

## تأثیر شدت پادلینگ بر نگهداشت آب در خاک و میزان آب مصرفی برای پادلینگ در سه بافت خاک در اراضی شالیزاری استان گیلان

سمیه یوسفی مقدم<sup>۱</sup>، سید فرهاد موسوی<sup>۱\*</sup>، بهروز مصطفی زاده فرد<sup>۱</sup>، محمد رضا یزدانی<sup>۲</sup>

و عباس همت<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۹)

### چکیده

پادلینگ (گل آب) متداولترین روش تهیه بستر نشا برای کاشت برنج است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر شدت‌های مختلف پادلینگ بر نفوذ آب به خاک، نگهداشت آب توسط خاک و تعیین میزان آب مصرفی برای انجام پادلینگ در سه بافت خاک غالب در اراضی شالیزاری استان گیلان بود. از سه بافت خاک رس سیلتی، لوم رسی و لوم، نمونه‌های دست نخورده در سه تکرار تهیه شد. نمونه‌ها توسط دستگاه همزن تحت تأثیر شدت‌های مختلف پادلینگ قرار گرفتند. براساس نتایج به‌دست آمده تیمار پادل با شدت کم سبب شد سرعت نفوذ آب به خاک به اندازه ۲۹/۳، ۳۲/۴ و ۳۶/۵ درصد در بافت‌های رس سیلتی، لوم رسی و لوم کاهش یابد. افزایش شدت پادلینگ از سطح کم به متوسط، سرعت نفوذ آب به خاک را به طور معنی‌داری کاهش داد، ولی تیمار پادل با شدت زیاد سبب کاهش معنی‌دار این پارامتر نشد. منحنی رطوبتی هر سه بافت خاک در تمامی سطوح پادلینگ نشان داد که عملیات پادلینگ قابلیت نگهداشت آب خاک را افزایش می‌دهد. با افزایش شدت پادلینگ، نگهداشت آب خاک در بافت رس سیلتی بیشتر از دو بافت دیگر بود. افزایش شدت پادلینگ از سطح کم به زیاد سبب افزایش میزان آب مصرفی به طور معنی‌دار شد. با افزایش شدت پادلینگ از سطح متوسط به زیاد میانگین آب به کار برده شده به ترتیب ۱۵/۴، ۱۴/۱ و ۱۶/۳ درصد در بافت‌های رس سیلتی، لوم رسی و لوم افزایش یافت. به طور کلی، در هر سه بافت خاک، تهیه بستر نشا با استفاده از عملیات پادلینگ با شدت زیاد در مقایسه با شدت متوسط به میزان آب مصرفی بیشتری نیاز دارد، در حالی‌که بر کاهش سرعت نفوذ آب به خاک و افزایش قابلیت نگهداشت آب خاک تأثیر معنی‌داری ندارد.

واژه‌های کلیدی: اراضی شالیزاری، نفوذ آب به خاک، خاک‌ورزی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادان مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات برنج کشور، رشت

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mousavi@cc.iut.ac.ir

## مقدمه

کشاورزان در مرحله خاک‌ورزی ثانویه شالیزارها طی عملیاتی تحت عنوان پادلینگ (گل خرابی، گل آب، شله‌زنی) خاک را با آب مخلوط می‌کنند تا ضمن آماده نمودن زمین برای نشاکاری، تلفات نفوذ آب به خاک را کاهش دهند. گیاه برنج نیاز به عملیات پادلینگ خوب دارد تا محیط فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیک مناسبی برای رشد آن فراهم شود (۸). تخریب خاکدانه‌ها در نتیجه پادلینگ تغییراتی در خصوصیات فیزیکی خاک ایجاد می‌کند که روی رشد گیاه و کشت مکانیزه برنج تأثیر می‌گذارد (۷). یوشیدا و آداجی تأثیر درجه پادلینگ (سبک، متوسط و سنگین) را بر نگهداشت آب در خاک‌های رسی بررسی نمودند (۱۶). این محققین گزارش نمودند که در لایه سطحی (۴-۰ سانتی‌متر) مقدار آب نگهداری شده پس از پادلینگ در تمامی محدوده‌های مکش ۳/۱، ۱۰ و ۱۰۰ کیلوپاسکال، افزایش یافت، ولی مقدار آب نگهداری شده تنها در مکش بین ۱۰ و ۱۰۰ کیلوپاسکال به درجه پادلینگ بستگی داشت.

فرناندز- گالوز و بارهونا میزان نگهداشت آب خاک‌های پادل شده و دست نخورده را در محدوده وسیعی از بافت‌ها (تهیه شده از جنوب اسپانیا) مقایسه کردند (۴). مشاهدات آنها نشان داد که در خاک‌های لوم شنی، نگهداشت آب در خاک پادل شده و دست نخورده تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. آنها بیان می‌کنند که با افزایش ذرات ریز خاک‌ها، تفاوت در نگهداشت آب خاک پادل شده و دست‌نخورده معنی‌دار بود. بسکانسا و همکاران در تحقیقی که روی خاک‌های لوم رسی اسپانیا انجام دادند مشاهده نمودند که در مکش صفر کیلوپاسکال نگهداشت آب در خاک شخم خورده ۱۳٪ بیشتر از خاک شخم نخورده بود. در حالی که در مکش ۳۳ کیلوپاسکال نگهداشت آب در خاک شخم خورده ۱۱٪ کمتر از خاک شخم نخورده بود. بنابراین عملیات پادلینگ و نیز تغییر در شدت پادلینگ می‌تواند نگهداشت آب خاک را تحت تأثیر قرار دهد (۳). به دلیل تقلیل منابع آب، بحران جهانی کمبود آب تولید

