

## بررسی امکان نشاء کاری مکانیزه در روش های شله زنی<sup>۱</sup> و تراکم خاک<sup>۲</sup> و اثرات آنها بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد برنج در خاک رسی سیلتی

عباس همت<sup>۱</sup> و اورنگ تاکی<sup>۲</sup>

۱، دانشیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان  
۲، پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان  
تاریخ پذیرش مقاله ۸۱/۸/۸

### خلاصه

در استان اصفهان، نشاء کاری برنج بصورت دستی اجرا می شود که عملیاتی خسته کننده و کارگر بر می باشد. کاشت مکانیزه برنج نیاز به بستری با شرایط خاص دارد. از آن جایی که در ارتباط با مسایل تهیه بستر نشاء در کشت مکانیزه برنج در اصفهان اطلاعاتی در دسترس نیست، مناسب بودن چند روش تهیه بستر نشاء برای کاشت با یک دستگاه نشاء کار دو چرخ دستی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در سال ۱۳۷۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان، در خاکی با بافت رسی سیلتی، اجرا گردید. در این تحقیق، اثرات روش های تهیه بستر نشاء، شامل روش های شله زنی و تراکم خاک با روش نشاء کاری دستی بر خواص فیزیکی خاک، سوخت مصرفی، ظرفیت ماشین و عملکرد محصول با به کارگیری طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار ارزیابی شد. تیمارهای شله زنی شامل یک و دو بار تردد با دو نوع خاک همزن (با تیغه های L-شکل و کاردی) و شش بار تردد با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (با نام محلی خیش چی) بودند. تیمار تراکم خاک با دو بار عبور تراکتور ITM-750 روی سطح مزرعه حاصل شد. ارزیابی مزرعه ای نشاء کار نشان داد که در حالتی که خاک قوام کافی نداشت، نشاء های کاشته شده با دستگاه نشاء کار در بسترهای تهیه شده با روش شله زنی به زیر گل فرو می رفتند، و در صورت قوام یافتن خاک، در اثر چسبیدن خاک به چرخ های نشاء کار، دستگاه از حرکت باز می ایستاد. اگرچه دستگاه نشاء کار در روش تراکم خاک به راحتی حرکت می کرد و عمل نشاء کاری را نیز براحتی انجام می داد، ولی در این مورد چون خاک سطحی نیز فشرده بود و بستر نرمی جهت استقرار نشاء ها وجود نداشت، نشاء ها استقرار لازم را پیدا نکردند و تعداد زیادی از آنها پس از اندک زمانی بر روی آب شناور می شدند. اگرچه جرم مخصوص ظاهری<sup>۳</sup> خاک پس از عملیات تهیه بستر نشاء تحت تاثیر روش های تهیه بستر قرار نگرفت، ولی جرم مخصوص ظاهری خاک پس از برداشت در روش های شله زنی با دو بار عبور با خاک همزن تیغه کاردی و تراکم خاک به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بودند. نفوذپذیری تجمعی آب در کرت های شله زنی شده با خاک همزن ها از تیمار شاهد (بدون عملیات) کمتر بود، ولی مقدار آن در روش تراکم خاک شبیه تیمار شاهد بود. عملکرد دانه در روش شله زنی با شش بار تردد کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (روش مرسوم منطقه) در مقایسه با یک بار عبور خاک همزن

مجهز به تیغه L-شکل، ۳٪ کاهش نشان داد، ولی مقدار سوخت مصرفی و زمان انجام عملیات آن به ترتیب ۴۵ و ۲۰۰ درصد افزایش یافت. استفاده از دستگاه نشاءکار در بسترهای تهیه شده با روش شله زنی در خاک‌های سنگین و چسبنده همانند شرایط مشابه با آزمایش حاضر که برای اولین بار زیر کشت برنج رفته و هنوز دچار تغییرات شیمیایی برای کاهش نیروی چسبندگی نشده، توصیه نمی‌گردد. بر اساس نتایج حاصله، تهیه بستر نشاء با استفاده از خاک همزن با انرژی مصرفی کمتر و بازده بیشتر، عملکرد دانه‌ای حداقل مشابه روش مرسوم شله زنی در شرایط مشابه آزمایش حاضر دارد.

**واژه‌های کلیدی:** برنج آبی، خاک همزن، کولتیواتور مزرعه، چرخ آهنی، جرم مخصوص ظاهری، نفوذپذیری تجمعی

### مقدمه

هدف از عملیات تهیه بستر در کاشت برنج، ایجاد بستری نرم برای نشاءکاری، تغییر خواص هیدرولیکی خاک جهت کاهش نفوذ آب به عمق و به تبع آن صرفه جویی در مصرف آب و حفظ مواد غذایی در منطقه رشد ریشه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌باشد (۳). برای تولید برنج از دو روش خاک ورزی می‌توان استفاده نمود: الف) عملیات شله زنی (۲۲) و ب) عملیات تراکم خاک (۷).

شله زنی متداول‌ترین روش تهیه بستر نشاء برای تولید برنج است. این روش شامل مخلوط کردن خاک و آب بمنظور ایجاد لایه‌ای غیر قابل نفوذ نسبت به آب در عمق خاک برای جلوگیری از تلفات آب، بصورت نشت (نفوذ جانبی آب) و فرونشست<sup>۱</sup>، و شستشوی عناصر غذایی می‌باشد (۳). عملیات شله‌زنی در خاک خیس اجرا می‌شود و موجب شکسته شدن خاکدانه‌های بزرگ و کاهش اندازه آنها می‌شود (۱۴). در اثر این فرآیند خاک نرم و مقاوم‌تر کاهش می‌یابد و بنابراین عمل نشاءکاری، حرکت کارگر و رشد ریشه در خاک را آسان می‌سازد (۴). فرآیند شله زنی بسیار مشکل و انرژی بر می‌باشد و دشواری حرکت ماشین‌های سنگین در خاک شله زنی شده نرم، مکانیزاسیون کاشت این محصول را به شدت محدود می‌کند. بنابراین روش جایگزین دیگری بنام روش تراکم خاک، بویژه در خاکها با بافت متوسط، مورد توجه قرار گرفته است (۷).

جیلدیلال (۱۹۶۹) در بررسی شرایط فیزیکی خاک لازم برای کاشت برنج مشاهده نمود که نیازهای اصلی گیاه برنج با عملیات ساده تراکم خاک نیز بدست می‌آید. در این سیستم پس از

رسیدن رطوبت خاک به حد مطلوب، یک غلطک سنگین و یا تراکتور مجهز به چرخهای سنگین شده به دفعات لازم روی سطح خاک عبور داده می‌شود تا جرم مخصوص ظاهری خاک به حد مطلوب برسد. سپس خاک غرقاب شده و عملیات نشاءکاری در آن صورت می‌گیرد.

نشاءکاری دستی، روش مرسوم کاشت برنج در استان اصفهان است. کاشت برنج بصورت سنتی، کاری طاقت فرسا و کم بازده است. بعلاوه، در شرایط کاشت مضاعف، برداشت محصول قبلی از زمین و آماده کردن بستر و نشاءکاری باید در یک فاصله زمانی کوتاهی انجام گیرد که با روش مرسوم نشاءکاری، این کار مشکل است. این عوامل سبب ضرورت مکانیزه کردن نشاءکاری برنج در منطقه می‌شود.

ماشین‌های نشاءکاری که در سالهای اخیر وارد کشور شده است، اکثراً<sup>۲</sup> از نوع ماشین‌هایی هستند که می‌توانند نشاءهای پرورش یافته در جعبه را با آنها کاشت، ولی بر اساس گزارش‌های واصله<sup>۳</sup>، در بسیاری از نواحی برنج کاری استان، کاربرد این ماشین‌ها با مشکل مواجه بوده است. این اشکال، اکثراً<sup>۴</sup> به شکل فرورفتگی بیش از حد دستگاه در گل و عدم پیشروی ماشین و یا عدم استقرار نشاءها بروز نموده است. بنظر می‌رسد که وجود این مشکلات، بخاطر عدم تطابق روش مرسوم تهیه بستر نشاء با ماشین‌های نشاءکار باشد.

در منطقه اصفهان، از تراکتورهای چهارچرخ (دو چرخ محرک) همراه با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (در این منطقه به این ماشین خیش چی گفته می‌شود) برای عملیات شله‌زنی استفاده می‌شود. فرو رفتگی که در محل چرخها ایجاد می‌شود با ته نشین شدن ذرات ریز معلق پر می‌شود و موجب زیاد شدن

1. Seepage

2. Percolation

۳. مذاکره با مسئول مکانیزاسیون سازمان کشاورزی اصفهان

فعال (خاک همزن‌ها) به ترتیب به عنوان روش‌های مرسوم و غیر مرسوم منطقه در عملیات شله‌زنی، و روش تراکم خاک بر خواص فیزیکی خاک، انرژی مصرفی، زمان انجام کار و عملکرد شلتوک.

