یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

بررسی سطوح مختلف پادلینگ بر روی خواص مهندسی خاک لومی رسی

ناهید عقیلی ناطق[1*]، مهتاب رضایی[2] و رضا طباطبایی کلور [3]

۱- استادیار، گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی سنقر، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران.

۲- گروه مکانیک واحد الیگودرز، دانشگاه آزاد اسلامی الیگودرز، ایران

۳-دانشیار گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.

نویسنده مسئول:n.aghili@razi.ac.ir

چکیده

خصوصیات مهندسی خاک از منابع مهم شناخت خاک هستند که درکنار خواص شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌توانند وسیله‌ای برای توجیه رفتار خاک باشند. در این تحقیق، برخی خواص مهندسی خاک مانند چگالی ظاهری، رسانایی هیدرولیکی، مقاومت به نفوذ و مقاومت برشی تحت تاثیر سطوح مختلف عمق و پادلینگ با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اندازه گیری گزدید. نتایج نشان داد چگالی ظاهری، مقاومت به نفوذ، مقاومت برشی و رسانایی هیدرولیکی با افزایش سطح پادلینگ کاهش و با افزایش عمق به غیر از رسانایی هیدرولیکی، افزایش یافتند. این افزایش برای سطوح کمتر پادلینگ بیشتر بود. رسانایی هیدرولیکی خاک در لایه های پادل شده با افزایش عمق کاهش یافت. می‌توان گفت تیمار پادلینگ P_1 برای حفظ رطوبت، کاهش تخریب خواص فیزیکی، مکانیکی خاک و کاهش انرژی مورد نیاز برای آماده سازی اراضی شالیزاری مناسب تر از تیمار P_2 می‌باشد.

کلید واژگان: پادلینگ، مقاومت برشی، مقاومت به نفوذ، رسانایی هیدرولیکی، چگالی ظاهری.

مقدمه

پادلینگ یکی از روش‌های معمول آماده‌سازی بستر برای نشاکاری برنج در اراضی شالیزاری می‌باشد. این عملیات با تخریب ساختار خاک، بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیک خاک از جمله، چگالی ظاهری، تخلخل، تبادل گاز، نگه‌داری آب، رسانایی هیدرولیکی، دما و مقاومت مکانیکی اثر می‌گذارد و موجب تشکیل لایه سخت در خاک می‌شود که این تغییر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیک خاک بر رشد برنج موثر است. پادلینگ با نرم کردن سطح خاک و کاهش چسبندگی داخلی لایه‌های خاک موجب تسهیل عملیات نشاءکاری برنج می‌شود. همچنین با حذف منافذ بزرگ که آب را انتقال می‌دهند و افزایش منافذ کوچک یک ساختار باز و سست در خاک ایجاد می‌کند که دارای رسانایی هیدرولیکی پایین می‌باشد (kukal, 2003). پادلینگ علاوه بر تمام مزایای ذکر شده معایبی نیز دارد. بسیاری از تحقیقات نشان داده که حداکثر نیاز آبی در آبیاری برنج، اغلب در زمان انجام پادلینگ است، به ویژه در جایی که این عمل در مدت زمان خیلی کوتاه، که هیچ گونه بارندگی نیز اتفاق نیفتد، انجام گیرد. همچنین با تخریب خواص فیزیکی خاک باعث ایجاد مشکلاتی در اراضی می‌شود، که کشت دوم در آن‌ها صورت می‌گیرد. بنابراین، این عملیات در سطحی مورد نیاز است که موجب بهبود شرایط رشد برنج شده ضمن اینکه شرایط فیزیکی مطلوب خاک حفظ شود (mohanty, 2004). با توجه به اثر عملیات پادلینگ بر خاک شالیزار، انجام یک تحقیق برای تعیین خواص مهندسی خاک شالیزار و بررسی اثر این عملیات برروی این خواص به منظور ایجاد محیط مطلوب برای بهبود شرایط رشد برنج و کاهش تخریب خواص فیزیکی و مکانیکی خاک محسوس به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های خاک و تیمارهای پادلینگ