گیاهان پر مصرف و به خصوص برنج را تهدید می‌کند. بنابراین لازم است برای کاهش مقدار آب مصرفی در تمام مراحل رشد و اصلاح راندمان مصرف آب برنج چاره‌ای اندیشیده شود. کوکال و آگاروال تلفات نفوذ آب را در درجات و اعماق مختلف پادلینگ بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که سرعت نفوذ آب به خاک در خاک‌های لوم شنی از ۳۰/۱ میلی‌متر در روز تحت شرایط پادل نشده به ۱۳/۲ میلی‌متر در روز با پادل متوسط و ۱۱/۹ میلی‌متر در روز با پادل زیاد کاهش یافت. همچنین، تأثیر شدت پادلینگ بر میزان سرعت نفوذ معنی‌دارتر از تأثیر عمق پادلینگ بود (۹). کوکال و سیدهو نیز در بررسی‌های سه ساله روی یک خاک لوم شنی نشان دادند که با افزایش شدت پادلینگ، سرعت نفوذ آب به خاک به طور معنی‌داری تا ۳۰ درصد کاهش یافت (۱۰). نتایج فوق نشان می‌دهد که تأثیر سطوح مختلف پادلینگ بر ویژگی‌های فیزیکی خاک در بافت‌های مختلف متفاوت است. بنابراین لازم است در مورد این که در خاک‌های مختلف شالیزاری چه سطحی از پادلینگ اعمال گردد، تصمیم‌گیری شود. همچنین درباره اثر متقابل شدت پادلینگ و بافت خاک بر تلفات نفوذ آب به خاک مطالعات کمی انجام شده است. لذا هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح مختلف پادلینگ در سه بافت خاک بر سرعت نفوذ آب به خاک، تغییرات رطوبت خاک و میزان آب مصرفی برای انجام پادلینگ در اراضی شالیزاری استان گیلان بود.

## مواد و روش‌ها

## الف) تیمارها و طرح آماری

این تحقیق در سال ۱۳۸۵ روی سه بافت خاک غالب اراضی شالیزاری در سه شهرستان استان گیلان (پیربازار، سرونجان و سراوان) به صورت آزمایشگاهی انجام شد. طرح به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل پادلینگ با شدت‌های مختلف در ۴ سطح و بافت خاک در ۳ سطح بود. سطوح فاکتور

خارج شد، مقدار آب زه‌کشی شده از خاک نیز اندازه‌گیری شده و در محاسبات مقدار آب مصرفی لحاظ گردد.

### ج) اندازه‌گیری‌ها

#### سرعت نفوذ آب به خاک

اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب به خاک ۲ ساعت پس از اعمال سطوح پادلینگ انجام شد. برای انجام آزمون نفوذ از روش سریع (Quick method) (۵) (روش خاص شالیزاری) استفاده شد. برای این منظور دستگاهی شامل سیلندر آهنی به قطر داخلی ۲ و طول ۳۰ سانتی‌متر، مخزن آب به حجم ۵ لیتر با شیر قطع و وصل و لوله پلاستیکی به قطر داخلی یک سانتی‌متر و یک خط‌کش مدرج به طول ۳۰ سانتی‌متر که در کنار لوله پلاستیکی کار گذاشته می‌شود، ساخته شد (شکل ۲). 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. نفوذ عمقی آب در خاک با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۵):

$$i = \left(\frac{a}{A}\right) \times \left(\frac{2L}{3(t_2 - t_1)}\right) \times \log\left(\frac{h_1 + L}{h_2 + L}\right) \times 86400 \quad [1]$$

که در آن  $i$ ، سرعت نفوذ آب به خاک (سانتی‌متر در روز)؛  $a$ ، سطح مقطع لوله پلاستیکی (سانتی‌متر مربع)؛  $A$ ، سطح مقطع سیلندر فلزی (سانتی‌متر مربع)؛  $L$ ، طول سیلندر فلزی در زیر سطح خاک (سانتی‌متر)؛  $h_1$  و  $h_2$ ، ارتفاع آب (سانتی‌متر) در لوله پلاستیکی در زمان‌های  $t_1$  و  $t_2$  هستند.

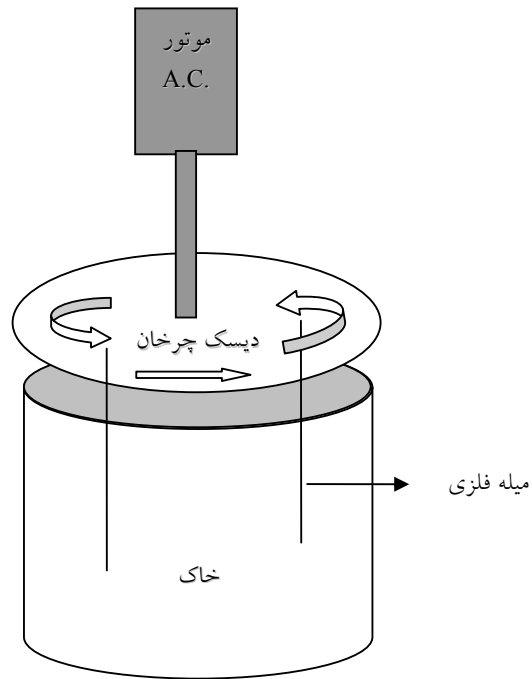
#### نگهداشت آب خاک

برای به دست آوردن منحنی رطوبتی خاک، ۱۴۴ ساعت پس از اعمال سطوح پادلینگ، نمونه‌های خاک دست‌نخورده از لایه‌های ۰-۱۵ سانتی‌متری به کمک استوانه نمونه‌گیر فلزی با قطر ۳ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر تهیه شد. نمونه‌ها وزن شدند و رطوبت