### مواد و روشها

آزمایش در سال ۱۳۷۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کیوتراآباد اصفهان انجام شد. این مزرعه در ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان و در فاصله ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی رودخانه زاینده رود قرار دارد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی سیلتی (رس ۴۸٪، سیلت ۴۲٪ و شن ۱۰٪) با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴۱ گرم در سانتی متر مکعب، pH حدود ۸، مقدار مواد آلی کمتر از یک درصد (۲)، و با حد انقباض<sup>۶</sup>، ظرفیت مزرعه<sup>۷</sup>، حد خمیری<sup>۸</sup> و حد روانی<sup>۹</sup> به ترتیب ۱۰/۵، ۱۸، ۱۸/۸ و ۳۶ درصد وزنی می‌باشد.

آزمایش با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها در کرت‌هایی به ابعاد ۱۰×۲۵ متر اعمال گردید. هر کرت بوسیله یک مرز یک متری از کرت مجاور جدا گردید. مرزهای پهن و مرتفع برای کاهش احتمال آب بردگی در هنگام عملیات تهیه بستر نشاء و کاهش نفوذ جانبی آب (نشت) در طول دوره رشد از یک کرت به کرت‌های مجاور ایجاد گردید. فاصله بین بلوک‌ها برای تردد ماشین‌ها ۱۰ متر در نظر گرفته شد. محصول قبل در زمین مورد آزمایش چغندر قند بود.

با توجه به این که امکان کارایی ماشین نشاءکار در خاک سنگین محل آزمایش و در قالب تیمارهای تهیه بستر نشاء طرح، از قبل مشخص نبود، لذا علاوه بر پیاده کردن طرح آماری یاد شده، کرت‌هایی برابر با تعداد تیمارهای آزمایش جهت آزمون مقدماتی کارکرد ماشین نشاءکار تهیه شد، که در صورت عدم کارکرد صحیح ماشین بتوان برای دستیابی به هدف دوم تحقیق، نشاءکاری بصورت دستی انجام گیرد. جدول ۱ تیمارهای پیشنهادی جهت تهیه بستر نشاء برنج را نشان

ضخامت (عمق) لایه گل در عملیات شله‌زنی می‌شود. زیاد بودن عمق لایه ایجاد شده در عملیات شله‌زنی و محدود بودن شعاع چرخ‌های ماشین نشاءکار موجب می‌شود که قبل از اینکه چرخ‌های ماشین با سخت لایه<sup>۱</sup> کف بستر درگیر شود، اسکی‌های حامل ماشین به گل نشسته و از پیشروی دستگاه جلوگیری کند.

افزایش عمق لایه گل می‌تواند تحت تأثیر سه عامل قرار گیرد: الف) وزن تراکتور، هرچه وزن تراکتور کاهش یابد می‌تواند نفوذ چرخ‌های تراکتور در حین عملیات شله‌زنی کاهش یافته و در نتیجه عمق لایه شله‌زنی شده کاهش یابد، ب) سطح تماس چرخ‌های تراکتور، با افزایش سطح تماس چرخ‌ها با خاک نشست چرخ‌ها در گل کمتر می‌شود و ج) نوع ماشین خاک ورز، ادوات خاک‌ورز فعال<sup>۲</sup> به علت داشتن مقاومت کششی منفی<sup>۳</sup>، بوکسوات چرخ‌های تراکتور در حین عملیات شله‌زنی را کاهش داده و نفوذ آنها به داخل گل را کمتر می‌نماید.

بنابراین، در انتخاب تیمارها برای کاهش عمق فرورفتگی چرخ‌های تراکتور و کاهش عمق لایه گل، در خصوص بند یک، علاوه بر تراکتورهای چهارچرخ مرسوم، از تراکتورهای دو چرخ (معروف به تیلر) که وزن نسبتاً کمتری دارند استفاده شد. در خصوص بند دو از چرخ‌های آهنی<sup>۴</sup> به عنوان یک وسیله کمک کشش جهت افزایش سطح تماس چرخ‌ها استفاده گردید. در خصوص بند سه، علاوه بر کولتیواتور مزرعه ساقه صلب، از دو نوع خاک همزن (روتیواتور) (ادوات خاک‌ورز فعال) مجهز به تیغه‌های L- و و کاردی شکل استفاده شد. برای کاهش عمق لایه نرم شده، علاوه بر روش‌های شله‌زنی از روش تراکم خاک نیز به عنوان روش جدیدی در تهیه بستر نشاء استفاده گردید.

لذا، اهداف این تحقیق شامل: (۱) بررسی مقدماتی در خصوص امکان استفاده از ماشین نشاءکار برنج در روش‌های مختلف شله‌زنی و تراکم خاک در یک خاک سنگین منطقه با بافت رسی سیلتی و (۲) بررسی اثرات استفاده از ادوات خاک‌ورز غیر فعال<sup>۵</sup> (کولتیواتور مزرعه ساقه صلب) و ادوات خاک‌ورز

6. Shrinkage limit

7. Field capacity

8. Plastic limit

9. Liquid limit

1. Hardpan

2. Active (powered) implements

3. Negative draft

4. Cage wheel

5. Passive implement

می‌دهد. در جدول ۲ مشخصات ماشین‌های استفاده شده در این تحقیق آورده شده است.

خاک‌ورزی اولیه در کلیه کرتها با استفاده از کولتیواتور مزرعه ساقه صلب به عمق ۱۰-۱۵ سانتی‌متر و با استفاده از تراکتور میان قدرت مسی فرگوسن مدل MF-285، در تاریخ ۱۵ اردیبهشت اجرا گردید. توان مشخصه موتور تراکتور ۷۵ kW و وزن تراکتور ۲۵۴۰ کیلوگرم است. عملیات شله زنی کلیه تیمارها بجز تیمار تراکم خاک پس از غرقاب کردن کرتها در تاریخ ۳۰ اردیبهشت صورت گرفت. در مورد تیمار استفاده از تیلر دو چرخ، اگرچه از چرخ آهنی و خاک همزن استفاده شد، ولی در اثر بکسوات زیاد چرخ‌ها و چسبنده بودن خاک مزرعه و به علت عدم وجود سخت لایه برای درگیری پره‌های چرخها با خاک (چرا که مزرعه برای اولین بار زیر کشت برنج می‌رفت)، پره‌های چرخ‌های آهنی از گل پرشد و پیشروی دستگاه مختل گردید. همچنین چسبندگی زیاد گل موجب می‌گردید که چرخ‌ها نتوانند براحتی گردش کنند و در عوض شاسی دستگاه حول خود به سمت عقب و به طرف پایین به گردش درآیند. این عمل باعث می‌شد که خاک همزن در گل فرو رفته و راننده مرتباً مجبور به مقابله با پایین رفتن خاک همزن گردد. در صورت حرکت تیلر در دنده عقب (زمانی که چرخ‌های تراکتور به گل رفته و یا در حین دور زدن)، عمل عکس اتفاق افتاد و شاسی دستگاه حول محور چرخ‌ها و به سمت جلو و بالا به چرخش در می‌آمد. این عمل موجب واژگونی تیلر می‌شد و در صورت ممانعت راننده ممکن بود صدمات جانی نیز به او وارد می‌شد. با توجه به مشکلات یاد شده، این تیمار از مجموعه تیمارها حذف شد.

در تیمار تراکم، خاک پس از خاک‌ورزی اولیه و ثانویه و تسطیح به ترتیب با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب، دیسک و زنبه (تیغه پشت تراکتوری)، آبیاری شد و پس از رسیدن رطوبت خاک به حد پایین محدوده خمیری (رطوبت متوسط خاک در لایه ۰ تا ۱۵ سانتی متری در زمان انجام عملیات تراکم، ۱۸٪ بود)، عملیات تراکم با دو بار عبور چرخ‌های تراکتور ITM-750 انجام شد. این عملیات ۵ روز پس از آبیاری صورت گرفت. در این حالت سطح خاک کمی خشک شده بود بطوری که خاک به

چرخ‌های تراکتور نمی‌چسبید. این کار به علت عدم وجود غلتک مناسب، توسط چرخ‌های تراکتور انجام شد. وزن تراکتور ITM-750 برابر با ۳۴۰۰ کیلوگرم است.

در حین انجام عملیات شله زنی و تراکم خاک، مدت زمان انجام عملیات و سوخت مورد نیاز برای هر تیمار اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری سوخت مصرفی در هر کرت آزمایشی، مخزن سوخت تراکتور قبل از عملیات پر شد و پس از انجام عملیات مقدار سوخت لازم برای پر کردن مجدد آن توسط ظرف مدرج اندازه‌گیری شد (۱۸).

