در رتیواتور تراکتوری بیشترین مقدار (۵۲/۴۶) را نشان دادند. همچنین در خاک‌همزن مرسوم تیلری رطوبت ۴۹/۵۶٪، در پادلر مخروطی تیلری ۵۰/۶٪ و در خاک بدون عملیات خاک ورزی ۴۸/۷۵٪ مشاهده شد (شکل ۵). نتایج نشان می دهد در حالت اشباع غرقابی زمین رتیواتور تراکتوری رطوبت بیشتری از خاک را در خود نگه می دارد. صوفی‌الدین و همکاران (۱۳) مقدار درصد حجمی رطوبت خاک در نقطه اشباع را ۴۵ درصد برآورد کردند که مشابه دو دستگاه خاک همزن دوار تیلری و خاک بدون عملیات خاک‌ورزی می باشد. همچنین سپاسخواه و همکاران (۱۲) مقدار درصد حجمی رطوبت خاک در نقطه اشباع را ۵۱ درصد برآورد کردند که با نتایج به دست آمده از پادلر مخروطی تیلری هم‌خوانی دارد.

روند رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی نشان می دهد که در خاک‌همزن مرسوم تیلری، خاک‌همزن دوار تیلری و رتیواتور تراکتوری، با افزایش دفعات پادلینگ، درصد رطوبت حجمی خاک افزایش پیدا می‌کند (شکل ۵). رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی در پادلر مخروطی تیلری بیشترین مقدار (۴۰/۱۸٪) و بدون عملیات خاک‌ورزی کمترین مقدار (۳۶/۷۵٪) را نشان داد. همچنین رطوبت خاک در خاک‌همزن مرسوم تیلری ۳۷٪، خاک همزن دوار تیلری ۳۸/۷۶٪ و رتیواتور تراکتوری ۳۶/۸۲٪ مشاهده شد (شکل ۶). نتایج گویای این واقعیت است که در حالت ظرفیت زراعی و خروج آب ثقلی، پادلر مخروطی تیلری رطوبت بیشتری از خاک را در خود نگه می‌دارد که می‌تواند در مواقع نوبت بندی آبیاری گزینه مناسبی برای عملیات پادلینگ در شالیزار باشد. سپاسخواه و همکاران (۱۲) مقدار درصد حجمی رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی را ۳۲ درصد، صوفی‌الدین و همکاران (۱۳)، ۳۵ درصد و رضایی و همکاران (۴)، ۳۸ درصد برآورد کردند که طیف به‌دست آمده با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق همخوانی دارد.

روند تغییرات رطوبت حجمی خاک در نقطه آستانه

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۶. مقایسه اثر دفعات پادلینگ بر درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم

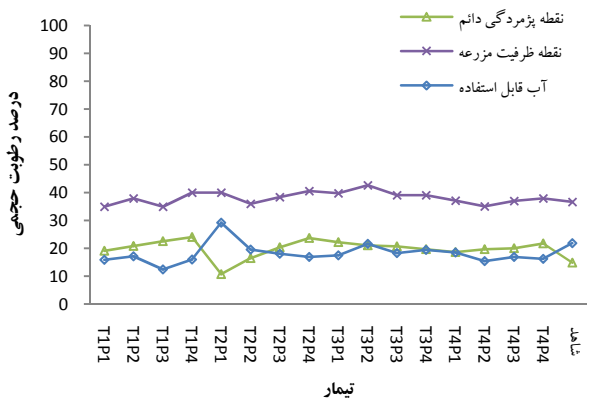
شکل۷. مقایسه اثر ادوات خاک‌ورزی بر درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم

ترک‌های بحرانی نشان می‌دهد که در خاک‌همزن مرسوم تیلری، خاک همزن دوار تیلری و رتیواتور تراکتوری، با افزایش دفعات پادلینگ، درصد رطوبت حجمی خاک افزایش پیدا می‌کند (شکل ۵). درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه آستانه ترک های بحرانی در خاک‌همزن دوار تیلری با دو بار پادلینگ کمتر از مقدار خاک بدون عملیات خاک ورزی می باشد. رطوبت در دستگاه پادلر مخروطی تیلری، با دفعات مختلف پادلینگ، بیشتر از خاک بدون عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (شکل ۵). رطوبت حجمی خاک در نقطه آستانه ترک های بحرانی، در پادلر مخروطی تیلری بیشترین مقدار (۴۱/۳۹٪)، رتیواتور تراکتوری کمترین مقدار (۳۶/۱۹٪)، خاک‌همزن مرسوم و دوار تیلری مقادیر مشابه (۳۸/۱۳ و۳۸/۰۲ درصد) و در خاک بدون عملیات خاک‌ورزی (۳۷/۰۷٪) می‌باشد (شکل ۶). در آبیاری نوبتی در شالیزار، ترک‌ها مسئله بسیار مهمی است زیرا ترک‌ها باعث فرار آب از خاک شده و همچنین آبگیری های بعدی کرت را نیز با مشکل مواجه می‌کنند که دانستن حد رطوبتی آستانه ترک‌ها بحرانی می‌تواند برای هر یک از ادوات خاک‌ورزی راهگشای خوبی برای جلوگیری از بروز ترک ها در خاک باشد. رضایی و همکاران (۴) و سپاسخواه و همکاران (۱۲) مقدار درصد حجمی رطوبت خاک در نقطه آستانه ترک‌های بحرانی را ۲۷ و ۲۸ درصد برآورد کردند که در این تحقیق این مقدار بین ۴۱-۳۶ درصد برآورد شد.

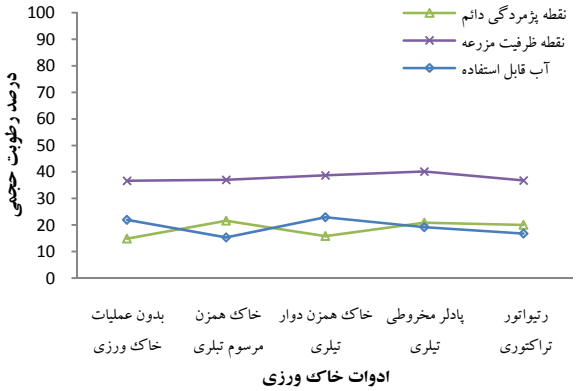
رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم، در خاک همزن مرسوم تیلری بیشترین مقدار (۲۱/۶۳٪)، خاک‌همزن دوار تیلری کمترین مقدار (۱۷/۸۱٪) و در خاک بدون عملیات خاک ورزی (۱۴/۸۳٪) و در پادلر مخروطی تیلری و رتیواتور تراکتوری مقادیر مشابه (۲۰/۹۴ و۲۰/۰۳ درصد) می‌باشد (شکل ۶). روند تغییرات رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم نشان می‌دهد که در خاک‌همزن مرسوم تیلری، خاک‌همزن دوار تیلری و رتیواتور تراکتوری، با افزایش دفعات پادلینگ، درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم افزایش می‌یابد (شکل‌های ۶ و ۷). صوفی الدین و همکاران (۱۳) مقدار درصد حجمی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم را ۲۰ درصد برآورد کردند که با نتایج حاصل از دو دستگاه پادلر مخروطی تیلری و رتیواتور تراکتوری همخوانی دارد. همچنین سپاسخواه و همکاران (۱۲) مقدار درصد حجمی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم را ۱۵ درصد برآورد کردند که با نتایج حاصل از خاک بدون عملیات خاک‌ورزی همخوانی دارد.

از تفاضل رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم، میزان آب قابل استفاده خاک محاسبه می‌شود. روند تغییرات آب قابل استفاده خاک نشان می‌دهد که با افزایش

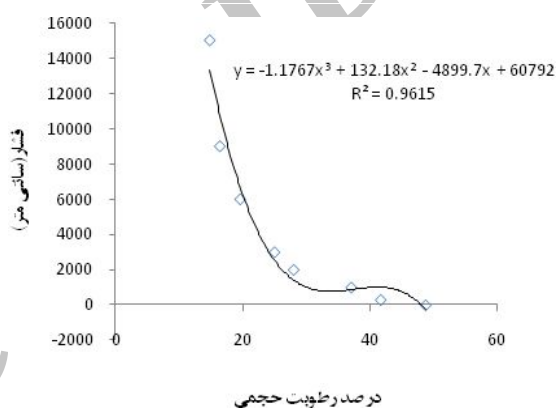
Archive of SID
www.SID.ir



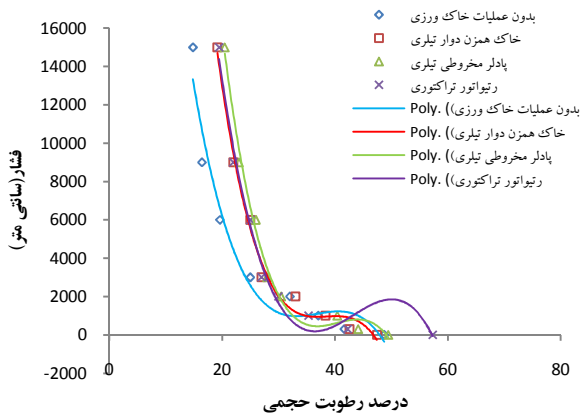
شکل۸. روند درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و آب قابل استفاده ادوات مختلف خاک‌ورزی با دفعات پادلینگ مختلف