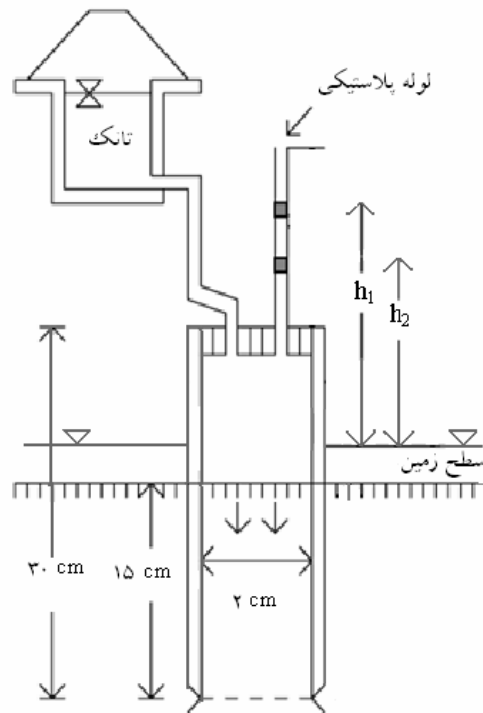
پادلینگ عبارت بودند از خاک پادل نشده ( $P_0$ )، پادل با شدت کم ( $P_1$ )، پادل با شدت متوسط ( $P_2$ ) و پادل با شدت زیاد ( $P_3$ ). بافت خاک شامل بافت رس سیلتی (۴۳٪ رس، ۴۵٪ سیلت و ۱۲٪ شن)، لوم رسی (۳۳٪ رس، ۴۱٪ سیلت و ۲۶٪ شن) و لوم (۲۴٪ رس، ۳۸٪ سیلت و ۳۸٪ شن) بود. بلافاصله پس از آنکه زارعین عملیات شخم اولیه را انجام دادند (دهه سوم اسفند تا دهه دوم فروردین)، به کمک سیلندرهایی به قطر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر از خاک مزارع در سه تکرار نمونه دست‌نخورده تهیه شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات برنج واقع در شهرستان رشت جهت تعیین مشخصات و انجام آزمایش‌ها منتقل گردید.

### ب) شرح دستگاه هم‌زن

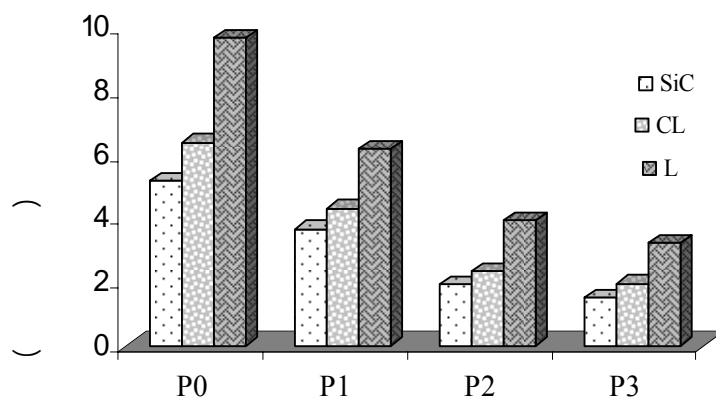
در دستگاه پادلینگ (هم‌زن) آزمایشگاهی، از یک صفحه فلزی به قطر ۵۰ سانتی‌متر و ۱۰ عدد میله فولادی به قطر ۱ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، که به صفحه فلزی متصل شدند استفاده شد (شکل ۱). صفحه فلزی به وسیله یک الکتروموتور AC چرخیده و عملیات پادلینگ را اعمال می‌نمود. موتور AC به دستگاه مبدل وصل بود و دور الکتروموتور به صورت دلخواه تنظیم می‌گردید. به نمونه‌های تهیه شده از خاک مزرعه در آزمایشگاه آب به مقدار مشخص اضافه شد و به مدت حداقل ۲۴ ساعت اجازه داده شد تا چسبندگی بین ذرات خاک کاهش یابد. پس از آن روی نمونه‌های خاک با دستگاه ساخته شده، پادلینگ انجام داده شد. دور موتور دستگاه در ۱۲۰ دور در دقیقه تنظیم گردید و با چرخش میله‌ها درون خاک به عمق ۱۵ سانتی‌متر و به مدت مشخص تیمارهای مورد نظر به صورت زیر اعمال گردید: در تیمارهای  $P_1$  تا  $P_3$ ، زمان چرخش میله‌ها ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه بود. تیمار  $P_0$  نیز حاوی خاک پادل نشده (دست‌نخورده) بود. در حین عملیات پادلینگ، آب به وسیله ظرف مدرج به تدریج به خاک اضافه می‌شد، به اندازه‌ای که چرخش میله‌ها داخل خاک به راحتی صورت گیرد. از آنجایی که ته سیلندر نمونه‌گیری باز بود ظرفی در زیر آن قرار داده شد تا اگر آبی



شکل ۱. الگوی دستگاه پادینگ آزمایشگاهی



شکل ۲. الگوی دستگاه اندازه گیری سرعت نفوذ آب به خاک برای خاک های شالیزاری



شکل ۳. تغییرات سرعت نفوذ آب به خاک در بافت‌های مختلف خاک و سطوح پادلینگ

شده، با استفاده از ظرف مدرج، آب اضافه شده به نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. در صورت خروج آب از انتهای سیلندر، حجم آن توسط ظرف مدرج اندازه‌گیری و در محاسبات وارد شد.