آزمایش‌های مزرعه‌ای درزمینی به مساحت۲۰۰۰ متر مربع واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. محصول قبلی کاشته شده برنج بود و زمین مورد نظر به سه کرت ۵۰۰ متر مربعی تقسیم شد و داده برداری در سه تکرار صورت گرفت. بافت خاک لومی رسی بود. عملیات پادلینگ در ابتدای هر تیمار زمانی که ارتفاع آب بر روی خاک غرقاب شده ۵ سانتی‌متر بود انجام شد. تیمارهای پادلینگ شامل:P_0 بدون انجام شخم، P_1: یک بار عبور روتیواتور، P_2: سه بار عبور روتیواتور بود. بیست و چهار ساعت پس از شخم خاک و ته نشین شدن کامل ذرات خاک متفرق شده شاخص‌های چگالی، مقاومت به نفوذ، مقاومت برشی و رسانایی هیدرولیکی در سه عمق۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری رطوبت و چگالی ظاهری خشک

جهت تعیین چگالی ظاهری خشک خاک نمونه‌های دست نخورده به آزمایشگاه منتقل ووزن شدند و سپس داخل آون در دمای ۱۱۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. بعد از خشک شدن نمونه‌ها،مجدداً وزن شدند. از تقسیم اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از خشک شدن بر وزن نمونه قبل از خشک شدن چگالی ظاهری بر مبنای خشک بدست آمد.

اندازه‌گیری مقاومت به نفوذ خاک

مقادیرمقاومت به نفوذخاک توسط یک دستگاه نفوذسنج دستی مدل138 SL با زاویه مخروط ۳۰ درجه و سطح مقطع مخروط ۰/۵ اینچ مربع در سه عمق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری در نقطه‌ای نزدیک به مکانی که مقاومت برشی اندازه گرفته شده بود به دست آمد.این دستگاه مجهز به لودسل حلقوی با قرائت مستقیم نیروی نفوذ می‌باشد (شکل۱).

شکل ۱- آزمایش تعیین مقاومت به نفوذ خاک

اندازه‌گیری مقاومت برشی خاک

جهت اندازه‌گیری مقاومت برشی خاک در عمق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری،از یک دستگاه برش پره دستی مدلH 605 در مزرعه استفاده شد. این دستگاه دارای سه پره قابل تعویض با میله‌های افزایش طول تا ۵۰۰ میلی مترا ست. این سه پره مقدارهای متفاوتی از مقاومت بر شی را بر حسب کیلو پا سکال اندازه گیری می‌کنند.مقدار ماکزیمم توسط درجه چرخاندن اندازه‌گیری می شود که قبل از هر اندازه‌گیری جدید به مقدار صفر باز گردانده می‌شود. از پره با اندازه ۴×۲ سانتی‌متری برای اندازه گیری‌ها استفاده شد.

اندازه‌گیری رسانایی هیدرولیکی خاک

ر سانایی هیدرولیکی یعنی سرعت حرکت آب در محیط خاک ا ست. درآزمای شگاه این ضریب با دو روش بار افتان و بار ثابت تعیین می شود. معمولاً روش بار افتان برای تعیین رسانایی هیدرولیکی خاک‌های ریز دانه به کار می‌رود. نمونه خاک دست نخورده در داخل لوله نمونه گیر قرار داده شد. از همان لوله نمونه‌گیر به عنوان ظرف آزمایش در تمام مدت آزمایش استفاده شد. صافی درشتی در ابتدا و انتهای لوله نمونه گیر گذاشته شد. به قسمت بالای نمونه لوله شیشه ای با سطح مقطع معین وصل می‌گردد. این لوله با آب پر می شود. پس از ا شباع نمونه به مدت ۴۸ ساعت، ضمن نفوذ آب در نمونه در زمان‌های مختلف، ارتفاع آب در لوله شیشه ای اندازه‌گیری می شود. این ارتفاع در هر لحظه عبارت ا ست از اختلاف ارتفاع سطح آب در لوله شیشه ای نسبت به سطح آب مخزن خروجی نمونه. سپس با ا ستفاده از قانون دار سی رسانایی هیدرولیکی نمونه محاسبه گردید (Shrivastava, et al., 2006).

شکل۲- آزمایش نفوذپذیری با روش بار افتان.