شکل۹. روند درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و آب قابل استفاده ادوات مختلف خاک‌ورزی



شکل۱۰. منحنی مشخصه رطوبتی خاک بدون عملیات خاک‌ورزی



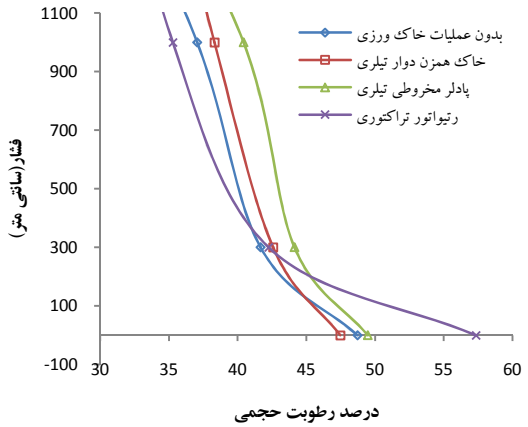
شکل۱۱. مقایسه منحنی مشخصه خاک بدون عملیات خاک‌ورزی با خاک پادل شده با ادوات مختلف خاک‌ورزی

دفعات پادلینگ، میزان درصد رطوبت خاک کاهش می‌یابد (شکل ۸). در خاک‌همزن مرسوم تیلری، کمترین رطوبت حجمی آب قابل استفاده (۱۵/۳۸٪) و در خاک‌همزن دوار تیلری، بیشترین میزان آب قابل استفاده (۲۲/۹۱٪) مشاهده شد. در رتیواتور تراکتوری و پادلر مخروطی تیلری و بدون عملیات خاک‌ورزی، این مقادیر به‌ترتیب ۱۶/ ۷۹، ۱۹/۲۳ و ۲۱/۹۲ درصد مشاهده شدند (شکل ۹).

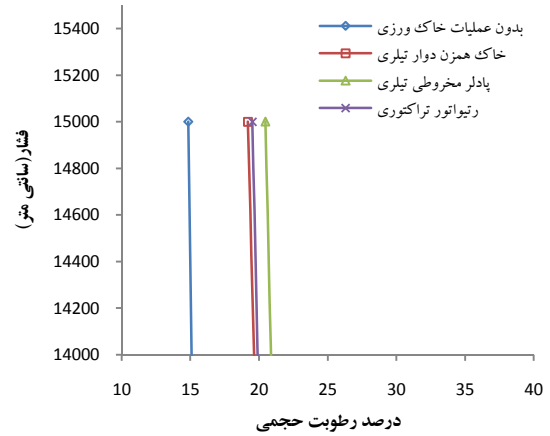
با اندازه گیری درصد رطوبت حجمی خاک در فشارهای ۳۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۶۰۰۰، ۹۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی متر، منحنی مشخصه خاک، برای خاک بدون عملیات خاک‌ورزی و خاک پادل شده با خاک‌همزن دوار تیلری، پادلر مخروطی تیلری و رتیواتور تراکتوری رسم گردید (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

رطوبت حجمی خاک در نقطه اشباع، در عملیات پادلینگ با رتیواتور تراکتوری، پادلر مخروطی تیلری، بدون عملیات خاک‌ورزی و خاک‌همزن دوار تیلری به‌ترتیب ۵۷/۳۴، ۴۹/۴۹، ۴۸/۷۴ و ۴۷/۴۶ درصد می باشد. رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی، در عملیات پادلینگ با پادلر مخروطی تیلری، خاک همزن دوار تیلری، رتیواتور تراکتوری و بدون عملیات خاک ورزی به ترتیب ۴۴/۱۵، ۴۲/۵۸، ۴۲/۲۷ و ۴۱/۶۸ درصد می‌باشد. رطوبت حجمی خاک در نقطه آستانه ترک‌های بحرانی، در عملیات پادلینگ با پادلر مخروطی تیلری، خاک همزن دوار تیلری، بدون عملیات خاک‌ورزی و رتیواتور