#### د) تحلیل داده‌ها

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در صورت معنی‌دار بودن آزمون F، مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

#### نتایج و بحث

##### الف) سرعت نفوذ آب به خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های سرعت نفوذ نشان داد که تأثیر تیمارهای بافت خاک و پادلینگ و اثر متقابل بافت خاک و شدت پادل بر سرعت نفوذ آب به خاک معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل بافت خاک و شدت پادل بر سرعت نفوذ آب به خاک در شکل ۳ ارائه شده است. این شکل نشان می‌دهد که در هر سه بافت خاک، با افزایش درجه پادلینگ، سرعت نفوذ آب به خاک به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

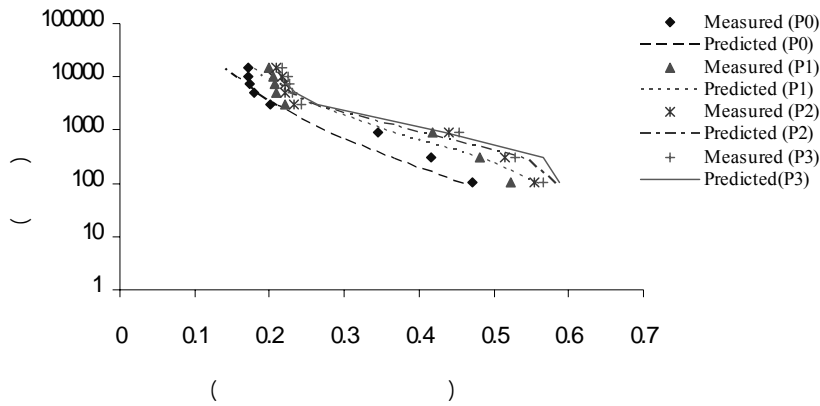
خارج شده از آنها در محفظه فشار تحت فشارهای ۰/۱، ۰/۳، ۰/۹، ۱، ۳، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۵ بار (مکش‌های ۱۰، ۳۰، ۹۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال) اندازه‌گیری شدند. مدل‌های زیادی برای منحنی مشخصه رطوبتی خاک ارائه شده است. در اینجا برای تشریح روابط بین پتانسیل آب و خاک و رطوبت حجمی از معادله ون گنوختن (۱۴) استفاده شد. مدلی که توسط ون گنوختن ارائه شده، کل منحنی مشخصه رطوبتی خاک را نشان می‌دهد. روابط بین پارامترهای این مدل به صورت زیر است:

$$\frac{\theta - \theta_r}{\phi - \theta_r} = \left[ \frac{1}{1 + (\alpha h)^n} \right]^m \quad m = 1 - \frac{1}{n} \quad [2]$$

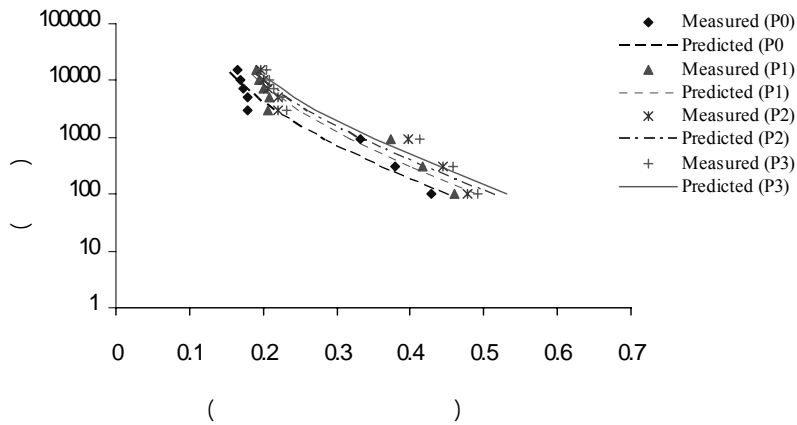
که در آن  $\theta$ ، رطوبت خاک؛  $\theta_r$ ، رطوبت باقیمانده خاک؛  $\phi$ ، تخلخل؛  $\alpha, n, m$ ، ضرایب ثابت و  $h$ ، مکش کاپیلاری (موئینه) هستند. ون گنوختن در سال ۱۹۹۱ برنامه RETC را برای ترسیم روابط بین رطوبت حجمی و پتانسیل آب خاک ارائه داده است (۱۵). در پژوهش حاضر از مدل RETC که در واقع حالت اصلاح شده برنامه ون گنوختن می‌باشد برای ترسیم شکل‌های ۴ تا ۶ استفاده شده است.