قبل از شروع نشاءکاری (شش روز پس از عملیات تهیه بستر نشاء)، جرم مخصوص ظاهری گل در حالت اشباع در کلیه کرت‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری، گل در حالت روانی بود و توسط دستگاهی که بوسیله شرما و دی داتا (۱۹۸۵) پیشنهاد شده بود، تعیین گردید. از هر کرت سه نمونه تهیه شد.

برای تعیین امکان کاشت مکانیزه با ماشین نشاءکار، آزمایش‌هایی در کرت‌های اضافی مربوط به کلیه تیمارها، هفت روز پس از عملیات شله زنی (مطابق عرف منطقه) انجام گرفت. ولی به دلایلی که در قسمت بحث و نتایج ارائه خواهد شد، امکان کاشت نشاءها با ماشین نشاءکار میسر نشد. لذا در ۱۳ خرداد ماه، نشاءهایی که قبلاً در سینی‌ها در خزانه تهیه شده بودند توسط کارگر در کلیه کرتها کاشته شد. در هر کرت تعداد ۷ سینی نشاء کاشته شد. فاصله کپه‌ها از هر طرف حدود ۲۳-۲۰ سانتی متر و تعداد بوته در هر کپه حدود ۳ عدد بود. در زمان کاشت نشاءها در زمین اصلی، نشاءها ۴۰ روزه بودند. رقم مورد آزمایش برنج سازندگی بود.

مقدار کود شیمیایی مصرفی (مطابق با توصیه بخش برنج مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان) شامل ۲۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات، ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۳۰۰ کیلوگرم نترات آمونیم در هکتار بود. تمامی کودهای فسفره و پتاسه و نصف کود ازته قبل از عملیات شله زنی و در روش تراکم قبل از عملیات دیسک زنی در سطح خاک پخش گردید. از بقیه کود ازته، ۱۰۰ کیلوگرم در زمان پنجه زنی و ۵۰ کیلوگرم باقیمانده زمانی که ۹۰٪ دانه‌ها پر شدند (اواخر مردادماه) به زمین داده شد.

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده در تهیه بستر نشاء برنج.

نوع عملیات و ادوات مورد استفاده	نوع تراکتور	نوع چرخ‌ها	تعداد تردد	شماره تیمار
شله زنی با خاک همزن مجهز به تیغه L-شکل	مسی فرگوسن MF-285	چرخ لاستیکی	۱	T <sub>1</sub>
		جفت چرخ با چرخ آهنی <sup>a</sup>	۲	T <sub>2</sub>
شله زنی با خاک همزن مجهز به تیغه کاردی	مسی فرگوسن MF-285	چرخ لاستیکی	۱	T <sub>4</sub>
		جفت چرخ با چرخ آهنی <sup>a</sup>	۲	T <sub>5</sub>
شله زنی با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (روش مرسوم)	مسی فرگوسن MF-285	چرخ لاستیکی	۶	T <sub>7</sub>
تراکم خاک توسط چرخ‌های تراکتور	ITM-750	چرخ لاستیکی	۲	T <sub>8</sub>
شله زنی با خاک همزن مجهز به تیغه کاردی <sup>b</sup>	تراکتوردوچرخ دستی (تیلر) میتسوبیشی <sup>c</sup>	چرخ آهنی	d	T <sub>9</sub>

<sup>a</sup> قطر خارجی و پهنای چرخ آهنی به ترتیب ۱۵۰ و ۴۰ سانتی متر، تعداد پره‌ها روی محیط چرخ ۱۲ عدد و فاصله عمودی دو پره مجاور ۲۵ سانتی متر. <sup>b</sup> عرض خاک همزن ۷۵ سانتی متر بود. <sup>c</sup> توان مشخصه موتور تراکتور ۱۳/۵ اسب بخار است. <sup>d</sup> در اثر بوکسوات زیاد چرخ‌ها و چسبیده بودن خاک مزرعه، پره‌های چرخ‌های آهنی از گل پر شد و پیشروی دستگاه مختل گردید. با توجه به این مشکل، این تیمار از مجموعه تیمارها حذف شد.

جدول ۲- مشخصات فنی ماشین‌های استفاده شده در طرح.

نوع ماشین	عرض کار (متر)	مشخصات
خاک همزن با تیغه L-شکل	۱/۵	سوار شونده، با تیغه L-شکل که روی ۷ فلانچ قرار دارند. این دستگاه قابلیت اتصال به صورت خارج از مرکز را دارد. وزن دستگاه ۴۰۴ کیلوگرم.
خاک همزن با تیغه کاردی شکل	۱/۶	سوار شونده، با تیغه کاردی شکل که روی ۷ فلانچ قرار دارند. این دستگاه قابلیت اتصال به صورت خارج از مرکز را دارد. وزن دستگاه ۱۰۲۰ کیلوگرم (شکل ۱)
کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (خیش چی)	۱/۹۵	شوار شونده، ۱۵ ساقه صلب و راست که در دو ردیف روی شاسی سوار شده اند، فاصله موثر بین دو ساقه مجاور ۱۴ سانتی متر است، نوع تیغه مثلثی شکل با پهنای ۵ سانتی متر. وزن دستگاه ۱۹۴ کیلوگرم.
دستگاه نشاءکار	۱/۲	چهار ردیفه، دوچرخ، دستی، ویژه نشاءهای کاشته شده در جعبه نشاء، فاصله کپه‌ها روی خطوط کاشت ۳۰ سانتی متر، فاصله کپه‌ها روی خطوط کاشت قابل تنظیم، حداکثر پایین رفتن چرخ‌ها نسبت به اسکی‌های حامل ۲۸ سانتی متر، مجهز به سیستم کنترل خودکار هیدرولیکی جهت تنظیم دستگاه نشاءکار در حین کار، مارک DieDong، ساخت کشور کره جنوبی.

یک روز در میان آبیاری شدند. برای تخمین میزان آب مصرفی، در اواسط دوره رشد در همه تیمارها بمدت یک ماه (تیرماه) آب داده شده به کرت‌ها اندازه گیری شد. برای تعیین آب داده شده به هر کرت، خط کشی در انتهای هر کرت نصب شد و ارتفاع آب قبل و بعد از آبیاری تعیین شد.

بمنظور کنترل شیمیایی علف‌های هرز (به ویژه سوروف)، از علف کش انتخابی برنج به نام اردرام به میزان ۶ لیتر در هکتار مورد استفاده قرار گرفت (۱).

به علت وجود نشتی زیاد آب از زیر مرزهای پهن و بلند و بمنظور نگهداشتن سطح آب در کرت‌ها در حد مشخصی، کرت‌ها

زمین بدون آبیاری رها شد، گل در کرت های مختلف تا حدی قوام خود را بدست آورد و در این زمان مجددا اقدام به نشاءکاری با دستگاه نشاءکار شد. در این حالت گل از نظر روانی به حالتی رسیده بود که در اثر تلاطم ناشی از حرکت دستگاه و راننده کمتر به حرکت در می آمد، ولی حرکت دستگاه با اشکال دیگری مواجه شد. پس از پیشروی حدود ۵-۶ متر داخل هر کرت، در اثر چسبندگی<sup>۱</sup> گل به چرخ های نشاءکار، چرخ ها شروع به بکسوات نمودند و مرتبا به پایین فرو می رفتند. در نتیجه این عمل، پره های چرخ ها با گل پوشیده شدند و اسکی های حامل دستگاه نیز بر روی سطح گل چسبیدند و دیگر امکان پیشروی نشاءکار وجود نداشت. این پدیده در تمام تیمارهایی که عملیات شله زنی در آنها انجام شده بود، مشاهده شد.

هفت روز پس از عملیات شله زنی، احتمالا بعلت غرقاب بودن خاک و معلق بودن ذرات رس و کم بودن نیروی چسبندگی خاک، نیروی کافی برای نگهداشتن نشاءها در خاک وجود نداشت. ولی با بتعویق انداختن نشاءکاری بمدت چهار روز و خارج شدن خاک از حالت غرقاب و احتمالا کاهش رطوبت خاک به کمتر از حد روانی، نیروی چسبندگی خاک بطور چشمگیری افزایش یافته بود (۹). در این حالت، رس های چسبنده از پیشروی دستگاه جلوگیری بعمل آوردند. در این نشاءکار، نیروی پیش برنده<sup>۲</sup> و نیروی شناورساز<sup>۳</sup> (که از فرو رفتن بیش از حد ماشین در خاک جلوگیری می کند) در اثر نیروهای واکنش بین خاک (سخت لایه) و پره های موجود روی محیط چرخ های آهنی ماشین ایجاد می شوند (۲۴). بنابراین، در اثر چسبیدن خاک به چرخ ها، شکل و ابعاد هندسی پره های چرخ ها تغییر نموده و در نتیجه پره ها قادر به نفوذ و درگیری با سخت لایه نبودند، در حالیکه برای ایجاد نیروی پیش برنده کافی می بایست پره ها با سخت لایه درگیری حاصل نمایند. در این حالت، خاک نتوانست نیروی واکنش کافی ایجاد نماید، لذا چرخ ها مجبور به افزایش مقدار لغزش خود شدند و در نتیجه خاک بیشتری به چرخ ها چسبید و در نهایت نشاءکار از حرکت باز ایستاد.