اندازه‌گیری شاخص پادلینگ

یک ساعت پس از انجام عملیات پادلینگ، نمونه خاک با حجم ۲۵۰ میلی لیتر از دو تیمار پادل شده با سه تکرار جمع آوری شد و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌ها داخل استوانه مدرج ۲۵۰ میلی لیتری قرار داده شدند. حجم نمونه‌های خاک پس از ۴۸ ساعت و ته نشین شدن خاک قرائت گردید و سپس شاخص پادلینگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Salokh, et al.,1993):

$$\%PI = (V_S/ V)\times 100$$

V_s: حجم خاک پادل شده پس از ته نشین شدن(cm^3)

V: حجم خاک پادل شده قبل از ته نشین شدن(cm^3)

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل (۳×۳) در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام گردید. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار آماری SPSS و برای مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل از نرم افزار آماری MSTATC استفاده گردید. میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ و با استفاده از آزمون LSD با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

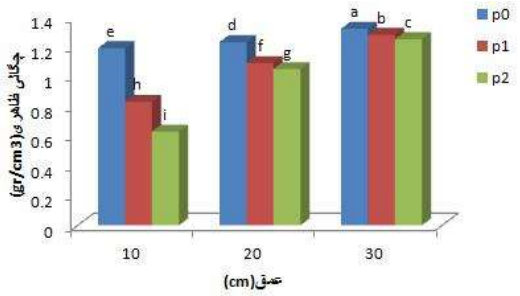
چگالی ظاهری خاک

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان می دهد که تغییر عمق، سطح پادلینگ واثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر چگالی ظاهری خاک معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) کاهش معنی‌دار چگالی را با انجام عملیات پادلینگ روی لایه‌های پادل شده در سه عمق (۱۰، ۲۰ و۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک) نشان داد. این کاهش چگالی با افزایش درجات پادلینگ افزایش یافت. بیشترین و کمترین مقدار چگالی ظاهری به ترتیب در تیمار P_0 در عمق ۳۰ سانتی‌متری و در تیمار P_2 در عمق ۱۰ سانتی‌متری می‌باشد. سرعت کاهش چگالی در تیمار P1 نسبت به تیمار P0 بیشتر ازتیمارP2 نسبت به P1 می‌باشد. این نشان می‌دهد که انجام پادلینگ در سطح کم برای کاهش چگالی ظاهری لایه‌های خاک پادل شده کافی است. کاهش چگالی ظاهری خاک پس از پادلینگ توسط دیگران نیز گزارش شد (Sharma, & De Datta, 1985). شکل (۴) اثر متقابل عمق و عملیات پادلینگ را بر روی چگالی ظاهری نشان می‌دهد. کمترین مقدار چگالی ظاهری برای تیمار P_2 و بیشترین مقدار برای تیمارP_0 در هر سه عمق بود. احتمالاً به این دلیل است که تغییرات ایجاد شده در ساختار خاک در تیمار P_2 بیشتر از تیمارهای دیگر می باشد (Mohanty, et al,. 2004; Sharma, & De Datta, 1986). همچنین تفاوت در چگالی ظاهری با عمق برای هر سه تیمار نشان داده شده است. پادلینگ معمولاً باعث تشکیل ساختمان بازتری شده و بنابراین چگالی را کاهش می‌دهد. از آن‌جا که خاک لومی-رسی دارای درصد بالایی از رس مونت موریلونیت بود، کاهش چگالی در نتیجه انجام پادلینگ ممکن است به دلیل تورم رس و ایجاد یک ساختمان باز از یک ساختمان بسته باشد (Mohanty, et al,. 2004.) . وقتی که مونت موریلونت مرطوب می شود آماس قابل توجهی در بین لایه‌ها ایجاد می‌کند و در نتیجه چسبندگی بین خاک دانه‌ها کم می‌گردد.

جدول۱- خلاصه تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی	چگالی ظاهری خشک (gr/cm3)	مقاومت برشی (kpa)	مقاومت به نفوذ خاک (Mpa)	رسانایی هیدرولیکی (cm/s)
سطح پادلینگ	۲	۰/۱۳۵**	۴۰۵۱/۴۵۶**	۳/۰۹۲**	۵۹/۷۸**
عمق(cm)	۲	۰/۲۷۴**	۱۰۵۴/۶۰۲**	۳/۸۹**	۱۸/۸۶**
سطح پادلینگ × عمق	۴	۰/۰۲۸**	۹۳/۲۴**	۰/۲۳۹**	۶/۹۶**
خطای آزمایش	۱۸	۰/۰۰۰۳	۵/۴۴	۰/۰۰۱	۰/۰۱

1% و 5% به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال** و *
nsفاقد اختلاف معنی دار