##### میزان آب مصرفی

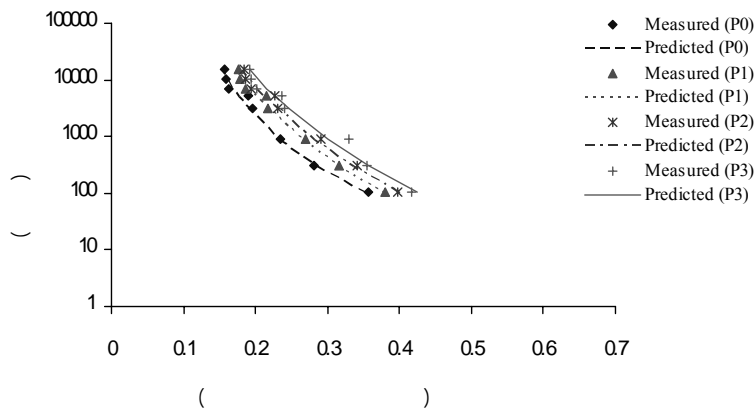
برای تعیین مقدار آبی که صرف انجام عملیات پادلینگ هر خاک



شکل ۴. منحنی‌های مکش خاک در بافت رس سیلتی در سطوح مختلف پادلینگ



شکل ۵. منحنی‌های مکش خاک در بافت لوم رسی در سطوح مختلف پادلینگ



شکل ۶. منحنی‌های مکش خاک در بافت لوم در سطوح مختلف پادلینگ

پادل شده خیلی کندتر از خاک‌های پادل نشده خشک می‌شوند. زیاد بودن تعداد خلل و فرج ریز در خاک‌های پادل شده اثر مهمی بر این صفت دارد. هرچه تعداد منافذ خاک کوچک‌تر باشد آب با نیروی بیشتری به ذرات خاک چسبیده و به سختی جدا خواهد شد. با دقت در مقادیر به دست آمده نگهداشت آب در بافت رس سیلتی، ملاحظه می‌گردد تا مکش ۹۰ کیلو پاسکال تفاوت نگهداشت آب بین تیمارهای پادل نشده ( $P_0$ ) و پادل شده ( $P_1$  تا  $P_3$ ) چشمگیرتر است و بعد از آن این تفاوت کمتر می‌شود. هم‌چنین مشاهده می‌شود افزایش درجه پادلینگ از  $P_1$  به  $P_2$  سبب افزایش قابل توجه نگهداشت آب در خاک شده است ولی با افزایش درجه پادلینگ از  $P_2$  به  $P_3$  میزان افزایش در نگهداشت آب کمتر بود.

برای بافت لوم رسی، انجام عملیات پادل با شدت کم در تمامی محدوده‌های مکش سبب افزایش قابلیت نگهداشت آب خاک نسبت به تیمار پادل نشده، شد. از طرفی افزایش شدت پادلینگ از  $P_1$  به  $P_2$  در محدوده مکش ۱۰ تا ۵۰۰ کیلو پاسکال بیشترین تأثیر را روی نگهداشت آب خاک داشت. در بافت لوم، با انجام عملیات پادلینگ، قابلیت نگهداشت آب خاک افزایش یافت. در محدوده مکش ۳۰۰ تا ۷۰۰ کیلو پاسکال تفاوت بین تیمارهای پادل نشده ( $P_0$ ) و پادل شده ( $P_1$  تا  $P_2$ ) چشمگیرتر است. از طرفی در شدت‌های بالاتر پادلینگ میزان نگهداشت آب خاک بیشتر بود. در مجموع، افزایش درجه پادلینگ از  $P_2$  به  $P_3$  بیشترین تأثیر را روی نگهداشت آب خاک داشت. علت آن‌که خاک‌های پادل شده دیرتر رطوبت خود را از دست می‌دهند، احتمالاً بیشتر بودن هدایت هیدرولیکی غیراشباع آنهاست. در این خاک‌ها، سطح خاک در اثر تبخیر رطوبتش را از دست داده و چون هدایت هیدرولیکی غیراشباع این خاک‌ها زیاد است آب از لایه‌های پایینی به سطح خاک آمده و رطوبت لازم در سطح خاک را مجدداً تأمین می‌کند. هم‌چنین به دلیل این‌که در یک مکش معین در این خاک‌ها نگهداری آب افزایش پیدا می‌کند، انرژی بیشتری برای تبخیر یک مقدار معین آب از خاک پادل شده نسبت به یک خاک پادل نشده مورد نیاز خواهد

در بافت رس سیلتی، انجام پادلینگ با شدت کم سبب  $29/3\%$  کاهش در سرعت نفوذ، نسبت به تیمار بدون پادل، شد. از طرفی، اگر چه در مقایسه میانگین‌ها تفاوت معنی‌داری بین تیمار پادل متوسط و زیاد دیده نمی‌شود، اما تیمار  $P_3$  توانسته است سرعت نفوذ را نسبت به تیمار  $P_2$  حدود  $21/4\%$  کاهش دهد. این رقم در سال‌های کم‌آبی می‌تواند در مناطق برنجکاری مورد توجه قرار گیرد. در بافت لوم رسی نیز نتایج تقریباً مشابهی به دست آمد. سرعت نفوذ در تیمارهای  $P_1$  تا  $P_2$  نسبت به تیمار  $P_0$  به ترتیب به اندازه  $32/4\%$ ،  $63/2\%$  و  $69/4\%$  درصد کاهش داشت. در بافت لوم انجام عملیات پادلینگ سبب شد سرعت نفوذ از  $9/7$  به  $6/2$  میلی‌متر در روز کاهش یابد. هم‌چنین تیمار  $P_3$  توانست سرعت نفوذ را نسبت به تیمار پادل متوسط، به میزان  $17/6\%$  کاهش دهد. سینگ و همکاران (۱۲) مشاهده نمودند که افزایش درجه پادلینگ از پادل کم به پادل متوسط تلفات نفوذ فصلی را تا  $78/3$  سانتی‌متر در خاک لوم شنی و  $50/8$  سانتی‌متر در خاک لوم رسی سیلتی کاهش می‌دهد. افزایش درجه پادل از متوسط به زیاد نیز تلفات نفوذ فصلی را تا  $38/0$  سانتی‌متر در خاک لوم شنی و تا  $39/3$  سانتی‌متر در خاک لوم رسی سیلتی کاهش داد. به این ترتیب راندمان مصرف آب با افزایش شدت پادلینگ، افزایش می‌یابد. کاهش هدایت هیدرولیکی در اثر پادلینگ سبب کاهش تلفات نفوذ و مواد غذایی خاک می‌گردد (۱۱).