برای تعیین عملکرد شلتوک، در تاریخ ۲۵ شهریور پس از حذف حاشیه ها، سطح کل کرتها برداشت شد و عملکرد شلتوک بر اساس ۱۴٪ رطوبت تعیین گردید. برداشت محصول با دست انجام گرفت و خوشه ها از فاصله ۱۰-۷ سانتی متری سطح خاک قطع گردید.

پس از برداشت محصول و خشک شدن مزرعه، جرم مخصوص ظاهری خاک تعیین شد. با بیل و به آرامی کلوخه های موجود تا عمق ۱۵-۰ سانتی متری از خاک جدا گردید. جهت اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری، از روش غوطه ور کردن کلوخه در پارافین استفاده شد. در هر کرت از سه نقطه کلوخه ها برداشته شد. سپس زمین جهت کاشت محصول بعدی با استفاده از گاو آهن برگرداندار تا عمق ۲۵ سانتی متری شخم زده شد. برای تعیین اندازه کلوخه های بزرگ ایجادشده، در هر کرت قابی به مساحت  $1 \times 0.5$  متر بطور تصادفی قرار داده شد و خاک تا عمق شخم جمع آوری شد. نمونه های خاک برداشته شده از الک ۱۰ سانتی متری عبور داده شد و سپس میانگین اقطار اصلی کلوخه های موجود روی الک اندازه گیری شد.

آزمایش نفوذ آب به خاک در کف لایه شخم خورده با استفاده از استوانه های فلزی مضاعف انجام پذیرفت. تیمارهایی که این اندازه گیری در آنها انجام شد عبارت بودند از: روش های شله زنی با استفاده از دو نوع خاک همزن کاردی و L-شکل که هر کدام با دو تردد و بدون استفاده از چرخ آهنی (به عنوان شدیدترین نوع عملیات شله زنی با خاک همزن)، روش مرسوم با استفاده از کولتیواتور ساقه صلب (خیش چی)، روش تراکم و در زمین بدون انجام عملیات شله زنی و تراکم بعنوان شاهد، در هر کرت دو آزمایش نفوذ پذیری آب به خاک انجام شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد ماشین نشاءکار در روش های شله زنی و تراکم خاک

پیشروی دستگاه نشاءکار در تیمارهای شله زنی شده هفت روز پس از عملیات شله زنی براحتی انجام می شد، ولی نشاءهای کاشته شده در اثر تلاطم ایجادشده توسط حرکت نشاءکار و روان بودن بستر به زیر گل فرو می رفتند. بنابراین نتیجه گیری شد که می باید نشاءکاری چند روز به تعویق افتد تا رطوبت از حد روانی پایین تر آید. پس از چهار روز دیگر که

1 . Adhesion

2 . Thrust

3 . Flotation

آبی روی سطح خاک ضروری است. بعلت قطع آب بمدت ۴ روز، غشای آبی روی سطح کرت‌ها در هنگام نشاءکاری بسیار ناچیز بود. این امر موجب افزایش مقاومت در برابر حرکت اسکی‌ها روی سطح گل شد و در نتیجه نیروی پیش برنده لازم برای حرکت درآوردن نشاءکار را افزایش داد.

در مورد تیماری که عمل تراکم خاک در آنها صورت گرفته بود، دستگاه نشاءکار براحتی حرکت می‌کرد و عمل نشاءکاری را نیز به خوبی انجام می‌داد، ولی در این مورد نیز چون خاک سطحی فشرده شده بود و بستر نرمی جهت استقرار نشاءها وجود نداشت نشاءها استقرار لازم را پیدا نکردند و تعداد زیادی از آنها پس از اندک زمانی بر روی آب شناور می‌شدند. در این تیمار بعلت افزایش مقاومت خاک در اثر تراکم، چرخ‌های نشاءکار مشکلی در تأمین نیروی پیش برنده نداشتند، ولی خاک نرم سطحی برای استقرار نشاءها در عمق مناسب توسط انگشتی نشاءکار وجود نداشت. بنابراین اگر یک خاک ورزی سطحی به عمق ۳-۵ سانتی متر پس از عمل تراکم خاک انجام می‌گرفت، احتمال استقرار بهتر نشاءها در عمق خاک وجود داشت. تحقیقات (۷) نشان داد که در روش تراکم خاک، برای استقرار نشاءها در عمق مناسب نیاز به خاک ورزی سطحی به عمق ۵ سانتی متر وجود دارد.

زمینی که زیر کشت برنج قرار می‌گیرد، دچار تغییرات شیمیایی زیادی می‌شود. یکی از این تغییرات، کاهش نیروی چسبندگی ذرات در بعضی از این خاک‌ها است (۲) که احتمالاً در اثر احیای شیمیایی بعضی از کانی‌های خاک و یا افزایش موادآلی در خاک غرقاب می‌باشد. در خاک چسبنده‌ای همانند خاک در این طرح که اولین بار زیر کشت برنج رفته بود، هنوز دچار تغییرات شیمیایی کافی برای کاهش نیروی چسبندگی (نیروی هم چسبی و دگرچسبی) نشده است. با توجه به مشکلات یادشده، این دستگاه در خاک‌های سنگین که هنوز دچار تغییرات شیمیایی کافی نشده و سخت لایه در خاک در اثر کشت‌های متوالی برنج در آن ایجاد نشده است توصیه نمی‌گردد. بنابراین، این احتمال وجود دارد که اگر ارزیابی نشاءکار در خاکی که چندین سال زیر کشت برنج رفته باشد، انجام شود، ماشین رفتاری متفاوت از آنچه در شرایط آزمایش حاضر مشاهده شد از خود نشان دهد.

در مناطقی که برنج بدون آبیاری (دیم پر باران<sup>۱</sup>) تولید می‌شود، چسبیدن گل به قطعات ماشین در شالیزارها در مواقعی که در زمان تهیه بستر نشاء، آب کمیاب می‌شود بسیار مشکل ساز می‌شود. انجام عملیات بدون آب ایستادگی روی سطح خاک یا در رطوبت‌های بین حد خمیری و حد روانی، بعلت چسبناکی خاک بسیار مشکل می‌شود (۱۹).

مکانیسم ایجاد نیروی پیش برنده در چرخ‌های آهنی پره‌دار بدین صورت است که هرگاه یکی از پره‌ها با خاک درگیر شود، هر پره مانند یک عامل خاک ورز<sup>۲</sup> به خاک نیرو اعمال نموده و موجب گسیختگی خاک می‌شود. این گسیختگی بصورت شیاری<sup>۳</sup> ظاهر می‌شود. با افزایش لغزش چرخ‌ها، فاصله بین شیارهای ایجاد شده کمتر می‌شود و سرانجام در قسمتی از خاک که توسط پره‌های مجاور گسیخته می‌شود، می‌خواهد تداخل<sup>۴</sup> رخ دهد. واضح است که این الگوی گسیختگی نمی‌تواند رخ دهد و مرزهای نیمرخ گسیختگی باید خود را چنان تنظیم کنند که در فضای موجود بین رویه پره در حال برخورد با خاک و شیار ایجاد شده قبلی رخ دهد و در نتیجه فاصله بین شیارها (حاصل از گسیختگی خاک توسط پره‌های مجاور) کمتر می‌شود. بنابراین، با افزایش درصد لغزش چرخ‌ها، هر پره خاک کمتری را بریده و در نتیجه نیروی عکس‌العملی که هر پره می‌تواند تولید کند کاهش می‌یابد و نیروی پیش برنده چرخ در نهایت کاهش می‌یابد (۵).

از طرف دیگر با افزایش در صد لغزش چرخ‌ها احتمالاً سخت لایه موجود در کف بستر صدمه دیده و مقاومت لایه در برابر نشست چرخ‌ها در خاک کاهش یافت و تمایل به فرو رفتن نشاءکار در خاک افزایش یافت. این پدیده به ویژه در این خاک که برای اولین بار به زیر کشت برنج رفته بود و ضخامت سخت لایه آن قابل ملاحظه نبود، کاملاً مشهود بود.