شکل۳- اثر متقابل عمق و پادلینگ بر چگالی ظاهری خاک

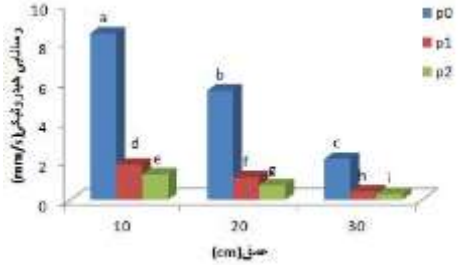
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده پس از عملیات پادلینگ

عمق (cm)	سطح پادلینگ	چگالی ظاهری خشک (gr/cm3)	مقاومت برشی (kpa)	مقاومت به نفوذ خاک (Mpa)	رسانایی هیدرولیکی (cm/s)
۰-۱۰	P0	۱/۱۹e	۴۵c	۱/۶۱c	۸/۵a
۱۰-۰	P1	۰/۸۵h	۰/۰۰۱h	۰/۰۳g	۱/۸d
۱۰-۰	P2	۱/۲۸b	۰/۰۰۱h	۰g	۱/۳e
۲۰-۱۰	P0	۱/۲۳d	۴۹b	۱/۸b	۵/۵۸b
۲۰-۱۰	P1	۱/۰۷f	۱۲/۷۲f	۰/۴۶e	۱/۱۴f
۲۰-۱۰	P2	۰/۷۶i	۸/۱g	۰/۲۹f	۰/۷۵g
۳۰-۲۰	P0	۱/۳۲a	۵۴a	۱/۹۹a	۲/۱c
۳۰-۲۰	P1	۱/۲۸b	۲۹/۳d	۱/۶c	۰/۴۳h
۳۰-۲۰	P2	۱/۲۵c	۲۵/۸۳e	۱/۴۸d	۰/۳i

میانگین ها در هر ستون که دارای حروف لاتین مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪اختلاف معنی‌داریندارند

رسانایی هیدرولیکی خاک

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که تاثیر تیمارهای مختلف پادلینگ، عمق و اثر متقابل آن‌ها بر این پارامتر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین ها (جدول۲) تغییرات رسانایی هیدرولیکی را برای سطوح مختلف پادلینگ در سه عمق مذکور نشان داد. رسانایی هیدرولیکی خاک پس از پادلینگ کاهش یافت. در هر سه عمق خاک، کاهش رسانایی هیدرولیکی خاک در تیمار P_2بیشتر از کاهش دو تیمار دیگر است که سبب سریع ترخشک شدن خاک پادل نشده و حفظ رطوبت در خاک پادل شده می‌گردد. رسانایی هیدرولیکی خاک به طور گسترده به مقدار تخلخل خاک وابسته است. بنابراین کاهش رسانایی هیدرولیکی خاک پس از عملیات پادلینگ ممکن است به این دلیل باشد که با انجام این عملیات و سست شدن خاک لومی رسی چگالی ظاهری لایه های پادل شده خاک کاهش و تخلخل افزایش می‌یابد. در خاک‌های پادل شده بیشتر حجم منافذ توسط خلل وفرج ریز اشغال شده است که خود عامل کاهش رسانایی هیدرولیکی خاک می‌باشد. همچنین با رسوب تدریجی ذرات خاک معلق در محلول آب و خاک پس از پادلینگ لایه ای از رسوب نرم بر روی سطح خاک تشکیل شده که این لایه رسوب نرم خود دلیلی دیگر بر کاهش رسانایی هیدرولیکی خاک می‌باشد. دلیل کاهش رسانایی هیدرولیکی خاک را پس از پادلینگ و با افزایش درجات پادلینگ چنین می‌توان بیان داشت که مقدار ذرات رس انتقال داده شده داخل محلول معلق آب و خاک پس از پادلینگ و رسوب آن‌ها بر روی سطح لایه خاک پادل شده موجب کاهش رسانایی هیدرولیکی می-شود (Shrivastava, et al., 2006; Kukal, Aggarwal., 2003). شکل(۲) اثر متقابل عمق و پادلینگ را بر روی رسانایی هیدرولیکی خاک نشان می‌دهد. کمترین مقدار رسانایی هیدرولیکی در تیمار P2 در عمق ۳۰ سانتی‌متری و بیشترین مقدار در تیمار P0 در عمق ۱۰سانتی‌متری بود.