#### ب) نگهداشت آب خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های نگهداشت آب نشان داد که تأثیر تیمارهای مختلف شدت پادل بر پارامتر نگهداشت آب معنی‌دار بود. تأثیر تیمارهای بافت خاک بر نگهداشت آب در مکش‌های ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ کیلو پاسکال بدون اختلاف معنی‌دار بوده و در سایر مکش‌ها معنی‌دار بود. اثر متقابل بافت خاک و شدت پادل نیز بر این پارامتر معنی‌دار نبود. نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌های نگهداشت آب خاک در جدول ۱ ارائه شده است. از اعداد این جدول استنباط می‌شود که خاک‌های

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های اثر شدت پادل و بافت خاک بر رطوبت حجمی خاک (درصد) در مکش‌های مختلف

شدت پادل				بافت خاک			مکش (kpa)
$P_3$	$P_2$	$P_1$	$P_0$	لوم	لوم رسی	رس سیلتی	
۴۹/۱ <sup>a</sup>	۴۷/۶ <sup>a</sup>	۴۴/۵ <sup>ab</sup>	۴۱/۹ <sup>b</sup>	۳۸/۸ <sup>c</sup>	۴۵/۷ <sup>b</sup>	۵۲/۹ <sup>a</sup>	۱۰
۴۴/۸ <sup>a</sup>	۴۳/۴ <sup>a</sup>	۴۰/۵ <sup>ab</sup>	۳۵/۹ <sup>b</sup>	۳۲/۴ <sup>c</sup>	۴۲/۵ <sup>b</sup>	۴۸/۶ <sup>a</sup>	۳۰
۳۹/۰ <sup>a</sup>	۳۷/۶ <sup>a</sup>	۳۵/۴ <sup>ab</sup>	۳۰/۵ <sup>b</sup>	۲۷/۴ <sup>b</sup>	۳۷/۹ <sup>a</sup>	۴۱/۵ <sup>a</sup>	۹۰
۲۳/۹ <sup>a</sup>	۲۲/۸ <sup>ab</sup>	۲۱/۵ <sup>ab</sup>	۱۹/۲ <sup>b</sup>	۲۲/۱ <sup>a</sup>	۲۱/۰ <sup>a</sup>	۲۲/۴ <sup>a</sup>	۳۰۰
۲۳/۱ <sup>a</sup>	۲۲/۳ <sup>a</sup>	۲۱/۳ <sup>a</sup>	۱۸/۳ <sup>b</sup>	۲۱/۷ <sup>a</sup>	۲۱/۹ <sup>a</sup>	۲۱/۳ <sup>a</sup>	۵۰۰
۲۱/۴ <sup>a</sup>	۲۰/۷ <sup>a</sup>	۱۹/۸ <sup>ab</sup>	۱۷/۰ <sup>b</sup>	۱۸/۶ <sup>b</sup>	۱۹/۹ <sup>ab</sup>	۲۰/۷ <sup>a</sup>	۷۰۰
۲۰/۹ <sup>a</sup>	۲۰/۱ <sup>a</sup>	۱۹/۳ <sup>a</sup>	۱۶/۷ <sup>b</sup>	۱۸/۰ <sup>b</sup>	۱۹/۴ <sup>ab</sup>	۲۰/۵ <sup>a</sup>	۱۰۰۰
۲۰/۴ <sup>a</sup>	۱۹/۷ <sup>a</sup>	۱۸/۹ <sup>a</sup>	۱۶/۴ <sup>b</sup>	۱۷/۸ <sup>b</sup>	۱۸/۹ <sup>ab</sup>	۲۰/۰ <sup>a</sup>	۱۵۰۰

برای هر عامل آزمایش، تفاوت اعداد هر سطح مکش که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست.

داشت ۶۴۵/۷ مترمکعب در هکتار در مقابل ۴۵۹/۷ مترمکعب در هکتار برای تیمار  $P_1$ ). علی‌رغم آن‌که تیمار پادل متوسط  $P_2$  و پادل زیاد  $P_3$  از نظر سرعت نفوذ و نگهداشت آب خاک تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهند ولی تفاوت این دو تیمار برای آب مصرفی معنی‌دار بود. می‌توان نتیجه گرفت که اعمال تیمار پادل متوسط از نظر کاهش میزان آب مصرفی مقرون به صرفه‌تر است و کشاورزان شالیکار لازم نیست خاک را تا حد زیاد به هم بزنند.