جی کلاگ براساس تحقیقات شاه (۱۹۸۰) گزارش نمود که، برای کاهش مقاومت در برابر حرکت<sup>۵</sup> اسکی‌ها وجود یک غشای

- 1 . Rainfed
- 2 . Tine
- 3 . Trench
- 4 . Lug interference
- 5 . Drag

## تأثیر روش های شله زنی و تراکم بر خواص فیزیکی خاک

جرم مخصوص ظاهری خاک شش روز پس از عملیات تهیه بستر نشاء بطور معنی داری تحت تأثیر روش های مختلف تهیه نشاء قرار نگرفت و برای روش های شله زنی و تراکم خاک یکسان بود (جدول ۳). جرم مخصوص ظاهری پس از ۶ بار عبور با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب مشابه اثر یکبار اجرای عملیات با عامل خاک ورز فعال (خاک همزن) بود. اگرچه اختلاف بین میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر یک بار و دو بار عبور خاک همزن معنی دار نبود، ولی جرم مخصوص ظاهری خاک در حالت اشباع با دو عبور خاک همزن کمی بیشتر بود. رحمتی و سالوکه (۲۰۰۰) که مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک را ۴۰ روز پس از نشاءکاری در خاک رسی بانکوک اندازه گیری کردند، مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک را برای یک و دو بار عبور خاک همزن بترتیب ۱/۱۶ و ۱/۱۷ گرم در سانتی متر مکعب گزارش نمودند. بنابراین روند جرم مخصوص ظاهری در خاک رسی سیلتی این آزمایش با روند تغییرات جرم مخصوص ظاهری در آن خاک رسی بانکوک همخوانی دارد.

استفاده از چرخ آهنی بصورت جفت چرخ با چرخ لاستیکی تراکتور نیز کمی جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش داد. سالوکه (۱۹۹۹) گزارش نمود که از چرخهای آهنی به دو منظور در زمان عملیات خاک ورزی بطور وسیع در شالیزارها استفاده می شود: الف) بهبود ترددپذیری تراکتور که با چرخهای لاستیکی بدست نمی آید و ب) کمک به عملیات شله زنی خاک که برای رشد گیاه برنج لازم است. بنابراین بنظر می رسد که چرخ های آهنی کمی در افزایش حالت گلخراپی خاک مؤثر بودند.

در زمان انجام این طرح تحقیقاتی، معیاری برای تعداد عبور چرخهای تراکتور در تیمار تراکم در دست نبود، ولی جرم مخصوص ظاهری در این تیمار که با دو عبور چرخ لاستیکی تراکتور ITM-750 در خاک ایجاد شد، مشابه حالت شله زنی بود. احتمالاً جرم مخصوص ظاهری خاک پس از عملیات تراکم خاک در حالت اشباع در اثر جذب آب توسط ذرات رس خاک، بویژه رس های اسمکتیت<sup>۱</sup> و ورمیکولیت<sup>۲</sup>، کاهش یافت.

تحقیقات انجام شده در منطقه نشان داد که ۱۰ تا ۲۰ درصد ذرات رس موجود در خاک های منطقه مورد آزمایش از نوع اسمکتیت و ورمیکولیت می باشد (۱۰).

جرم مخصوص ظاهری خاک محل آزمایش قبل از عملیات خاک ورزی ۱/۴۱ گرم در سانتی متر مکعب بود. بنابراین عملیات خاک ورزی اولیه و شله زنی موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک بطور متوسط به اندازه ۱۵ درصد شد. ذرات رس (بویژه رس های اسمکتیت و ورمیکولیت) احتمالاً بعلت جذب آب حجمشان افزایش و بنابراین جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت. دلیل دیگر کاهش جرم مخصوص ظاهری، احتمالاً حالت فوق اشباع<sup>۳</sup> باشد که سبب شد، آب زیاد موجود موجب فاصله گیری ذرات از یکدیگر، در اثر فشار آب منفذی بالا، گردد.

جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر عمل شله زنی ممکن است افزایش یا کاهش یابد. این موضوع بستگی به ساختمان خاک قبل از عملیات شله زنی دارد. در رس های انبساط پذیر حتی اگر خاک بدون عملیات شله زنی غرقاب شوند، جرم مخصوص ظاهری آنها بمقدار زیادی کاهش می یابد. عملیات شله زنی این نوع خاکها، ذرات خاک را به حالت معلق درآورده و جرم مخصوص ظاهری خاک را کاهش می دهد (۲۲).

جرم مخصوص ظاهری خاک پس از برداشت در عمق ۱۵-۰ سانتی متری بطور معنی داری تحت تأثیر روش های تهیه بستر نشاء قرار گرفت. تیمار شله زنی با خاک همزن تیغه کاردی با دو بار عبور دارای بیشترین و روش تراکم خاک دارای کمترین جرم مخصوص ظاهری نسبت به سایر روش های شله زنی بود. افزایش در جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای شله زنی با خاک همزن مجهز به تیغه های کاردی شکل را می توان به عمق کار بیشتر تیغه و شدت تخریب بیشتر خاکدانه ها مربوط دانست. عمق بیشتر تیغه و شدت تخریب بیشتر خاکدانه ها احتمالاً موجب گردید که ساختمان خاک تا عمق بیشتری کاملاً<sup>۴</sup> از یکدیگر باز شده و در تشکیل دوباره ساختمان خاک، خلل و فرج درشت تا عمق بیشتری کاهش یابد.

3 . Super saturation (over saturation)

1 . Smectite  
2 . Vermiculite



جدول ۳- تاثیر روش های بهیبه بستر نشاء بر میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در دو مرحله قبل از کاشت و پس از برداشت و میانگین قطر کلوخ های بزرگتر از ۱۰ سانتی متر پس از شخم زمین برداشت شده<sup>۱</sup>.

روش تهیه بستر نشاء		جرم مخصوص ظاهری خاک (g cm <sup>-۳</sup> )		قطر کلوخ های بزرگتر از ۱۰ سانتی متر پس از شخم (سانتیمتر)
		پس از برداشت	قبل از کاشت	
شله زنی با خاک همزن تیغه L-شکل با یک عبور (T <sub>1</sub> )	۱/۱۹ a	۱/۷۴ab	۲۱/۵a	
شله زنی با خاک همزن تیغه L-شکل با دو عبور (T <sub>2</sub> )	۱/۲۲ a	۱/۷۶ab	۲۲/۵a	
شله زنی با خاک همزن تیغه L-شکل با دو عبور، تراکتور بصورت جفت چرخ با چرخ آهنی (T <sub>3</sub> )	۱/۲۱a	۱/۷۵ab	۲۱/۰a	
شله زنی با خاک همزن تیغه کاردی شکل با یک عبور (T <sub>4</sub> )	۱/۱۷a	۱/۷۷ab	۲۲/۰a	
شله زنی با خاک همزن تیغه کاردی شکل با دو عبور (T <sub>5</sub> )	۱/۱۸ a	۱/۸۱a	۲۴/۰a	
شله زنی با خاک همزن تیغه کاردی شکل با دو عبور، تراکتور بصورت جفت چرخ با چرخ آهنی (T <sub>6</sub> )	۱/۲۱ a	۱/۸۰a	۲۳/۵a	
شله زنی با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (روش مرسوم) (T <sub>7</sub> )	۱/۱۵ a	۱/۷۸ab	۲۱/۰ a	
متراکم کردن خاک با چرخ های تراکتور با دو عبور <sup>b</sup> (T <sub>8</sub> )	۱/۱۹ a	۱/۶۸b	۱۲/۵ b	

<sup>a</sup> اعداد در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح آماری ۰.۵٪ هستند.

<sup>b</sup> عملیات متراکم کردن خاک در رطوبت حد پائین خمیری انجام شد.

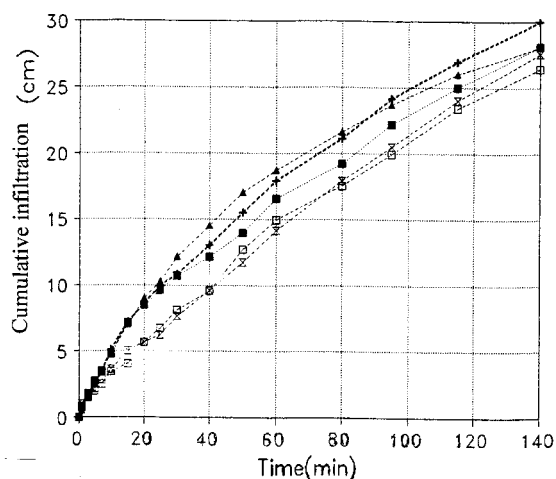
مقدار آن، ترکهای عمیق و پهنی در آن ایجاد می‌شود (۲۲). پس از برداشت شلتوک، زمین در تیمارهای مختلف تهیه بستر نشاء با گاو آهن برگردان دار تا عمق ۲۵ سانتی متری شخم زده شد. اندازه گیری ابعاد کلوخه های بزرگتر از ۱۰ سانتی متری نشان داد که در روش تراکم خاک، میانگین قطر کلوخه‌ها ۱۲/۵ سانتی‌متر بود در حالی که این مقدار در روش‌های شله زنی بین ۲۴-۲۱ سانتی متر متغیر بود (جدول ۳). انجام عملیات شله زنی با تراکتور چهارچرخ میان قدرت در این نوع خاک که در حالت اشباع دارای مقاومت کمی بود، موجب گردید که خاک ساختمان پیوسته ای پیدا نماید. پس از خشک شدن و انقباض، ترکهایی با فواصل نسبتاً زیاد و عمیق (نسبت به حالت شله زنی نشده) ایجاد شد. این ترکها خاک را به قطعات بزرگی تقسیم نمود که بعلت پیوستگی زیاد و افزایش نیروهای خودجسبی در حالت خشک، مقاومت برشی زیادی از خود نشان داد. این قطعات در اثر برش افقی و عمودی گاوآهن برگرداندار منجر به تولید کلوخه های بزرگ و سختی شد. در حالت تراکم، ابعاد کلوخه‌ها بطور معنی داری کوچکتر بود. زیرا در تیمار تراکم،

افزایش کمتر در جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار تراکم احتمالاً می‌تواند بعلت کمتر تخریب شدن ساختمان و بیشتر بودن حجم منافذ در خاک نسبت به عملیات شله زنی باشد. دلیل دیگر این است که احتمالاً در روش شله زنی، تمامی خاکدانه ها از بین رفته و خاک همگن<sup>۱</sup> گردید، بطوری که ذرات خاک معلق، بطور تصادفی روی یکدیگر آرایش پیدا کرده و جرم مخصوص ظاهری زیاد شد. ولی در روش تراکم، لاقط مقداری از ریزخاکدانه ها<sup>۲</sup> پایدار مانده و همچنین خاک کاملاً همگن نشد. پس از برداشت جرم مخصوص ظاهری خاک در اثر عملیات شله زنی و تراکم نسبت به حالت طبیعی آن بترتیب به میزان ۲۴-۲۸ و ۱۹ درصد افزایش یافت. جرم مخصوص ظاهری خاک با زمان در اثر نشست ذرات افزایش می‌یابد و در اثر خشک شدن بعلت انقباض افزایش می‌یابد. خاکی که پس از شله زنی خشک می‌شود، خیلی فشرده و سخت می‌باشد و بر حسب نوع رس و

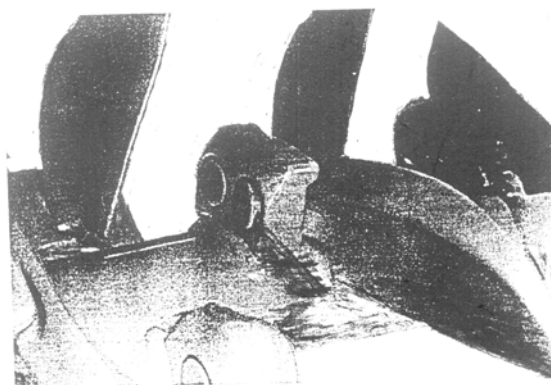
1 . Homogenized

2 . Microaggregates

تغییر چشمگیری در قابلیت نفوذ آب به خاک زیر لایه شخم خورده ایجاد نکرد. نتایج مطالعه تراکم پذیری خاکی با بافت لوم رسی سیلتی در منطقه نشان داد که با دو بار تردد تراکتور در رطوبت حد خمیری، افزایش در جرم مخصوص ظاهری خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری معنی دار می باشد (۱۲).



ترک‌های ایجاد شده در سطح، در اثر انقباض خاک، به همدیگر نزدیکتر بودند و این موجب کوچکتر شدن کلوخه‌های ایجاد شده گردید.



شکل ۱- خاک همزن مجهز به تیغه‌های کاردی شکل

منحنی‌های نفوذ آب به خاک در چند روش تهیه بستر نشاء در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که از نمودارها مشخص است، روش‌های شله زنی با خاک همزن‌ها، نفوذپذیری تجمعی کمتری نسبت به تیمار شاهد (بدون عملیات) دارد. نفوذپذیری در کف شیار شخم تیمار تراکم خاک، شبیه تیمار شاهد می باشد. نفوذپذیری روش مرسوم حد واسط تیمارهای شله زنی با خاک همزن‌ها و تیمار شاهد می باشد.

اگرچه جرم مخصوص ظاهری خاک پس از برداشت، بویژه در لایه خاک ورزی شده، بین ۲۸-۲۳ درصد در روش شله زنی و ۱۹ درصد در روش تراکم خاک بیشتر از جرم مخصوص ظاهری طبیعی خاک بود، ولی بنظر می رسد که ایجاد ترکهای عمیق و پهن به ویژه در روش‌های شله زنی که پس از خشک شدن در مواردی تا عمق ۴۰ سانتی متری از سطح خاک مشاهده شد، موجب گردید که نفوذ آب به خاک از طریق شکاف‌های بزرگ ایجاد شده، امکان پذیر گردد. بطور کلی وجود ترک در خاکهای رسی نقش قابل ملاحظه‌ای در فرآیند انتقال در خاک را دارند. فراوانی و پیوستگی ترک‌ها نقش تعیین کننده‌ای در حرکت آب و املاح در خاک با نفوذپذیری کم دارند (۱۳). در روش تراکم خاک نیز بنظر می رسد که عمل فشردن سازی خاک حداکثر تا عمق لایه شخم بوده که با انجام شخم با گاوآهن برگرداندار این لایه خرد و نرم شد و بنابراین،

شکل ۲- منحنی‌های نفوذپذیری تجمعی آب در کف شیار شخم، پس از برداشت برنج و شخم با گاوآهن برگرداندار در روشهای مختلف تهیه بستر نشاء

مصرف آب در طول دوره رشد در حدود ۲۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار تخمین زده شد که در مقایسه با خاک‌های آن منطقه با بافت رسی سیلتی حدوداً دو برابر بود. علت این امر وجود مرزهای نسبتاً عریض بین کرت‌های آزمایشی بود. مرزهایی به عرض یک متر در مقایسه با عرض کرت که حدود ۱۰ متر بود، موجب شد که نفوذ جانبی و فرونشست آب از طریق سطح زیر مرزها (در زیر مرزها عملیات آب بندی صورت نگرفته بود) بیش از حد متعارف بوده و در مجموع کل مصرف آب را بالا برد. نتایج مطالعات تونگ و همکاران (۱۹۹۴) نشان داد که مسدود شدن منافذ درشت با انتقال ذرات ریز در حین عملیات شله زنی عمداً موجب ایجاد یک لایه با نفوذپذیری جزئی در زیر لایه گلخراپ شده سطحی می شود. این لایه با نفوذپذیری جزئی موجب کم شدن نرخ فرونشست در خاکی که خوب شله زنی شده، می شود، ولی هدایت هیدرولیکی قطعات شله زنی نشده و در زیر مرزها،

و ۲۰۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴). بنابراین تهیه بستر نشاء با استفاده از خاک- همزن، انرژی مصرفی را کاهش داده و بازده را بالا می‌برد. مطالعات کرچهوف و همکاران (۲۰۰۰) در خصوص تولید برنج در زمین‌های پست<sup>۳</sup> و در شرایط دیم پرباران نشان می‌دهد که شدت شله زنی بطور معنی‌داری بر عملکرد برنج اثر دارد. شله زنی با دو بار عبور روتوتیلر<sup>۴</sup> در مقایسه با روش سنتی (شله زنی با دو بار عبور گاواهن بومی و دو بار هرس) عملکرد برنج را بعلاوه کافی نبودن عمق لایه شله زنی شده و بخاطر محدودیت در رشد و توسعه ریشه کاهش داد.

اگرچه عملیات شله زنی با دو بار تردد خاک همزن مجهز به تیغه کاردی با و بدون استفاده از چرخ آهنی، در مقایسه با یک بار عبور، عملکرد شلتوک را بترتیب ۴۰۲ درصد افزایش داد، ولی سوخت مصرفی و زمان انجام عملیات به ترتیب ۳۲، ۶۰، ۱۲۲ و ۱۰۵ درصد افزایش نشان داد.

مقایسه سوخت مصرفی دو نوع خاک همزن در حالتی که دو تردد داشتند، در دو حالت با و بدون استفاده از چرخ آهنی نشان داد که استفاده از چرخ آهنی در خاک همزن مجهز به تیغه L- شکل، مصرف سوخت را در مقایسه با عدم استفاده از آن افزایش داد، در حالی که در خاک همزن مجهز به تیغه کاردی، استفاده از چرخ آهنی مصرف سوخت را کاهش داد. علت این امر را با توجه به مشاهدات مزرعه ای می‌توان چنین بیان داشت که بعلاوه وزن زیادی که خاک همزن کاردی شکل داشت، تمایل به نفوذ آن به عمق، بیشتر از خاک همزن مجهز به تیغه L- شکل بود. از طرف دیگر با توجه به چسبندگی خاک در بسیاری از موارد در اثر جمع شدن گل در جلو خاک همزن، دستگاه نیاز به کشش داشت که در صورت وجود چرخ آهنی کشش براحتی تأمین گردید و از بکسوات بیش از حد جلوگیری شد. این امر موجب کاهش مصرف سوخت گردید. ولی در استفاده از خاک همزن مجهز به تیغه L- شکل که خاک همزن سبک وزنی است نیاز به کشش بندرت پیش آمد. بعلاوه تیغه های L- شکل درگیری بیشتری با گل پیدا کردند و در نتیجه نیروی رانش بیشتری به تراکتور اعمال نمودند. بنابراین جفت چرخ کردن تراکتور با استفاده از چرخ آهنی، بویژه در حالتی که نیاز به

بعلاوه وجود لایه با نفوذپذیری جزئی بسیار زیاد خواهد بود. تلفات آب بصورت فرونشست در زیر مرزها می‌تواند تلفات را ۵- ۲ برابر افزایش دهد (۲۵). بنابراین پیشنهاد می‌شود که جهت اندازه‌گیری دقیق آب مصرفی بایستی اندازه کرت‌های بزرگ با مرزهای کم عرض تر، که مشابه اندازه کرت‌های کشاورزان است، انجام شود. نتایج دیگران (۱۵ و ۲۵) نیز با این یافته‌ها منطبق است.

### تأثیر روش‌های شله زنی و تراکم بر عملکرد محصول، انرژی مصرفی و زمان انجام کار

عملکرد دانه (شلتوک) بطور معنی‌داری تحت تأثیر روش‌های تهیه بستر نشاء قرار گرفت. عملکرد دانه در روش شله زنی با دو بار تردد خاک همزن مجهز به تیغه کاردی شکل و روش تراکم به ترتیب بیشترین و کمترین بود. عملکرد شلتوک در روش شله زنی با دو بار تردد خاک همزن تیغه کاردی با میانگین عملکرد ۷۵۲۱ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سایر روش‌های شله زنی اگرچه از نظر آماری در یک گروه قرار گرفت، ولی بالاترین عملکرد را تولید نمود. تأخیر در استقرار و عدم استقرار کافی نشاءها در روش تراکم خاک موجب کاهش تراکم بوته‌ها در واحد سطح و منجر به کاهش عملکرد دانه در این تیمار شد (جدول ۴). تحقیقات نشان داده است که در روش تراکم برای استقرار نشاء نیاز به نرم کردن لایه سطحی خاک (۵-۰ سانتی متر) پس از عملیات تراکم خاک یک ضرورت است (۸). پری‌هار و همکاران (۱۹۷۶) در بررسی روش‌های تراکم خاک (با یک بار عبور چرخ‌های تراکتور و در رطوبتی برابر با ظرفیت مزرعه خاک) و شله زنی (با هرس بشقابی، خاک همزن<sup>۱</sup>، یک نوع پادلر<sup>۲</sup> و یک نوع گاواهن محلی) در خاکی با بافت لوم شنی مشاهده نمودند که عملکرد شلتوک بطور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای شله زنی قرار نگرفت. از طرف دیگر روش تراکم خاک تمایل به کاهش عملکرد دانه در یکی از دو سال اجرای آزمایش را داشت.

عملکرد دانه در روش شله زنی با شش بار عبور کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (روش مرسوم) در مقایسه با یک بار عبور خاک همزن مجهز به تیغه L- شکل، ۳ درصد کاهش نشان داد، ولی میزان سوخت مصرفی و زمان انجام عملیات آن بترتیب ۶۵

3 . Lowland

4 . Roto-tiller

1 . Rotavator

2 . Angular puddler

جدول ۴- تاثیر روش های تهیه بستر نشاء بر میانگین عملکرد شلتوک، سوخت مصرفی و ظرفیت ماشین<sup>a</sup>.

ظرفیت ماشین (هکتار بر ساعت)	سوخت مصرفی (لیتر در هکتار)	عملکرد شلتوک <sup>b</sup> (کیلوگرم در هکتار)	روش تهیه بستر نشاء
۰/۱۰ b	۸۰ e	۷۱۰۸ a	شله زنی با خاک همزن تیغه L-شکل با یک عبور (T <sub>1</sub> )
۰/۰۵۰ d	۱۴۰ b	۶۸۲۹ ab	شله زنی با خاک همزن تیغه L-شکل با دو عبور (T <sub>2</sub> )
۰/۰۴۳ e	۱۶۰ a	۷۳۹۰ a	شله زنی با خاک همزن تیغه L-شکل با دو عبور، تراکتور بصورت جفت چرخ با چرخ آهنی (T <sub>3</sub> )
۰/۰۸۳ c	۱۰۰ d	۷۲۲۰ a	شله زنی با خاک همزن تیغه کاردی شکل با یک عبور (T <sub>4</sub> )
۰/۰۳۷ g	۱۶۰ a	۷۵۲۱ a	شله زنی با خاک همزن تیغه کاردی شکل با دو عبور (T <sub>5</sub> )
۰/۰۴۰ f	۱۳۲ c	۷۳۶۷ a	شله زنی با خاک همزن تیغه کاردی شکل با دو عبور، تراکتور بصورت جفت چرخ با چرخ آهنی (T <sub>6</sub> )
۰/۰۳۳ h	۱۳۲ c	۶۸۹۷ ab	شله زنی با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب (روش مرسوم) (T <sub>7</sub> )
۰/۱۵ a	۶۰ f	۶۷۷۳ b	متراکم کردن خاک با چرخ های تراکتور در دو عبور <sup>c</sup> (T <sub>8</sub> )

<sup>a</sup> اعداد در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح آماری ۵٪ هستند.

<sup>b</sup> عملکرد شلتوک بر اساس ۱۴٪ رطوبت (بر پایه خشک) محاسبه گردید.

<sup>c</sup> عملیات متراکم کردن خاک در رطوبت حد خمیری انجام شد.

شارما و همکاران (۱۹۸۸) اثرات روش های بی خاک ورزی، کمینه خاک ورزی، شله زنی با عمق کم (تا عمق ۷ سانتی متر) و با عمق معمولی (تا عمق ۱۵ سانتی متر) را بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد دانه برنج بررسی نمودند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که تراکم ریشه (طول ریشه در واحد حجم خاک) و عملکرد دانه برنج نسبت معکوسی با جرم مخصوص ظاهری خاک در زمان نشاءکاری داشت، ولی، عملکرد دانه رابطه مستقیمی با تراکم ریشه داشت.

در حالی که در مطالعات شارما و همکاران (۱۹۸۸) عملکرد دانه رابطه معکوسی با جرم مخصوص ظاهری خاک داشته است، ولی نتایج بدست آمده در این تحقیق، رابطه مشخصی بین عملکرد دانه و جرم مخصوص ظاهری خاک نشان نداد. در پژوهش نامبردگان دامنه ای وسیع از جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از ۴ سیستم خاک ورزی ایجاد شده بود، در حالیکه در تیمارهای این تحقیق، امکان داشتن دامنه زیادی از جرم مخصوص ظاهری خاک وجود نداشت.

#### نتیجه گیری کلی

امکان استفاده از نشاءکار در بسترهای تهیه شده با روش شله زنی در خاک های چسبیده همانند شرایط مشابه آزمایش حاضر که برای اولین بار زیرکشت برنج رفته اند، وجود ندارد.

کشش بیشتری نبود و با توجه به کوچک بودن کرتها، مانورپذیری تراکتور را کاهش داد و زمان بیشتری صرف دور زدن تراکتور گردید که عامل افزایش مصرف سوخت شد.

رحمتی و سالوکه (۲۰۰۰) که اثر عملیات شله زنی با یک و دو بار تردد خاک همزن و بدون عمل شله زنی پس از شخم با گاواهن برگرداندار را بر عملکرد برنج در خاک رسی بانکوک بررسی نمودند، گزارش نمودند که عملیات شله زنی بعلت کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و شاخص فروپذیری<sup>۱</sup> موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه شد. در آزمایش آنها، عملکرد تیمار دو بار عمل شله زنی (با جرم مخصوص ظاهری ۱/۱۷ گرم در سانتی متر مکعب) باندازه ۵/۶ درصد کمتر از عملکرد دانه در تیمار یک بار عملیات شله زنی (با جرم مخصوص ظاهری ۱/۱۶ گرم در سانتی متر مکعب) با خاک همزن بود، اگرچه میانگین عملکرد دانه در هر دو تیمار در یک گروه آماری قرار داشتند. در آزمایش حاضر، عملکرد دانه در تیمار دو بار شله زنی (تیمار T<sub>2</sub>) باندازه ۴ درصد کمتر از یک بار شله زنی (تیمار T<sub>1</sub>) با خاک همزن مجهز به تیغه L-شکل بود.

1 . Penetration resistance index

### سپاسگزاری

کلیه هزینه‌ها و امکانات اجرایی این طرح توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان فراهم شده است که بدین وسیله صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود. از آقایان مهندس مصلح الدین رضایی، مهندس علیرضا مامن پوش، مهندس مجید کاکایی و مهندس اردشیر اسدی خشویی برای همکاری در اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای تشکر می‌شود.

براساس نتایج مطالعه حاضر، به نظر می‌رسد که برای حصول عملکردی مشابه روش مرسوم (شله‌زنی با شش بار عبور با کولتیواتور مزرعه ساقه صلب)، عملیات شله‌زنی را می‌توان با یکبار عبور خاک همزن (مجهز به تیغه‌L-شکل) با صرف زمان و انرژی کمتری انجام داد. استفاده از چرخ‌های آهنی همراه با چرخ‌های لاستیکی عقب، برای کاهش بکسوات و افزایش بازده کشش تراکتورهای چهار چرخ، به ویژه در زمین‌هایی که احتمال به گل‌فرورفتن تراکتور زیاد است، نیز توصیه می‌شود.

### REFERENCES

### مراجع مورد استفاده

۱. مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان. ۱۳۷۳. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعه و تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک ایستگاه تحقیقاتی کبوترآباد و برآن شمالی اصفهان. نشریه فنی شماره ۳۲. ۳۸ صفحه.
۲. خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۸. تولید غلات. جزوه درسی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۰۴ صفحه.
3. De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons. New York.
4. Gajri, P.R., K.S. Gill, R. Singh and B.S. Gill. 1999. Effect of pre-planting tillage on crop yields and weed biomass in a rice-wheat system on a sandy loam soil in Punjab. Soil & Till. Res. 52: 83-89.
5. Gee-Glough, D. 1985. The special problem of wetland traction and flotation. J. Agric. Eng. Res. 32: 279-288.
6. Ghildyal, B.P. 1969. Soil compaction- a new system of rice cultivation. Indian Farming. 19: 19-22.
7. Ghildyal, B.P. 1978. Effects of compaction and puddling on soil physical properties and rice growth. In Soils and Rice, 317-336. International Rice research institute, Los Banos, Philippines.
8. Gupta, R.K., S. Kumar, S. Kar and T. Woodhead. 1989. Compaction technology for sandy loam soils in rice-based cropping system: Division of Agricultural Physics, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 10p.
9. Kepner, R.A., R. Bainer and E.L. Barger. 1978. Principles of Farm Machinery. AVI Publishing Co., INC, Westport, Connecticut. 527p.
10. Khademi, H. and A.R. Mermut. 1998. Source of palygorskite in gypsiferous Aridisols and associated sediments from central Iran. Clay Minerals 33: 561-578.
11. Kirchhof, G., S. Priyono, W.H. Utomo, T. Adisarwanto, E.V. Dacanay and H.B. So. 2000. The effect of Soil puddling on the soil physical properties and the growth of rice and post-rice crops. Soil & Till. Res, 56: 37-50.
12. Mosaddeghi, M.R., M.A. Hajabbasi, A. Hemmat and M. Afyuni. 2000. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil & Till. Res. 55: 87-97.
13. Murray, R.S. and J.P. Quirk, 1990. Intrinsic failure and cracking of clay. Soil Sci. Soc. Am J. 54: 1179-1184.
14. Obermueller, A.J. and D.S. Mikkelsen. 1974. Effects of water management and soil aggregation on the growth and nutrient uptake of rice. Agron. J. 66: 627-632.
15. Painuli, D.K., T. Woodhead and M. Pagliai. 1988. Effective use of energy and water in rice soil puddling. Soil & Till. Res. 12: 149-161.
16. Prihar, S.S., K.L. Khera and P.R. Gajri. 1976. Effect of puddling with different implements on the water expense and yield of paddy. J. Res., Punjab, Agric. Univ. 13 (3): 249-254.
17. Rahmati, M.H. and V.M. Salokhe. 2000. Effect of tillage practices on hydraulic conductivity, cone index, bulk density, infiltration and rice yield during rainy season in Bangkok clay soil. In Proceedings of

- International Agricultural Engineering Conference (Eds.) V.M. Salokhe and M. Babul Hossain. Pp . 296-306. Bangkok, Thailand, Dec 4-7, 2000.
18. Regional Network for Agricultural Machinery. 1983. RNAM Tests Codes and procedures of Farm Machinery. Technical Series No. 12. Bangkok. Thailand. 291p.
  19. Salokhe, V. M. 1999. Application of soil mechanics principles in wet paddy field conditions. In Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering (99-ICAE) (Eds.) Z. Dechao, W. Maohua, Z. Senwen, L. Tingwu and W. Baoji, Pp. 29-43, Beijing, P.R. China 14-17 Dec., 1999.
  20. Shah, N.G. 1980. Study of float devices for wetland machinery. M. Eng. Thesis no. AE 80-20. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
  21. Sharama, P.K. and S.K. De Datta. 1985a. A core sampler for puddled soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1069-1070.
  22. Sharma, P.K. and S.K. De Datta. 1985b. puddling influence on soil, rice development, and yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1451-1457.
  23. Sharma, P.K., S.K. De Datta and C.A. Redulla. 1988. Tillage effects on soil physical properties and wetland rice yield. Argon. J. 80:34-39.
  24. Tanaka, T. 1984. Operation in paddy fields: State-of-the-art report. J. Terramech. 21(2): 153-179.
  25. Tuong, T.P., M.C.S. Wopereis, J.A. Marquez and M.J. Kropff. 1994. Mechanisms and control of percolation losses in irrigated puddled rice fields. Soil Sci. Soc. Am J. 58: 1794-1803.

## **An Investigation into the Mechanized Rice Transplanting in Puddled Versus Compacted Soil and their Effects on Soil Physical Properties and Rice Yield on a Silty Clay Soil**

**A. HEMMAT<sup>1</sup>, O. TAKI<sup>2</sup>**

**1, Associate Professor, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran 2, Researcher, Isfahan Agricultural Research Center, Isfaha, Iran**

**Accepted Oct., 30, 2002**

### **SUMMARY**

Rice transplanting in Isfahan is done by manual labor, which is a tedious and laborious job. Mechanized rice transplanting required a seedling bed of special conditions. Information about pre-planting tillage aspects for mechanized rice transplanting in Isfahan is lacking. For this reason, suitability of some seedling-bed preparation methods for transplanting with a self-propelled walking-type transplanter was studied. A field experiment was conducted in 1998 at Kabootarabad Agricultural Research Station located 40 km southeast of Isfahan, on a silty clay soil. The effects of pre-planting tillage methods, namely soil puddling and compaction, followed by manual transplanting on soil physical properties, fuel requirement, machine capacity and rice yield, using a randomized complete block design with three replications, were evaluated. Soil puddling treatments included one and two rotary tillings (with L- and knife-shaped blade rotary tillers) and six harrowings with a locally made rigid-shank field cultivator named Khishchee. Compaction treatment involved two passes of an ITM-750 tractor over the plots. In puddling operations, in addition to a four-wheel tractor (MF-285), cage wheels in conjunction with the rear pneumatic wheels of the tractor (dual wheels) were used in some treatments. A tiller (two-wheel walking-type tractor equipped with rotary tiller) was utilized in one puddling treatment as well. The field observations showed that the puddling implements worked satisfactorily, however, the tiller was bogged down due to lug blocking of its cage wheels. This was attributed to high wheel slippage and soil adhesion. The cage wheels reduced the fuel consumption of the tractor whenever more draft was required. The field tests on the transplanter showed that, when transplanting was done into very soft soil prepared with puddling, the transplanted seedlings were buried in mud. On the other hand, when the soil was left to become firmer, the transplanter was bogged down because of its cage wheels blocking. Although the transplanter performed well in compacted plots, most of the transplanted seedlings floated on the surface of water. This was due to not having enough soft surface soil for seedling establishment. Although the bulk density in the 0 to 0.15-m layer just before transplanting was not affected by pre-planting tillage methods, the methods significantly influenced the soil density measured after harvest. Puddling with two rotary tillings (with knife-shaped blades) and compaction method had the highest and lowest soil bulk density values, respectively. Clod size produced after plowing of puddled plots was significantly higher than that of compacted plots. Cumulative infiltration was lower on puddled (with rotary tillers) plots than on control (no treated soil) and was similar to the control on compacted plots for tests conducted on the base of the plowed layer after rice harvesting. In comparison with puddling with L-shaped rotary tiller, paddy yield of puddled plots with six harrowings with rigid-shank field cultivator (conventional method), was 3% less, however, its fuel requirement and operational time were 45 and 200% more, respectively. The results indicated,

transplanting with the transplanter in the seedling bed prepared with puddling in the fine-textured and sticky-soil field, which is used as a paddy field for the first time and has not undergone chemical changes to reduce its adhesion, is not recommended. Based on the results of this experiment, it is possible to produce at least similar grain yield with lower energy consumption and higher efficiency from puddling with a rotary tiller, as with conventional puddling under conditions similar to this experiment.

**Key words:** Irrigated rice, Tiller, Field cultivator, Cage wheel, Bulk density, Cumulative infiltration.