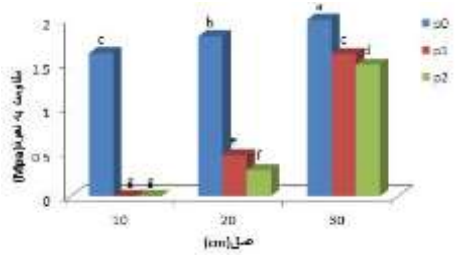


شکل۵ - اثر متقابل عمق و پادلینگ بر رسانایی هیدرولیکی خاک

در هر سه تیمار پادلینگ مقادیر رسانایی هیدرولیکی با افزایش عمق کاهش یافت. به طوری‌که بیشترین مقدار این پارامتر در عمق ۱۰ سانتی‌متری در هر یک از تیمارهای پادل شده مشاهده شد. این امر ممکن است به علت افزایش تراکم خاک و کاهش تخلخل در عمق های پایین‌تر خاک باشد (Zhuang, 2001,. et al ; Zhao, 2010,. et al). نتیجه به دست آمده با نتایج حاصل از تحقیقات دیگر محققین هم خوانی دارد. (Aimrun, et al., 2004; Thierfelder, et al., 2009). می‌توان بیان داشت که رابطه قوی بین رسانایی هیدرولیکی خاک و تخلخل موثر وجود دارد، از این رو با افزایش عمق خاک و کاهش تخلخل رسانایی هیدرولیکی خاک کاهش یافت

مقاومت به نفوذ خاک

نتایج تجزیه واریانس داده های مقاومت به نفوذ خاک (جدول۱) نشان داد که اثر پادلینگ، عمق و اثر متقابل آن‌ها بر میزان مقاومت به نفوذ خاک در سطح احتمال ۱ در صد معنی‌دار بود. شکل (۶) اثر متقابل این دو عامل را بر مقاومت به نفوذ خاک نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود این پارامتر پس از عملیات پادلینگ کاهش و با افزایش عمق افزایش می‌یابد به طوری که بیشترین مقدار مقاومت به نفوذ در تیمار P_0 در عمق ۳۰ سانتی‌متری و کمترین مقدار در تیمار P_2 در عمق ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) کاهش معنی دار مقاومت به نفوذ را پس از پادلینگ در هر سه عمق (۱۰، ۲۰ و ۳۰) سانتی‌متری نشان داد. که این نشان دهنده سست شدن خاک پس از پادلینگ می‌باشد. دلیل این کاهش مقاومت خاک را می‌توان افزایش رطوبت خاک پس از عملیات پادلینگ بیان نمود(Ringrose- Voasa,. et al., 2002). تغییر مقاومت به نفوذ خاک در تیمار P_1 نسبت به P_0 زیاد بود در صورتی‌که در P_2 نسبت به P_1 تغییر ناچیزی مشاهده شد.

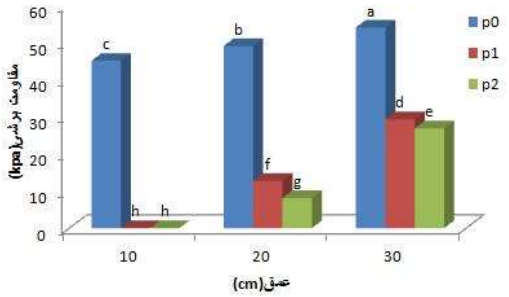


شکل۶- اثر متقابل عمق و پادلینگ بر مقاومت به نفوذ خاک

در خاک‌های پادل شده در لایه های سطحی (۱۰ سانتی‌متر) مقدار مقاومت به نفوذ خاک صفر بود و این ممکن است به دلیل سست شدن ذرات خاک پس از پادلینگ و شرایط اشباع خاک باشد. در هر سه تیمار پادلینگ مقادیر مقاومت به نفوذ با افزایش عمق خاک افزایش یافت. که این احتمالاً به دلیل رسوب کردن ذرات سنگین تر در عمق‌های پایین تر لایه‌های پادل شده می‌باشد. این افزایش در خاک پادل نشده با سرعت بیشتر صورت گرفت اما در خاک‌های پادل شده با سرعت کمتر صورت گرفت. کمتر بودن مقاومت به نفوذ خاک در لایه سطحی ممکن است به دلیل بیشتر بودن ترک‌های خاک ناشی از کاهش رطوبت و خشک شدن خاک در این لایه باشد (Mohanty, et al,. 2004).و افزایش مقاومت به نفوذ در لایه‌های عمیق تر (۳۰ سانتی‌متری) از سطح خاک پس از پادلینگ، احتمالا به دلیل متراکم شدن خاک توسط چرخ‌های تراکتور و رسوب ذرات درشت‌تر خاک می‌باشد. محققین دیگر نیز تغییرات مقاومت به نفوذ خاک را تحت سطوح مختلف پادلینگ بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که پس از عملیات پادلینگ، سرعت افزایش مقاومت به نفوذ با افزایش عمق کاهش می‌یابد (Johnson, et al., 1987; Bachman, et al., 2006; Yousefi-Moghadam,. et al. 2009). پادلینگ با کاهش چگالی ظاهری و سست کردن خاک مقاومت به نفوذ را کاهش می‌دهد و با افزایش درجات پادلینگ و صرف انرژی بیشتر برای این عملیات میزان تغییر ساختار خاک بیشتر شده و این خود موجب کاهش بیشتر در مقاومت به نفوذ خاک می‌شود (Aggarwal, et al., 1995; Kirchhof, et al.,2000) .