اختلاف بین آب مصرفی برای بافت‌های مختلف خاک معنی‌دار بود. همان‌گونه که در جدول ۲ آمده، بافت سبک به میزان بیشتری آب برای پادل شدن نیاز دارد (۶۶۷ مترمکعب در هکتار برای خاک لوم در مقابل ۳۵۰/۳ مترمکعب در هکتار برای خاک رس سیلتی). علت این امر را می‌توان به وجود خلل و فرج درشت در خاک‌های با بافت سبک و نفوذ آب اضافه شده به خاک دانست. درحالی‌که در خاک‌هایی که بافت سنگین دارند

بود. بنابراین یک خاک پادل شده ممکن است هفته‌ها و یا ماه‌ها جهت خشک شدن و از دست دادن رطوبت موجود در خود فرصت داشته باشد. از مقایسه اعداد جدول ۱ می‌توان دریافت که همواره بافت رس سیلتی دارای بیشترین میزان نگهداشت آب و بافت لوم دارای کمترین میزان نگهداشت آب بود. دقت در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان می‌دهد که مقادیر به دست آمده برای رطوبت حجمی خاک با استفاده از صفحات فشاری با مقادیر به دست آمده با استفاده از RETC هم‌پوشانی نزدیکی دارند. در شدت‌های بالاتر پادلینگ، نقاط پیش‌بینی شده از مدل و نقاط به دست آمده توسط اندازه‌گیری به هم نزدیک‌ترند.

### ج) میزان آب مصرفی

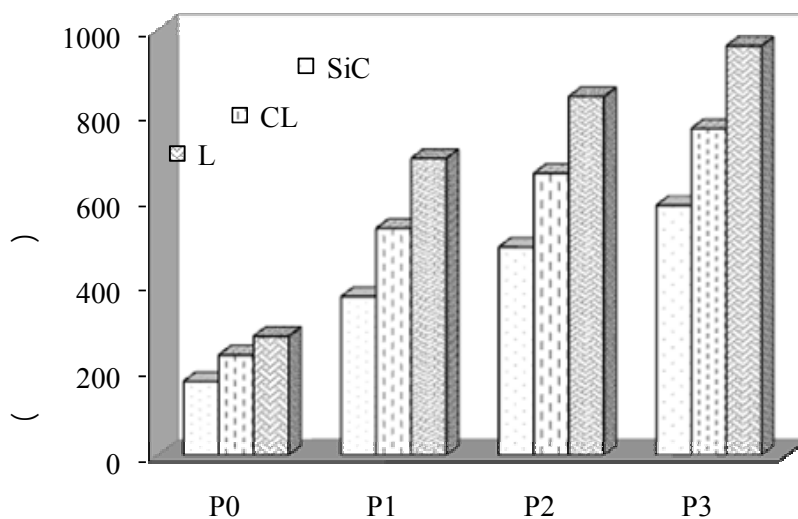
مقایسه میانگین‌های آب مصرفی برای انجام پادلینگ با شدت‌های مختلف در جدول ۲ آمده است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت تیمار پادل زیاد ( $P_3$ ) بیشترین میزان آب مصرفی را



جدول ۲. مقایسه میانگین‌های اثر شدت پادلینگ و بافت خاک بر میزان آب مصرفی برای انجام پادلینگ (مترمکعب در هکتار)

شدت پادل			بافت خاک			پارامتر
P <sub>۳</sub>	P <sub>۲</sub>	P <sub>۱</sub>	لوم	لوم رسی	رس سیلتی	
۶۴۵/۷ <sup>a</sup>	۵۵۹/۳ <sup>b</sup>	۴۵۹/۷ <sup>c</sup>	۶۶۷/۰ <sup>a</sup>	۴۴۹/۳ <sup>b</sup>	۳۵۰/۳ <sup>c</sup>	آب مصرفی

برای هر عامل آزمایش، تفاوت اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست.



شکل ۷. تغییرات میزان آب مصرفی در سطوح متفاوت پادلینگ و بافت‌های مختلف خاک

### نتیجه‌گیری

اثر شدت‌های مختلف عملیات پادلینگ بر سرعت نفوذ، میزان رطوبت نگهداشته در خاک تحت مکش‌های متفاوت و مقدار آب مصرفی برای انجام پادلینگ در سه بافت خاک غالب در اراضی شالیزاری استان گیلان بررسی شد. از سه بافت رس سیلتی، لوم رسی و لوم نمونه‌های دست‌نخورده تهیه شد. نمونه‌ها توسط دستگاه همزن تحت شدت‌های مختلف پادلینگ کم تا زیاد قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عملیات پادلینگ سرعت نفوذ آب به خاک را کاهش داده و قابلیت نگهداشت آب خاک را افزایش می‌دهد و به این ترتیب سبب کاهش میزان آب مصرفی می‌گردد. ولی میزان این افزایش و یا کاهش به بافت خاک و نیز شدت پادلینگ وابسته است. به طور کلی

آب وارد شده به خاک برای مدت بیشتری در سطح باقی‌مانده و به مصرف عملیات پادلینگ می‌رسد. اثر متقابل بافت خاک و شدت پادل نیز بر مقدار آب مصرفی معنی‌دار بود. همان‌طور که در شکل ۷ دیده می‌شود، تیمار P<sub>۲</sub> در مقایسه با تیمار P<sub>۳</sub> توانسته است در بافت لوم، لوم رسی و رس سیلتی به ترتیب مقدار آب مصرفی را به اندازه ۱۶/۳٪، ۱۴/۱٪ و ۱۵/۴٪ کاهش دهد. آرورا و همکاران (۲) بیان کردند که تغییر در چگالی حجمی خاک و نیز هدایت هیدرولیکی اشباع به دلیل تفاوت در درجه پادلینگ روی سرعت نفوذ و در نتیجه روی میزان آب مصرفی برای زراعت برنج تأثیر می‌گذارد. پادلینگ سبب می‌شود تا نیاز آب آبیاری برنج کاهش یابد و به این ترتیب راندمان آب مصرفی افزایش می‌یابد (۱۳).