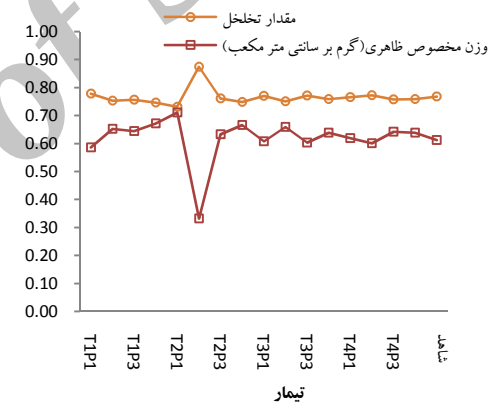
www.SID.ir



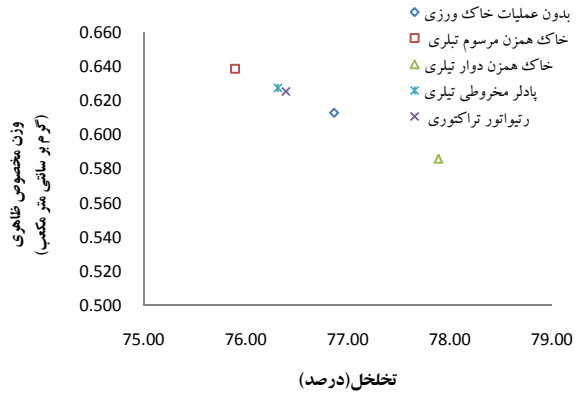
شکل۱۲. مقایسه منحنی مشخصه خاک بدون عملیات خاک‌ورزی و خاک پادل شده با ادوات خاک‌ورزی مختلف در فشار اشباع، ظرفیت زراعی (۳۰۰ سانتی متر)،آستانه ترک بحرانی (۱۰۰۰ سانتی متر)



شکل۱۳. مقایسه منحنی مشخصه خاک بدون عملیات خاک‌ورزی و خاک پادل شده با ادوات خاک‌ورزی مختلف در پژمردگی دائم (۱۵۰۰۰ سانتی‌متر)



شکل۱۴. مقایسه روند تخلخل و وزن مخصوص ظاهری برای ادوات مختلف خاک‌ورزی با دفعات مختلف پادلینگ



شکل۱۵. تغییرات تخلخل برحسب وزن مخصوص ظاهری در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

تراکتوری به‌ترتیب ۴۰/۴۴، ۳۸/۳۲، ۳۷/۰۷ و ۳۵/۳۱ درصد می‌باشد (شکل ۱۲). رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم، در عملیات پادلینگ با پادلر مخروطی تیلری، رتیواتورتراکتوری، خاک‌همزن دوار تیلری و بدون عملیات خاک‌ورزی به ترتیب ۲۰/۴۷، ۱۹/۴۹، ۱۹/۱۷ و ۱۴/۳۸ درصد می‌باشد (شکل ۱۳).

روند تغییرات تخلخل و وزن مخصوص ظاهری برای ادوات مختلف خاک‌ورزی با دفعات مختلف پادلینگ نشان می‌دهد که با افزایش دفعات پادلینگ، در خاک همزن مرسوم تیلری، وزن مخصوص ظاهری افزایش و تخلخل خاک کاهش می‌یابد (شکل ۱۴). خاک‌همزن مرسوم تیلری دارای بیشترین وزن مخصوص ظاهری (۰/۶۳۹ گرم بر سانتی متر مکعب) و کمترین تخلخل (۷۵/۸۹ درصد) است. خاک‌همزن دوار تیلری دارای بیشترین تخلخل (۷۷/۸۹ درصد) و کمترین وزن مخصوص ظاهری (۰/۵۸۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) می‌باشد (شکل ۱۵).

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در نقطه اشباع، رتیواتور تراکتوری بیشترین مقدار رطوبت را نشان می دهد که به این معنی است که زمانی که خاک مزرعه اشباع کامل است رتیواتور تراکتوری نسبت به سایر ادوات رطوبت بیشتری را در خاک نگه می دارد. در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم، پادلر مخروطی تیلری بیشترین مقدار رطوبت را نشان می‌دهد که به این معنی است که در شرایط کمبود آب و عدم امکان شرایط غرقاب کامل، استفاده از پادلر مخروطی تیلری برای نگه داشتن بیشترین رطوبت در خاک توصیه می‌شود. در ادوات مختلف خاک‌ورزی، با افزایش دفعات پادلینگ، رطوبت خاک کاهش می‌یابد. در مقایسه خاک بدون عملیات خاک‌ورزی با خاک‌همزن دوار تیلری و پادلر مخروطی تیلری، میزان آب قابل استفاده خاک کاهش یافت. در مقایسه منحنی مشخصه خاک بدون عملیات خاک‌ورزی با خاک‌همزن مرسوم تیلری، خاک همزن دوار تیلری، پادلر مخروطی تیلری و رتیواتور تراکتوری، در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم، روند افزایش رطوبت خاک به ترتیب در خاک بدون عملیات خاک‌ورزی، خاک‌همزن دوار تیلری، رتیواتور تراکتوری و سپس پادلر مخروطی تیلری مشاهده شد. در نقطه آستانه ترک های بحرانی، روند افزایش رطوبت خاک به‌ترتیب در ادوات خاک‌ورزی رتیواتور تراکتوری، خاک بدون عملیات خاک‌ورزی، خاک‌همزن دوار تیلری و پادلر مخروطی تیلری می‌باشد. این روند در نقطه اشباع به‌صورت خاک همزن دوار تیلری، خاک بدون عملیات خاک‌ورزی، پادلر مخروطی تیلری و رتیواتور تراکتوری می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری دانشگاه صنعتی اصفهان و مؤسسه تحقیقات برنج کشور در تمام مراحل انجام آزمایش کمال تشکر را داریم.

منابع مورد استفاده

۱. جعفری، ف. ۱۳۸۶. خصوصیات هندسی درز و شکاف های خاک های متورم شونده اراضی شالیزاری استان گیلان پس از برداشت محصول. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۶- ۱۸ بهمن، کرمان.

۲. رضوی‌پور کومله، ت. ۱۳۷۸. اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب در بافت‌های مختلف شالیزار در دو مرحله از رشد برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران.

۳. رفیع، م. ج. ۱۳۷۰. فیزیک خاک. (تألیف کهنگ، ه.)، انتشارات دانشگاه تهران.

۴. رضایی، ل.، م. شعبانپور و ن. دواتگر. ۱۳۹۰. برآورد پارامتر مقیاس به روش های مختلف در مدل آریا و پاریس برای بهبود تخمین منحنی مشخصه آب خاک. نشریه دانش آب و خاک. جلد ۳. شماره ۲۱. ص ۱۰۳-۱۱۴.

۵. علیزاده، ا.، ۱۳۸۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۵۵ صفحه.

۶. یزدانی، م.، م. شریفی، ت. رضوی پور و ن. شرفی. ۱۳۸۲. مقایسه مدیریت های مختلف آبیاری در زراعت برنج گیلان. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، ص ۱۴۳-۱۵۴.

۷. یوسفی مقدم شیخانی، س.، ۱۳۸۶. تأثیر شدت پادلینگ بر ویژگی های فیزیکی سه بافت خاک غالب در اراضی شالیزاری استان گیلان. پای‌ان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

8. Fukuda, H. and H. Tsutsoi. 1979. Rice Irrigation in Japan. JAJA.

9. Inoue, H. and K. Tokunaga. 1995. Soil and water management. PP. 305-324. *In:* T. Tabuchi and S. Hasegawa (Eds.), Paddy Fields in the World, Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering, Tokyo, Japan.

10. Mohanty, M., D. K. Painuli and K. G. Mandal. 2004. Effect of puddling intensity on temporal variation in soil physical conditions and yield of rice *(Oriza sativa* L.) in a Vertisol of central India. Soil Till. Res. 76: 83-94.

Archive of SID
www.SID.ir

11. Shrivastava, A. K. and R. K. Datta. 2006. Effect of different size and orientation of rectangular rotary blades on quality of puddling. J. Terramechanics 43(2): 191-203.
12. Sepaskhah. A. R. and M. R. Rafiee. 2008. Evaluation of scaling parameter to predict soil water characteristic curve using improved particle-size distribution Iran. J. Sci. Technol., B. Eng., 32(B5): 549-556.
13. Sofiyuddin, A. Martief, M. Setiawan and I. Chusnul Arif. 2010. Evaluation of crop coefficients from water consumption in paddy field. 6th Asian Regional Conference, ICID, 10-16 October, Yogyakarta, Indonesia.
14. Yoshida, S. and K. Adachi. 2002. Influence of puddling intensity on the water retention characteristic of clayey paddy soil. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand, Symposium No. 53, 235: 1-8.

Archive of SID

www.SID.ir