مقاومت برشی خاک

نتایج تجزیه واریانس (جدول۲) داده‌های مقاومت برشی خاک در مزرعه نشان داد که تاثیر تیمارهای مختلف پادلینگ، عمق و اثر متقابل آنها بر مقاومت برشی خاک در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول۲) تغییرات مقاومت برشی را برای سطوح مختلف پادلینگ در سه عمق مذکور نشان داد. مقاومت برشی خاک پس از پادلینگ کاهش یافت و با افزایش درجات پادلینگ از P1 تا P2 تغییر ناچیزی نسبت به افزایش تیمار P1 نسبت به P0 مشاهده شد. در خاک‌های پادل شده در لایه‌های سطحی (۱۰ سانتی‌متری) مقدار مقاومت برشی خاک صفر بود و این احتمالاً به دلیل سست شدن ذرات خاک پس از عملیات پادلینگ و شرایط اشباع خاک می‌باشد. در واقع خاک پادل نشده نسبت به خاک پادل شده دارای مقاومت برشی بیشتری است. در پژوهشی Wadhwal (1992) نشان دادند که این پارامتر پس از پادلینگ کاهش می‌یابد و با افزایش درجات پادلینگ کاهش بیشتری می‌یابد در پژوهش دیگری Ringrosevoasa, et al (2004) نیز بیان داشتند که با انجام عملیات پادلینگ مقاومت مکانیکی خاک کاهش می‌یابد. این امر ممکن است به این دلیل باشد که در طی عملیات پادلینگ و سست شدن خاک لومی رسی چگالی ظاهری لایه‌های پادل شده خاک کاهش و با کاهش رسانایی هیدرولیکی رطوبت افزایش می‌یابد. خواص مکانیکی خاک به طور گسترده به چگالی ظاهری و میزان رطوبت خاک بستگی دارد. به طوری‌که با افزایش رطوبت و کاهش چگالی ظاهری مقاومت کاهش می‌یابد. همچنین با رسوب تدریجی ذرات معلق محلول آب و خاک پس از پادلینگ چگالی ظاهری خاک با افزایش عمق افزایش یافت. شکل (۴) اثر متقابل عمق و پادلینگ را بر روی مقاومت برشی خاک پادل شده کم و متوسط برآورد شده در مزرعه و آزمایشگاه نشان می‌دهد. همان طورکه مشاهده می‌شود کمترین مقدار مقاومت برشی در تیمار P_2 و **P1** در عمق ۱۰ سانتی‌متری و بیشترین مقدار در تیمار پادل نشده در عمق ۳۰ سانتی‌متری بود.



شکل۷- اثر متقابل عمق و پادلینگ بر مقاومت برشی خاک برآورد شده با روش برش پره

در هر سه تیمار پادلینگ مقادیر مقاومت برشی خاک با افزایش عمق افزایش یافت. به طوری‌که بیشترین مقدار این پارامتر در عمق ۳۰ سانتی‌متری در هر یک از تیمارهای پادل شده مشاهده شد. این امر ممکن است به علت رسوب ذرات سنگین تر در عمق های پایین تر خاک‌های پادل شده و در نتیجه افزایش تراکم خاک و کاهش تخلخل با افزایش عمق باشد. دلیل این امر افزایش چگالی ظاهری وافزایش نیروهای کشش سطحی در یک توده خاک با افزایش عمق می‌باشد که در نتیجه باعث افزایش مقاومت خاک می‌شود(Bachman, et al., 2006). افزایش چگالی خاک نشان دهنده تراکم زیاد ذرات خاک می‌باشد و در نتیجه نیروی بیشتری برای از هم گسیختگی آن نیاز می‌باشد (Motavalli, et al., 2003). این نتایج با نتایج تحقیقات Zhao, et al (2009) هم‌خوانی دارد که بیان می‌دارد که تنش برشی معمولاً با افزایش چگالی ظاهری و عمق افزایش می‌یابد.