می‌توان گفت که افزایش شدت پادلینگ از سطح متوسط به زیاد سبب شد میزان آب مصرفی به طور قابل توجهی افزایش یابد. درحالی‌که قابلیت نگهداشت آب خاک و نیز سرعت نفوذ آب به خاک تغییر معنی‌داری را نشان نداد. بنابراین پیشنهاد می‌شود کشاورزان برای آماده‌سازی اراضی شالیزاری از پادل با شدت متوسط استفاده کنند. مقادیر به دست آمده برای رطوبت حجمی خاک در این طرح تطابق نزدیکی را با مدل ون گنوختن نشان دادند.

#### منابع مورد استفاده

1. Ahuja, L.R., F. Fiedler, G.H. Dunn, J.G. Benjamin and A. Garrison. 1998. Changes in soil water retention curves due to tillage and natural reconsolidation. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 62: 1228-1233.
2. Arora, V.K., P.R. Gajri and H.S. Uppal. 2006. Puddling, irrigation and transplanting-time effects on productivity of rice-wheat system on a sandy loam soil of Punjab, India. *Soil and Tillage Res.* 85: 212-220.
3. Bescansa, P., M.J. Imaz, I. Virto, A. Enrique and W.B. Hoogmoed. 2006. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil and Tillage Res.* 87: 19-27.
4. Fernandez-Galvez, J. and E. Barahona. 2005. Changes in water retention due to soil kneading. *Agric. Water Manage.* 76: 53-61.
5. Fukda, H. and H. Tsutsvi. 1979. Rice irrigation in japan. *JAJA*.
6. Gupta, R.K. and I.K. Jaggi. 1979. Soil physical conditions and paddy yield as influenced by depth of puddling. *Agron. J.* 148: 329-336.
7. Gupta, R.P. and Y. Nagarajarao. 1982. Soil structure and its management. Review of soil research in India, I. 12th Int. Congress on Soil Sci., New Delhi, India, pp. 60-76.
8. Kirchof, G. and H.B. So. 2005. Soil puddling for rice production under glasshouse conditions-its quantification and effect on soil physical properties. *Aust. J. Soil Res.* 43: 617-622.
9. Kukal, S.S. and G.C. Aggarwal. 2002. Percolation losses of water in relation to puddling intensity and depth in a sandy loam rice (*Oryza Sativa*) field. *Agric. Water Manage.* 57: 49-59.
10. Kukal, S.S. and A.S. Sidhu. 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 and Tillage Res.* 78: 1-8.
11. Sharma, P.K. and S.K. De Datta. 1985. Effects of puddling on soil physical properties and processes. PP. 217-234. *In: Soil physics and rice*, International Rice Research Institute, Los Banos, The Philippines.
12. Singh, K.B., P.R. Gajri and V.K. Arora. 2001. Modelling the effects of soil and water management practices on the water balance and performance of rice. *Agric. Water Manage.* 49: 77-95.
13. Sinowski, W., A.C. Scheinost and K. Auerswald. 1997. Regionalization of soil water retention curves in a highly variable soilscape. II. Comparison of regionalization procedures using a pedotransfer function. *Geoderma* 78: 145-159.
14. Van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 44: 892-898.
15. Van Genuchten, M.Th., F.J. Leij and S.R. Yates. 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic function of unsaturated soil. EPA /600/291/065. USEPA, Oklahoma.
16. Yoshida, Sh. K. and Adachi. 2002. Influence of puddling intensity on the water retention characteristic of clayey paddy soil. 17<sup>th</sup> WCSS, Symposium No. 53, Paper No. 235: 1-8, 14-21 August, Thailand.

## Effect of Puddling Intensity on Soil Water Retention and the Amount of Water Required for Puddling in Three Soil Textures of Paddy Fields in Guilan Province

S. Yousefi-Moghadam<sup>1</sup>, S. F. Mousavi<sup>1\*</sup>, B. Mostafazadeh-Fard<sup>1</sup>, M. R. Yazdani<sup>2</sup>  
and A. Hemmat<sup>1</sup>

(Received : Nov. 5-2010 ; Accepted : Jan. 28-2011)

### Abstract

Puddling is the most common method of land preparation for lowland rice cultivation. The purpose of this study was to assess the influence of various intensities of puddling on percolation rate, water retention by soil and the amount of water used for different puddling intensities in three dominant soil textures of paddy fields in Guilan province. Undisturbed soil samples were taken from 3 different soils including silty clay, clay loam and loam, with 3 replications. The soil samples were puddled by a laboratory apparatus with different intensities. The results showed that the low puddling intensity treatment caused a 29.3, 32.4 and 36% reduction of percolation rate in silty clay, silty loam and loam textures, respectively. Increasing puddling intensity from low to medium reduced percolation rate significantly, but high intensity was not effective. Soil moisture characteristic curves of all three soils showed that water retention was increased by puddling treatments. Water retention in silty clay was higher than the other two soils. The high intensity treatment needed more water than low intensity for puddling. Increasing puddling intensity from medium intensity to high intensity caused 15.4, 14.1 and 16.3% increase in the amount of water required for puddling in silty clay, silty loam and loam textures, respectively. Generally, in all the three studied soil textures, the amount of water used for high-intensity puddling was more than medium-intensity puddling, while it had no significant effect on water percolation rate and soil water retention.

**Keywords:** Paddy fields, Water percolation, Tillage.

---

1. Former MSc. Student and Prof.s of Water Eng., Respectively, College of Agric., Isf. Univ. Technol., Isfahan, Iran.

2. Scientific Member of Rice Research Institute, Rasht, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: mousavi@cc.iut.ac.ir