شاخص پادلینگ

افزایش سطح پادلینگ، موجب افزایش شاخص پادلینگ شد. میزان شاخص پادلینگ در تیمار پادل نشده P_0، در تیمار P_1 ۴۳/۰۷ و در تیمار P_2 ۵۰/۲ درصد بود (جدول ۳). این به علت افزایش میزان انرژی برای انجام عملیات پادلینگ در درجات بالاتر بود. در درجات بالاتر پادلینگ به دلیل افزایش به هم خوردگی خاک شالیزار، شاخص پادلینگ افزایش یافت. همان طورکه مشاهده می‌شود با افزایش شاخص پادلینگ میزان رطوبت خاک افزایش یافت. این نشان دهنده تغییر ساختار خاک با انجام عملیات پادلینگ و افزایش آن در درجات بالاتر پادلینگ می‌باشد(Salokh, et al.,1993).

جدول ۳ - تاثیر شدت پادلینگ بر روی شاخص پادلینگ

تیمارها	شاخص پادلینگ(%)	رطوبت(%)
P_0	۰	۳۱
P_1	۴۳/۰۷	۵۵/۷
P_2	۵۰/۲	۵۸/۳

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد چگالی‌ظاهری، رسانایی هیدرولیکی، مقاومت به نفوذ و مقاومت برشی با انجام عملیات پادلینگ کاهش یافتند. که این مسئله احتمالاً به دلیل سست شدن خاک و ضعیف بودن نیروهای بین ذرات خاک می‌باشد. این کاهش در سطوح بالاتر پادلینگ بیشتر بود. کاهش این پارامترها در تیمار P_1 نسبت به تیمار P_0 بیشتر از P_2 نسبت به P_1 بود. به عبارت دیگر، درجات بالاتر پادلینگ باعث شدند که خاک سست‌تر شده و میزان رسانایی هیدرولیکی آن کاهش یافت که این خود موجب می‌شود خاک رطوبت را برای مدت بیشتری در خود حفظ کند. این نشان دهنده این است که تغییرات ایجاد شده در ساختار خاک در تیمار P_2 بیشتر از تیمار P_1 است. پادلینگ با کاهش رسانایی هیدرولیکی خاک و افزایش میزان رطوبت خاک برای مدیریت آب مورد نیاز در خاک شالیزار مناسب می‌باشد. سطوح بالاتر پادلینگ به دلیل آن‌که رسانایی هیدرولیکی خاک را کاهش می‌دهد برای آماده سازی اراضی شالیزاری مناسب‌تر می‌باشد. از طرفی به نظر می‌رسد که پادلینگ در سطح کم به دلیل کاهش انرژی مصرفی و کاهش تخریب ساختار خاک برای آماده سازی اراضی شالیزار با بافت لومی- رسی مناسب‌تر باشد و سبب کاهش کار کارگری و تخریب ساختار خاک می‌گردد.

منابع

1. Aggarwal, G.C., Sidhu, A.S., Sekhon, N.K., Sandhu, K.S. & Sur, H.S. (1995). Puddling and N management effects on crop response in a rice–wheat cropping system. *Soil and Tillage Resarch*, 36, 129–139
2. Aimrun, W., M.S.M. Amin, & S.M. Eltaib. (2004). Effective porosity of paddy soils as an estimation of its saturated hydraulic conductivity. *Geoderma*, 121,197–203.
3. Bachman , J., K, Contreras., K.H, Hartage. & R, MacDonald. (2006). Comparison of soil strength data obtained in situ with penetrometer and with vane shear test. *Soil and Tillage Resarch*, 87, 112-118.
4. Kirchhof G., Priyono S., Utomo, WH., Adisarwanto, T. & Dacannay, EV. So HB. (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.
5. Kukal, s.s., & Aggarwal, G.C. (2003). Puddling depth and intensity effects in rice–wheat system on a sandy loam soil I. Development of subsurface compaction. *Soil and Tillage Resarch*, 72, 1–8.
6. Johnson, C. E., Grisso, R. D., Nichols, T. A. & Bailey, A. C. (1987). Shear measurement for agricultural soils-A Review. *Trans. ASAE*, 30, 935-938.

7. Mohanty, M., Painuli, D.K. & Mandal, K.G. (2004). Effect of pudlling intensity on temporal variation in soil physical condition and yield of rice (Oryza sativa L.) in a Vertisol of central India .*Soil and Tillage Research*, 76, 83-94.
8. Motavalli, P.P., Anderson, S.H., Pengthamkeerati, P. & Gantzer, C.J. (2003). Use of soil cone penetrometers to detect the effects of compaction and organic amendments in claypan soils. *Soil and Tillage Research*, 74 , 103–114.
9. Yousefi-Moghadam, S., Mousavi, SF., Mostafazadeh-Fard, B., Hemmat, A., Yazdani, 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. (In Farsi)
10. Ringrose-Voase, A.J. J.M. Kirby, GunomoDjoyowasito, W.B. Sanidad, C. Serrano, And Tabran M. Lando. (2002). Changes to the physical properties of soils puddled for rice during drying. *Soil and Tillage Researc*, 56, 83±104.
11. Salokhe,. V. M., Hanifmiah, M. & M, Hoki. (1993). Effect of blade type on power requirement and puddling quality of a rotavator in wet clay soil. *Terramechanics*, 30, 337- 350.
12. sharma, P.K. & De Datta S.K.. (1985). Effect of puddling on soil physical propertice and processes. Soil physical and Rice. IRIR, Los Banos, Philippines, PP. 23-217.
13. Sharma, P.K. & De Detta, S.K. (1986). Puddling influence on soil rice development and yield. *soil science. Soc. Am. J*, 49, 451–1457.
14. Shrivastava, A.K., Datta , R.K.. (2006). Effect of animal drawn puddling implements on hydraulic conductivity of lateritic sandy clay loam soil in West Bengal, India. *Terramechanics* ,43(2), 205-212
15. Thierfelder, C. & Wall, PC. (2009). Effects of conservation agriculture techniques on infiltration and soil water content in Zambia and Zimbabwe. *Soil and Tillage Research* , 105, 217–227
16. Zhao, X., Zhou, G. & Tian, Q. (2009). Study on the shear strength of deep reconstituted soils. *MINING SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 19, 0405-0408.
17. Zhao, L. Wu. L. Li .Y., Sarkar, A., Zhu, D. & Uphoff, N. (2010). Comparison of yield, water use efficiency and soil microbial biomass as affected by the system of rice intensification. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41, 1–12.
18. Zhuang, J., K, Nakayama., G.R. Yu. & Miyazaki, T. (2001). Predicting unsaturated hydraulic conductivity of soil based on some basic soil properties. *Soil and Tillage Resarch*, 59, 143-154.

Effect of different levels puddling on the engineering properties of clay loam soil

Nahid Aghilinategh[1*], Mahtab rezaei[2], Reza Tabatabaekoloor[3]

1- Department of Agricultural Machinery Engineering, Sonqor Agriculture Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran

2-Department of Mechanic, Aligoudarz, Branch, Islamic Azad University, Aligoudarz, Iran

3-Department of Agricultural Machinery, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran

[*]Corresponding author:

Nahid Aghilinategh

E-mail: n.aghili@razi.ac.ir

Abstract

Engineering properties of soils are important sources of knowledge be sides the chemical and biological properties of soil can a means to justify the behaviour of soil. In this study, some engineering properties of soil such as bulk density, hydraulic conductivity, penetration resistance was measured. Different levels of depth and puddling intensity and their interactions on the properties in randomized complete block design with three replications in a factorial experiment was investigated. Results indicated Puddling intensity decreased the soil hydraulic conductivity, bulk density, penetration resistance, shear strength and with increasing depth bulk density, penetration resistance and shear strength increased. This increasing was less in low level of puddling. Hydraulic conductivity in puddy soil with increasing depth decreased. In general we can say once puddling operations to maintain moisture, reduce physical and mechanical damage, energy required to prepare the paddy fields are more suitable than three puddling operation. Puddling only to the required level will deteriorate less the soil physical condition as compared to more intense puddling.

Key words: Hydraulic conductivity, bulk density, penetration resistance, puddling, shear strength

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران