

اثر شرایط رطوبتی خاک بر ماشین کارنده بی‌خاک‌ورز و عملکرد گندم آبی

الیاس دهقان^{۱*} و سیدمحمدجواد افضلی^۲

۱- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۲۴

چکیده

کشاورزان برای کاهش مقاومت کششی خاک‌های سنگین رسی، ابتدا زمین را آبیاری می‌کنند (ماخار) و پس از گاورو شدن خاک، خاک‌ورزی را شروع می‌کنند. در این پژوهش، پنج روش خاک‌ورزی - کاشت از نظر شاخص‌های مصرف سوخت، مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر، نفوذی پذیری خاک، تعداد بوته در متر مربع، تعداد علف‌های هرز و عملکرد دانه گندم، در یک خاک رسی در استان خوزستان و به روش بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مقایسه شدند؛ این پنج روش خاک‌ورزی - کاشت عبارت اند از: کاشت به صورت بی‌خاک‌ورزی در خاک خشک بدون ماخار (T1)، یک بار دیسک‌زدن بدون ماخار + کارنده بی‌خاک‌ورز (T2)، ماخار + کارنده بی‌خاک‌ورز در خاک گاورو (T3)، ماخار + نم‌کاری با کارنده بی‌خاک‌ورز (T4) و ماخار + دوبار دیسک‌زدن + کاشت با خطی کار (T5 شاهد). نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که از نظر عملکرد دانه، تیمارهای T5 (شاهد) و T4 به ترتیب با ۵۲۸۷ و ۵۱۶۸ کیلوگرم بر هکتار، از دیگر تیمارها برترند. بیشترین تعداد علف‌های هرز با ۴۲/۳۴ بوته در مترمربع در T3 دیده می‌شود، اما در T5 با وجود آبیاری ماخار، بیشتر علف‌های هرز سبز شده با دوبار دیسک‌زدن از بین رفته‌اند و تراکم علف‌های هرز به ۷/۳۳ بوته در متر مربع رسیده است. به طور کلی، در صورت وجود آب و فرصت کافی برای ماخار، T4 نسبت به شاهد برتری دارد و دلیل آن حذف آبیاری اول، کاهش مصرف سوخت (از ۳۴/۱۱ به ۱۱/۳۵ لیتر بر هکتار) و کاهش مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر (از ۲/۹۱ به ۰/۴ ساعت بر هکتار) است و گرنه روش T2 پیشنهاد می‌شود که در آن عملکرد دانه (۴۷۳۴ کیلوگرم بر هکتار)، و ۳۰ درصد کاهش در مصرف سوخت و ۵۷ درصد کاهش در مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر، نسبت به شاهد، برای آن به دست آمده است.

کلمات کلیدی

خاک‌ورزی، کشت مستقیم، ماخار، نم‌کاری

مقدمه

کمبود فرصت برای خاک‌ورزی پس از برداشت محصولات تابستانه و ضرورت کاهش مدت زمان اجرای عملیات تهیه بستر و کاشت بذر، در سال‌های اخیر به کاشت گندم به روش بی‌خاک‌ورزی توجه شده است. گندم در خوزستان در اواخر پاییز و در شرایطی کاشته می‌شود که مقدار رطوبت خاک

ماشین‌های بی‌خاک‌ورز باید بتوانند بقایای گیاهی را بپزند، در خاک نفوذ کنند، بذر را در عمق مناسب خاک قرار دهند و ارتباطی پایدار بین بذر و خاک ایجاد کنند (Grisso et al., 2009). در استان خوزستان، به دلیل اهمیت حفظ بقایای گیاهی و

انرژی و کلوخه‌ای شدن خاک می‌شود (Khani *et al.*, 2011). مقدار رطوبت مناسب خاک برای خاک‌ورزی، میزانی است که در آن بیشترین خاک‌دانه‌های کوچک تشکیل می‌شود (Dexter & Bird, 2001). ترافیک‌پذیری خاک عبارت است از شرایطی که حرکت ماشین‌ها روی خاک بدون ایجاد فشردگی نامطلوب امکان‌پذیر (Droogers *et al.*, 1996) و آسیب وارد شده به ساختمان خاک ناچیز باشد و باعث کاهش عملکرد محصول نشود (Rounsevell & Jones, 1993).

بررسی اثر تغییرات مقدار رطوبت خاک از ۱۲ تا ۲۱ درصد (وزن خشک) و تعداد تردهای چرخ تراکتور روی خاک رسی- لومی نشان داد که با افزایش مقدار رطوبت خاک، میزان فشردگی ایجاد شده در اثر عبور چرخ تراکتور به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد و بیشترین جرم مخصوص ظاهری خاک، به‌میزان ۱/۷۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، در رطوبت ۲۱ درصد و با چهار بار عبور چرخ تراکتور ایجاد می‌شود (Ahmadi & Ghaur, 2015).

قدرت جوانه‌زنی و سبز شدن بذر در خاک خشک شخم نخورده، نسبت به خاک خشک شخم خورده، بیشتر است اما اندکی از انواع کارنده‌های بی‌خاک‌ورز قادر به کاشت دقیق در این خاک‌ها هستند (Baker *et al.*, 2002). براون و نورث (Brown & North, 1984) اثر رطوبت خاک بر کاشت جو را در یک خاک سیلتی-رسی-لوم بررسی کردند و گزارش دادند که شرایط رطوبتی خاک برای خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر استقرار بوته دارد. کمترین سرعت و میزان جوانه‌زنی نهایی موقعی است که خاک در اثر رطوبت زیاد به‌صورت توده‌های گل جمع می‌شود و بیشترین درصد جوانه‌زنی نیز هنگامی است که خاک در زمان کاشت خشک باشد.

بسیار پایین است. خاک‌های خوزستان به‌علت بالا بودن درصد رس و پایین بودن مواد آلی آنها، غالباً بافت سنگین دارند و به‌علت پایین بودن مقدار رطوبت در زمان تهیه بستر و کاشت گندم، مقاومت زیادی در مقابل عملیات خاک‌ورزی و کاشت از خود نشان می‌دهند. در این خاک‌ها، شیاربازکن واحدهای کارنده ماشین‌های بی‌خاک‌ورز قادر نیستند به راحتی یا به اندازه کافی در خاک نفوذ کنند، بذر را در عمق مورد نظر قرار دهند و روی آن را بپوشانند. در چنین شرایطی، کشاورزان در روش‌های خاک‌ورزی مرسوم برای کاهش مقاومت خاک و پایین آوردن نیروی کششی مورد نیاز برای خاک‌ورزی، زمین را آبیاری می‌کنند. آبیاری زمین قبل از خاک‌ورزی، با هدف کاهش مقاومت خاک در برابر عملیات تهیه زمین را ماخار می‌نامند (Dehghan & Almasi, 2009).

با آبیاری زمین، ماخار به مدت زمان و انرژی کمتری برای خاک‌ورزی یا کاشت نیاز است. ماخار، آبیاری قبل از خاک‌ورزی، باعث جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز می‌شود. پس از ماخار، در فاصله زمانی تا گاو رو شدن زمین و آمادگی خاک برای تردد ماشین‌ها، بسیاری از علف‌های هرز سبز شده و مرحله جوانه‌زنی و استقرار اولیه خود را پشت سر گذاشته‌اند و از این‌رو با خاک‌ورزی مقدار زیادی از علف‌های هرز سبز شده از بین می‌روند (Dehghan, 2009). چنانچه کاشت بدون خاک‌ورزی باشد، علف‌های هرز سبز شده از بین نخواهند رفت و از این‌رو برای از بین بردن آنها از علف‌کش‌های عمومی مانند گراماکسون استفاده می‌شود (Younesi *et al.*, 2015). رطوبت خاک مهمترین عامل محدودکننده خاک‌ورزی است؛ خاک‌ورزی در خاک مرطوب باعث فشردگی خاک و تخریب خاکدانه‌ها و در خاک خشک باعث افزایش مصرف

در آنها به ترتیب ۷۱، ۲۹، ۹ و ۹ لیتر در هکتار، میزان بقایای سطحی در آنها به ترتیب ۹۲، ۲۰۲، ۲۲۳۵ و ۲۲۳۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد دانه در آنها به ترتیب ۷۶۶، ۸۵۴، ۴۱۲ و ۵۱۴ کیلوگرم در هکتار است.

این پژوهش خاک‌ورزی با هدف بررسی اثر میزان رطوبت خاک پس از آبیاری، ماخار، بر جوانه‌زنی بذر و رویش علف‌های هرز پیش از کاشت محصول اصلی، و کارایی ماشین کارنده بی‌خاک‌ورز (از نظر شاخص‌های فنی و زراعی) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از: کاشت به صورت بی‌خاک‌ورزی در خاک خشک بدون ماخار (T1)، یک بار دیسک‌زدن در خاک خشک بدون ماخار+ کاشت با بی‌خاک‌ورز (T2)، ماخار+ کاشت با بی‌خاک‌ورز در خاک گاورو شده (T3)، ماخار+ کاشت نم‌کاری با بی‌خاک‌ورز در خاک مرطوب (T4)، و ماخار+ دو بار دیسک‌زدن+ کاشت با خطی‌کار (شاهد) (T5). مشخصات ماشین‌های مورد استفاده در این پژوهش، نوع عملیات خاک‌ورزی و کاشت برای هر یک از تیمارها و مشخصات خاک محل اجرای آزمایش به ترتیب در جداول ۱، ۲ و ۳ آمده است.

کاناکی و همکاران (Canakci et al., 2009) عملکرد یک ماشین بی‌خاک‌ورز برای کاشت ردیفی ذرت، پنبه و سویا را در خاک خشک و مرطوب (با بافت سیلتی رسی لومی) و در دو سطح بقایای کم و زیاد گندم بررسی کردند و دریافتند که کاشت به صورت بی‌خاک‌ورزی در خاک مرطوب، سبز شدن را برای هر سه محصول به تعویق می‌اندازد ولی درصد جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد. توزیع افقی و یکنواختی قرارگیری عمقی بذرها در خاک مرطوب و دارای بقایای کمتر، مناسب‌تر است. این محققان می‌گویند شاخص پراکنش کاشت برای ذرت و پنبه در هر دو خاک خشک و تر و برای سویا در خاک مرطوب در دامنه مناسب (کمتر از ۲۹ درصد) قرار داشته‌است و در خاک خشک نیز به دلیل آنکه آبیاری زمین پس از کاشت بذر و دمای هوا بالا و بافت خاک رسی است، سله بستن زمین مانع جوانه‌زنی کامل بذر سویا شده اما بر جوانه‌زنی بذر ذرت و پنبه تأثیر قابل توجهی نداشته است.

اوزان و همکاران (Uzun et al., 2012) با بررسی اثر روش‌های خاک‌ورزی مرسوم با گاوآهن برگرداندار+ دوبار دیسک‌زدن+ دوبار مال‌کشی، کم‌خاک‌ورزی با یک بار عبور رتیواتور، بی‌خاک‌ورزی در خاک مرطوب، و بی‌خاک‌ورزی در خاک خشک بر عملکرد دانه، مصرف انرژی و بازده اقتصادی سه رقم کنگد، نشان دادند که جوانه‌زنی در این روش‌ها به ترتیب ۵۳، ۵۰، ۳۶ و ۳۰ درصد، مصرف سوخت

جدول ۱- ویژگی ماشین‌ها و ادوات مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Characteristics of the machines and equipment used in the experiment

مشخصات فنی ماشین و ادوات Technical Characteristics	نام سازنده Company	نام ماشین و ادوات Type of machine and equipment
۱۶ پره، افست، عرض کار ۱/۷ متر Offset 16 disk, , 1.7m operation width	ایرانی (مدل برزیلی) Iranian	دیسک Disk harrow
کششی، دارای دو چرخ حامل، عرض کار ۳ متر، تنظیم دستی Pull type, Two-wheel drive, 3m operation width - Manual adjustment	شرکت بهراد نورد خراسان Behrad Navard Khorasan Co.	ماله leveler
عرض کار ۳ متر، ۲۰ ردیفه، فاصله خطوط کاشت ۱۵ سانتی‌متر، شیاربازکن بیلچه‌ای 3m operation width, 20 rows, 15cm distance between rows, Shovel farrow opener	ماشین برزگر همدان (KF 3-20/4) Hamadan Machine barzegar (KF 3-20/4)	جوی و پشته‌کار غلات Farrow seed drill machine
عرض کار ۳ متر، ۱۷ ردیفه، فاصله خطوط کاشت ۱۸ سانتی‌متر، شیاربازکن دیسکی 3m operation width, 17 rows, 18cm distance between rows, Disc farrow opener	گاسپاردو (Directa 300) Gaspardo Directa 300	ماشین کاشت مستقیم Direct seeder machine
۴ سیلندر- قدرت ۵۳ کیلووات 4 Cylinder - 53 kW	مسی فرگوسن ۲۸۵ Massey-Ferguson 285	تراکتور Tractor
۶ سیلندر- قدرت ۱۲۵ کیلووات 6 Cylinder - 125 kW	نیوهلند TM155 New Holland TM155	

جدول ۲- عملیات ماشینی انجام شده برای تیمارهای خاک‌ورزی-کاشت

Table 2- Farm machinery operations for tillage-planting methods

شرایط رطوبتی خاک و نوع و ترتیب عملیات تهیه بستر Soil moisture condition and operation type of Prepare the bed	نوع ماشین کارنده Type of Planter machine	تیمارها Treatments
بدون ماخار - بدون خاک‌ورزی No pre-planting irrigation+ Notillage	بی‌خاک‌ورز No-till seeder	T1
بدون ماخار + دیسک در خاک خشک No pre-plant irrigation+Disk in dry-bed condition	بی‌خاک‌ورز No-till seeder	T2
ماخار+بی‌خاک‌ورزی در خاک گاوروشده Pre-planting irrigation+ Seeding at field capacity soil moisture	بی‌خاک‌ورز No-till seeder	T3
ماخار+بی‌خاک‌ورزی در خاک مرطوب Pre-planting irrigation+ Seeding in wet soil condition	نم‌کاری با بی‌خاک‌ورز No-till seeder	T4
ماخار + دوبار دیسک+ماله pre-planting irrigation + Two passes of disk + Leveler	خطی کار مرسوم (شاهد) Conventional drill seeder (Check)	T5

جدول ۳- مشخصات خاک محل اجرای پژوهش (ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور)

Table 3- Soil characteristics of the research site (Shawoor Agricultural Research Station)

کربن آلی Organic carbon (%)	EC (dS/m)	pH	عناصر معدنی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Minerals (mg/kg)						بافت خاک Soil texture	عمق خاک deep soil (cm)
			P	K	Fe	Mn	Zn	Cu		
0.7	3.2	7.9	6.2	234	9	4	1	1.5	clay	0-30

شاهد، (T5)، کود پایه با سانتریفوژ پخش و بذر با خطی کار همدانی کاشته شد. در سایر تیمارها، کود پایه و بذر به‌طور همزمان با ماشین کارنده بی‌خاک‌ورز در کرت‌های آزمایشی در خاک قرار داده شد.

برای رعایت همزمانی تاریخ کاشت در کل آزمایش، نوار تیمار نم‌کاری حدود ۱۰ روز بعد از دیگر قطعات مآخار شد. در تیمارهای دارای مآخار T3 و T4، به‌منظور کنترل نسبی علف‌های هرز، دو روز قبل از کاشت از علف‌کش گراماکسون به‌مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. در تیمار شاهد، علف‌های هرز سبز شده به‌علت دوبار دیسک‌زدن از بین رفتند.

شاخص‌های مورد بررسی شامل مصرف سوخت، مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر، مقاومت نفوذی خاک، درصد سبز شدن بذرها، نوع و تعداد علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم بود. شاخص‌های مصرف سوخت و مدت زمان مورد نیاز برای عملیات ماشینی در زمینی به ابعاد مفید ۰/۳ هکتار (۱۰×۳۰ متر مربع) اندازه‌گیری شدند. برای تعیین مقدار سوخت مصرف شده، از روش باک‌پر استفاده گردید. زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر در هر یک از عملیات ماشینی نیز با استفاده از زمان‌سنج تعیین شد. در هر کرت آزمایشی، برای اندازه‌گیری عملکرد، اجزای عملکرد و شمارش تعداد علف‌های هرز، از یک کادر فلزی به ابعاد ۱×۱ متر مربع و در سه نقطه تصادفی استفاده شد. میانگین داده‌های هر سه بار نمونه‌برداری به‌عنوان مقدار آن شاخص در هر کرت در نظر گرفته شد. شاخص نفوذپذیری خاک با دستگاه نفوذسنج مدل Eijkelkamp ساخت کشور هلند تا عمق ۸۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. این شاخص در شرایط رطوبت وزنی خاک به‌میزان ۱۹/۵

در این پژوهش، میزان رطوبت وزنی خاک (بر مبنای وزن خشک) در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر در زمان اجرای آزمایش در تیمارهای T1 تا T4 به‌ترتیب برابر با ۱۴/۵، ۱۴/۵، ۱۹/۵ و ۲۴ درصد بود. تیمارهای با مآخار و بدون مآخار به‌منظور بررسی امکان حذف مآخار و کاشت گندم به‌صورت بی‌خاک‌ورزی در خاک خشک در نظر گرفته شد. دیسک‌زدن روی خاک خشک در T3 با هدف بررسی اثر سست کردن نسبی خاک خشک بر کارایی ماشین بی‌خاک‌ورز در شرایط نبود آب مآخار در نظر گرفته شد. نم‌کاری در T4 نیز به‌منظور بررسی امکان کاشت گندم به‌صورت بی‌خاک‌ورزی در شرایط رطوبتی بالای خاک و استفاده از رطوبت مآخار برای سبز شدن بذر انتخاب شده است.

مقدار مصرف بذر در تمامی تیمارها ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (۵۰۰ بذر در متر مربع) در نظر گرفته شد. طول و عرض هریک از کرت‌های آزمایشی ۲۰ و ۶ متر در نظر گرفته شد. زمینی که آزمایش‌ها در آن اجرا شد در سال قبل زیر کشت گندم و در تابستان آیش بوده است. قبل از اجرای آزمایش، برای تعیین مقدار بقایای گیاهی در سطح مزرعه، کادر یک در یک متر مربعی در پنج نقطه به‌صورت تصادفی انداخته و تمامی بقایای درون کادر کف‌بر و وزن شد. میانگین وزن بقایا ۴۸۶۸ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. میانگین ارتفاع بقایا ۲۴ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. کود پایه و سرک مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات خاک و آب شامل اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب ۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. کود سرک نیز شامل اوره به مقدار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود که در دو مرحله پنجه‌زنی و گلدهی در مزرعه پخش شد. در تیمار

کاشت بذر به‌ترتیب به‌میزان ۹/۰۸ لیتر بر هکتار و ۰/۳۵ ساعت بر هکتار و بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای به‌میزان ۲/۸۸ هکتار بر ساعت از روش ماخار+ کاشت با کارنده بی‌خاک‌ورز در خاک گاورو به‌دست آمد (جدول ۵). در T2، دیسک‌زدن قبل از کارنده بی‌خاک‌ورز، خرد کردن لایه سطحی خاک باعث کاهش مقاومت آن در برابر حرکت شیاربازکن کارنده و در نتیجه باعث کاهش مصرف سوخت شده است، اما دیسک‌زدن باعث افزایش معنی‌دار در مجموع مصرف سوخت، نسبت به تیمار T1، نیز شده است (جدول ۵). استفاده از بی‌خاک‌ورز در T1 باعث شده است تا مصرف سوخت، نسبت به روش مرسوم، از ۳۴/۱۱ به ۱۳/۶۵ لیتر بر هکتار برسد یعنی ۶۰ درصد کاهش یابد. علاوه بر این، آبیاری قبل از کاشت با کارنده بی‌خاک‌ورز در T3، مصرف سوخت را نسبت به T1 با ۳۳/۵ درصد کاهش، از ۱۳/۶۵ به ۹/۰۸ لیتر بر هکتار رسانده است.

درصد بر مبنای خاک خشک (گاورو بودن مزرعه) و برای هر کرت در سه نقطه به‌صورت تصادفی تعیین شد. زمان اندازه‌گیری یک ماه پس از کاشت بود.

نتایج و بحث

شاخص‌های فنی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تفاوت بین روش‌های خاک‌ورزی-کاشت از نظر مصرف سوخت، مدت زمان تهیه بستر و کاشت بذر و ظرفیت مزرعه‌ای در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). بیشترین مقدار مصرف سوخت و مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر به‌ترتیب ۳۴/۱۱ لیتر بر هکتار و ۲/۹۱ ساعت بر هکتار و کمترین ظرفیت مزرعه‌ای به‌میزان ۰/۳۴ هکتار بر ساعت از روش خاک‌ورزی-کاشت مرسوم (شاهد T5) به‌دست آمد. کمترین مصرف سوخت و مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و

جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص‌های فنی برای روش‌های مختلف خاک‌ورزی- کاشت

Table 4- Analysis of variance of technical indices for tillage and planting methods

ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity (ha. h ⁻¹)	میانگین مربعات (Mean Square)	مصرف سوخت Fuel consumption (lit.ha ⁻¹)	درجه آزادی df	منابع تغییرات s.o.v
0.29	0.004	0.547	2	تکرار Replication
3.59 **	3.58 **	318.32**	4	روش خاک‌ورزی-کاشت Tillage-Planting Method
0.012	0.06	0.161	8	خطا error

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪

** Significant difference at 1% level

جدول ۵- مقایسه و گروه‌بندی میانگین شاخص‌های فنی برای روش‌های مختلف خاک‌ورزی-کاشت

Table 5- Comparison and grouping of technical Indices average for tillage and planting

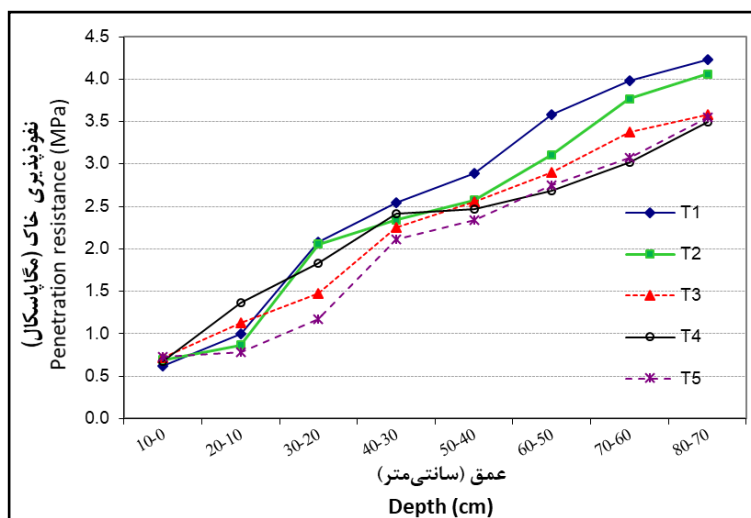
ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity (ha. h ⁻¹)	مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر Required times for bed preparation and seeding (h ha ⁻¹)	مصرف سوخت Fuel consumption (lit.ha ⁻¹)	تیمار Treatment
2.11 c	0.48 c	13.65 c	T1
1.64 d	0.61 b	22.74 b	T2
2.88 a	0.35 d	9.08 e	T3
2.50 b	0.40 cd	11.35 d	T4
0.34 e	2.19 a	34.11 a	T5 (Check)

*در هر ستون، اعداد با حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌دار ندارند.

*Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P < 0.05$)

حدود ۰/۷ مگاپاسکال است، اما با افزایش عمق، نفوذپذیری خاک در همه تیمارها روند افزایشی دارد (شکل ۱). در لایه سطحی ۰-۲۰ سانتی‌متر، بیشترین مقدار تراکم خاک در روش نم‌کاری (T4) ایجاد شده است. در این روش، بالا بودن رطوبت خاک سطحی باعث شده تا ساختمان خاک استحکام کافی نداشته باشد و در اثر وزن ماشین به‌میزان زیادی فرو بنشیند و فشرده شود. بیشترین مقدار تراکم خاک در لایه عمقی ۸۰-۲۰ سانتی‌متر در روش بی‌خاک‌ورزی در خاک خشک به‌دست آمده است. در T2، یک بار دیسک زدن باعث شده که نفوذپذیری خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متر کاهش یابد، اما این شاخص در عمق ۳۰ سانتی‌متر به‌علت فشار ناشی از وزن تراکتور و دیسک به‌شدت افزایش یافته به بیش از ۲ مگاپاسکال رسیده است (شکل ۱). معمولاً نفوذپذیری بالای ۲ مگاپاسکال به‌عنوان مقاومت بحرانی برای نفوذ ریشه گندم در نظر گرفته می‌شود. برای تیمارهای T1 تا T5، نفوذپذیری بالای ۲ مگاپاسکال به‌ترتیب در عمق‌های ۲۷، ۲۷، ۳۵، ۳۲ و ۳۳ سانتی‌متر ایجاد شد و لذا با توجه به افشان بودن ریشه‌های گندم، مشکل خاصی از لحاظ فشردگی خاک ملاحظه نگردید.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط بدون ماخار و رطوبت پایین، ذرات خاک در اثر بالا بودن نیروهای هم‌چسبی، به هم می‌چسبند و منسجم هستند و در برابر برش با شیاربازکن‌ها مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهند. این نتیجه با یافته‌های باقریه و فارسی‌جانی (Bagherieh & Farsijani, 2015) همخوانی دارد که می‌گویند هرچه میزان مکش اولیه خاک بیشتر باشد (و به‌سخنی دیگر هرچه مقدار رطوبت خاک کمتر باشد)، مقاومت برشی بیشینه آن بیشتر است. در خاک گاورو (T3) با افزایش مقدار رطوبت، مولکول‌های آب با تجمع بر سطح ذرات خاک خاصیت هم‌چسبی آنها را کاهش و خاصیت تردی و از هم‌پاشیدگی را در خاک افزایش می‌دهند که نتیجه آن کاهش مصرف سوخت است. این نتایج با یافته‌های باقریه و فارسی‌جانی (Bagherieh & Farsijani, 2015) و یافته‌های کپنر و همکاران (Kepner et al., 1972) همخوانی دارد که گفته‌اند هرچه نمونه خاک به حالت اشباع نزدیک‌تر می‌شود (هرچه رطوبت بالاتر رود)، مقدار تنش برشی بیشینه خاک کمتر می‌شود. بررسی تراکم خاک در یک ماه پس از کاشت نشان می‌دهد که نفوذپذیری خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری برای تمامی تیمارها تقریباً یکسان و



شکل ۱- تأثیر روش‌های خاک‌ورزی-کاشت بر میزان نفوذپذیری خاک
 Fig. 1- Effect of tillage-planting methods on soil penetration resistance

شاخص‌های زراعی

علف‌های هرز

بیشترین تراکم علف‌هرز، به‌میزان ۴۲/۳۴ و ۳۹ عدد در متر مربع، به‌ترتیب در تیمارهای T4 و T3 به‌دست آمد اما در روش شاهد (T5)، کم‌خاک‌ورزی با دیسک و به‌دنبال آن کنترل شیمیایی در مراحل بعدی رشد باعث شده است تا بخشی از بوته‌های گیاهان هرز که با رطوبت ماخار و پس از آن سبز شده بودند از بین برود (جدول ۶).

در فاصله زمانی بین ماخار تا گاو رو شدن در T3، زمین، بذر علف‌های هرز با استفاده از رطوبت ماخار جوانه زده است، گیاهچه‌ها مراحل اولیه استقرار را پشت سر گذاشته‌اند، و پیشی گرفتن رشد رویشی گیاهچه‌های علف‌هرز نسبت به گندم باعث کاهش قدرت رقابت بوته‌های گندم در برابر علف‌های هرز شده است. با کاشت مستقیم گندم با کارنده بی‌خاک‌ورز و زیر و رو نشدن خاک، گیاهچه‌های علف‌های هرز تا حد زیادی دست نخورده باقی مانده‌اند. علاوه بر این، اختلاف فاز رویشی بین

گیاهچه علف‌های هرز و گندم موجب شده کاربرد علفکش کارایی لازم را نداشته باشد. در چنین شرایطی، ضریب پنجه‌زنی گندم کاهش و تعداد سنبله در متر مربع، نسبت به تعداد بوته سبز شده، به‌میزان کمتری افزایش یافته است؛ نتیجه این شرایط کمترین عملکرد دانه است که در جدول‌های ۶ و ۸ دیده می‌شود.

در روش نم‌کاری گندم با کارنده بی‌خاک‌ورز (T4)، هرچند در مراحل اولیه رشد گندم تراکم بالایی از علف‌های هرز باریک‌برگ (مانند تیمار T3) دیده شده است، اما به‌علت کوتاه بودن فاصله زمانی ماخار تا کاشت گندم و کم بودن اختلاف فاز رویشی بین گیاهچه‌های علف‌هرز و گندم، کاربرد علفکش به‌طور مؤثری علف‌های هرز را کنترل کرده عملکرد بالایی به‌میزان ۵۱۶۸ کیلوگرم بر هکتار از این تیمار به‌دست آمده است. این نتایج با یافته‌های چوهوکار و همکاران (Chhokar et al., 2007)، مبنی بر افزایش تراکم علف‌های هرز در کاشت گندم پس از برنج به روش بی‌خاک‌ورزی، مطابقت دارد.

جدول ۶- نوع و تعداد علف‌های هرز در روش‌های خاک‌ورزی- کاشت

Table 1- Type and number of weeds in tillage-planting methods

تیمار	نوع علف‌هرز	تعداد علف‌هرز در متر مربع	جمع تعداد علف‌هرز در متر مربع
Treatment	Weed type	Weeds Number per m ²	Total number of weeds
T1	برگ‌پهن (wide leaf)	0.67	1.00
	باریک‌برگ (Narrow leaf)	0.33	
T2	برگ‌پهن (wide leaf)	2.00	4.33
	باریک‌برگ (Narrow leaf)	2.33	
T3	برگ‌پهن (wide leaf)	2.67	42.34
	باریک‌برگ (Narrow leaf)	39.67	
T4	برگ‌پهن (wide leaf)	0.00	39.00
	باریک‌برگ (Narrow leaf)	39.00	
T5	برگ‌پهن (wide leaf)	1.33	7.33
	باریک‌برگ (Narrow leaf)	6.00	

تعداد بوته سبز شده در متر مربع

تجزیه واریانس دو ساله داده‌ها نشان می‌دهد که تفاوت روش‌های مختلف خاک‌ورزی-کاشت از نظر تعداد بوته سبز شده در متر مربع در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۷). بیشترین تعداد بوته در متر مربع (به‌میزان ۳۶۷ و ۳۶۴) به‌ترتیب در تیمارهای T4 و T5 به دست آمده است (جدول ۸). کمترین تعداد بوته در متر مربع در روش کاشت بی‌خاک‌ورزی در خاک خشک (T1 و T2) دیده می‌شود، زیرا در این تیمارها، تعدادی از بذرهای گندم با خاک شیار کاشت تماس کافی نداشته‌اند، با آبیاری جابه‌جا شده‌اند، و با قرار گرفتن بر سطح خاک قادر به جوانه‌زنی نبوده‌اند. به‌نظر می‌رسد که

میزان نفوذ شیاربازکن کارنده بی‌خاک‌ورز در خاک خشک کاهش یافته و ماشین کارنده قادر نبوده است تا بذر را در عمق مناسب قرار دهد و روی آن را بپوشاند. در تیمارهای مرسوم و بی‌خاک‌ورزی پس از ماخار، این مشکل کمتر دیده می‌شود و عملکرد ماشین کارنده بی‌خاک‌ورز از نظر تعداد بوته در واحد سطح برای نم‌کاری در خاک مرطوب، مناسب است. این نتایج با یافته‌های دیگر محققان همخوانی دارد که در خصوص در محصولات مختلف گفته‌اند بین میزان یکنواختی عمق قرارگیری بذر و تعداد بوته سبز شده در واحد سطح ارتباط مستقیم وجود دارد (Özmerzi *et al.*, 2002; Karayel & Özmerzi, 2007; Canakci *et al.*, 2009)

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر روش خاک‌ورزی-کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 7- Analysis of Variance of tillage- planting effect on wheat yield and its components

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	تعداد بوته در متر مربع (Plant per m ²)	وزن هزاردانه (thousand kernels weight (g)	عملکرد دانه (Grain yield (kg.ha ⁻¹)	تعداد سنبله در متر مربع (spike per m ²)	تعداد دانه در سنبله (Grains per Spike)
سال (Year (Y)	1	185206 **	7.27 **	11199530 **	39110 **	126 ns
خطا (Error)	4	1043	0.04	14415	1785	21.6
روش خاک‌ورزی-کاشت (Tillage-Planting Method(T)	4	6313 **	7.31 **	1822238 **	9767 **	18.4 ns
اثر متقابل (Interaction Y*T)	4	3299 **	19.5 **	319917 ns	1665 *	9.86 ns
خطا b (Error b)	16	350	0.77	136678	475	19.94
ضریب تغییرات (Coefficient of Variation)		5.7	7.5	7.9	6.3	11.1

***, ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار.

***, ** and ns indicate significance respectively at the level of one percent, five percent and not statistically significant

جدول ۸- مقایسه و گروه‌بندی میانگین شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد گندم در روش‌های خاک‌ورزی-کاشت

Table 8- Comparison and grouping average of yield and its components indices for tillage and planting methods

تیمار (Treatment)	تعداد بوته در متر مربع (Plant per m ²)	تعداد سنبله در متر مربع (spike per m ²)	تعداد دانه در سنبله (Grains per Spike)	وزن هزاردانه (thousand kernels weight (g)	عملکرد دانه (Grain yield (kg.ha-1)
سال (Year)					
Y1	251 ^b	312 ^b	38.37 ^a	35.05 ^a	4082 ^b
Y2	409 ^a	384 ^a	42.47 ^a	33.06 ^b	5304 ^a
روش خاک‌ورزی-کاشت (Tillage-Planting Method)					
T1	303 ^b	336 ^c	38.78 ^a	33.37 ^c	4226 ^c
T2	303 ^b	354 ^{bc}	41.16 ^a	33.64 ^{bc}	4734 ^b
T3	314 ^b	285 ^d	42.26 ^a	34.37 ^b	4048 ^c
T4	364 ^a	385 ^a	38.34 ^a	35.74 ^a	5168 ^{ab}
T5	367 ^a	379 ^{ab}	41.57 ^a	33.15 ^c	5287 ^a

*در هر ستون، اعداد با حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد (P<0.05) اختلاف معنی‌دار ندارند.

*Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

وزن هزاردانه خاک ماخار شده گاوو (T3) به‌دست آمده است و

کمترین مقدار نیز در تیمار شاهد، با متوسط ۳۳/۱۵ گرم، دیده می‌شود (جدول ۸). در تیمار شاهد، با افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه کاهش یافته زیرا مواد ذخیره‌ای بین تعداد بیشتری دانه تقسیم شده است. نتایج تحقیقات امینی و همکاران (Amini et al., 2014) نیز نشان می‌دهد وزن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تأثیر روش‌های خاک‌ورزی-کاشت بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۷). بیشترین وزن هزار دانه، به‌میزان ۳۵/۷۴ و ۳۴/۳۷ گرم، به‌ترتیب از تیمارهای نم‌کاری (T4) و کاشت با کارنده بی‌خاک‌ورز در

کاهش زیاد عملکرد دانه در T3، ناشی از سبزی شدن زودهنگام علف‌های هرز با استفاده از رطوبت ماکار و رقابت شدید آنها با گندم است. علاوه بر این، اختلاف فاز رویشی بین گیاهچه‌های علف‌هرز و گندم موجب شده تا کاربرد علفکش نیز برای کنترل علف‌های هرز کارایی لازم را نداشته باشد. چیرگی علف‌های هرز در T3 باعث کاهش ضریب پنجه‌زنی گندم شده تعداد سنبله را در متر مربع، نسبت به تعداد بوته سبز شده، به میزان کمتری افزایش داده است و در نتیجه کمترین عملکرد دانه از این تیمار به دست آمده است (جدول ۶ و ۸). نتایج این پژوهش با یافته‌های صادق‌نژاد و اسلامی (Sadeghinejhad & Eslami, 2006)، مبنی بر کاهش عملکرد دانه گندم در روش بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کامل با شخم و برگردان کامل خاک، همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

- از نظر عملکرد دانه در واحد سطح، روش‌های خاک‌ورزی-کاشت مرسوم (T5) و نم‌کاری گندم با کارنده بی‌خاک‌ورز (T4)، با عملکرد ۵۲۸۷ و ۵۱۶۸ کیلوگرم بر هکتار از دیگر تیمارها برترند.

- در صورت وجود آب و فرصت کافی برای ماکار، روش ماکار+نم‌کاری با کارنده بی‌خاک‌ورز (T4) پیشنهاد می‌شود؛ دلایل این پیشنهاد عبارت‌اند از: حذف‌شدن آبیاری اول و جوانه‌زنی بذرها گندم با رطوبت موجود در خاک، کاهش مصرف سوخت (در این تحقیق از ۲۳/۴۴ به ۱۱/۳۵ لیتر بر هکتار) و کوتاه بودن مدت زمان مورد نیاز برای خاک‌ورزی-کاشت (در این

هزاردانه گندم در روش بی‌خاک‌ورزی، در مقایسه با سایر روش‌های خاک‌ورزی، بیشتر است.

عملکرد دانه

از نظر عملکرد دانه، بین روش‌های خاک‌ورزی-کاشت تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۷). بیشترین میزان عملکرد دانه، ۵۲۸۷ و ۵۱۶۸ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب در تیمارهای شاهد (T5) و نم‌کاری با کارنده بی‌خاک‌ورز (T4) و کمترین آن، به‌میزان ۴۰۴۸ کیلوگرم در هکتار، از تیمار کاشت به‌صورت بی‌خاک‌ورزی در خاک ماکار شده گاو (T3) به‌دست آمده است (جدول ۸). روش یک بار دیسک‌زدن در خاک خشک بدون ماکار و کاشت با کارنده بی‌خاک‌ورز (T2) نیز، با عملکرد ۴۷۳۴ کیلوگرم بر هکتار، در رتبه سوم قرار دارد و از تیمارهای T1 و T3 برتر است (جدول ۸). افزایش عملکرد در تیمارهای برتر ناشی از کنترل رقابت علف‌های هرز، پوشش بهتر زمین با افزایش تعداد بوته سبز شده در واحد سطح، و افزایش تعداد سنبله در واحد سطح است. این نتیجه با یافته‌های روزبه و پوسکانی (Roosbeh & Pooskani, 2003) مطابقت دارد.

در T4، علاوه بر کاهش در مصرف انرژی و مدت زمان اجرای عملیات ماشینی نسبت به T1، T2 و T5 (جدول ۵)، مرحله رشدی علف‌های هرز و گندم نیز نسبت به T3 تطابق بیشتری یافته و کاربرد سموم علفکش موفقیت‌آمیزتر بوده است. در این تیمار، به‌علت سبزی شدن بذر گندم با رطوبت موجود در خاک، نیازی به آب اول (سبز آب) نبوده و یک بار آبیاری از تعداد آبیاری‌های مزرعه کاسته شده است.

تحقیق از ۱/۴۳ به ۰/۴۰ ساعت بر هکتار) نسبت به به‌علت تولید دانه بیشتر و کاهش مصرف سوخت کاهش در شاهد.
- در صورت نبود فرصت یا آب کافی برای مآخار، روش یک بار دیسک‌زدن سبک بدون مآخار+ کارنده بی‌خاک‌ورز، مدت زمان مورد نیاز برای تهیه بستر و کاشت بذر (در این تحقیق به ترتیب ۴۷۳۴ کیلوگرم بر هکتار، ۳۰ درصد و ۵۷ درصد) نسبت به شاهد، پیشنهاد می‌گردد.

مراجع

- Ahmadi, I., & Ghaur, H. (2015). Effects of soil moisture content and tractor wheeling intensity on traffic-induced soil compaction. *Journal of Central European Agriculture*, 16(4), p. 489-502.
- Amini, A., Rajaie, M., & Farsinezhad, K. (2014). Effects of different plant residue under different tillage practices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 6, p. 27-37. (in Persian)
- Bagherieh, A. R., & Farsijani, A. (2015). The effect of moisture content on the shear strength parameters of plastic fine soils. *Modares Civil Engineering Journal*. 14(3), p. 31-41.
- Baker, C. J., Saxton, K. E., & Ritchie, W. R. (2002). *No-tillage Seeding*. Science and Practice. CAB International. New York.
- Brown, N. J., & North, P. F. (1984). Tillage under controlled conditions: its effect on emergence and yield of spring barley. *The Journal of Agricultural Science*, 102, p. 181-189.
- Canakci, M., Karayel, D., Popakci, M., & Koc, A. (2009). Performance of a no-till seeder under dry and wet soil conditions. *Applied Engineering in Agriculture*, 25, p. 459-465.
- Chhokar, R. S., Sharma, R. K., Jat, G. R., Pundir, A. K., & Gathala, M. K. (2007). Effect of tillage and herbicides on weeds and productivity of wheat under rice-wheat growing system. *Crop Protection*, 26, p. 1689-1696.
- Dehghan, E., & Almasi, M. (2009). Comparison of some technical indexes on conventional tillage with reduced tillage methods. *JWSS- Isfahan University of Technology*, 13, p. 679-690. (in Persian)
- Dehghan, E. (2009). The effects of tillage methods and seed rates on yield and yield components of wheat in south Khuzestan. *Research Report*. Project No. 88/1220. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Dexter, A. R. and Bird, N. R. A. (2001). Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. *Soil and Tillage Research*, 57, p. 203-212.
- Droogers, P., Fermont I. A., & Bouma J. (1996). Effects of ecological soil management on workability and trafficability of a loamy soil in the Netherlands. *Geoderma*, 73, p. 131-145.
- Grisso, R. D., Holshouser, D. L., & Pitman, R. M. (2009). *Equipment Considerations for No-Till Soybean Seeding*. Virginia Polytechnic Institute and State University.

- Karayel, D., & Özmerzi, A. (2007). Effect of furrow openers and depth control units of a seeder on field seedling emergence. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 20, p. 153-161.
- Kepner, R. A., Bainer, R., & Barger, E. L. (1972). *Principles of Farm Machinery*. The AVI Publication Co., Inc., Westport, Connecticut.
- Khani, M., Keyhani, A., Parsinejad, M., & Alimardani, R. (2011). Verification and sensitivity analysis of a model for determination of probability of a working day for tillage. *International Agrophysics*, 25: 27-35.
- Özmerzi, A., Karayel, D., & Topakci, M. (2002). Effect of sowing depth on precision seeder uniformity. *Biosystems Engineering*, 82, p. 227-230.
- Roosbeh, M., & Pooskani, M. (2003). The effect of different tillage methods on wheat yield when in rotation with corn. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 34, p. 29-38. (in Persian)
- Rounsevell, M. D. A., & Jones, R. J. A. (1993). A soil and agroclimatic model for estimating machinery workdays: the basic model and climatic sensitivity. *Soil Tillage Research*. 26, p. 179-191.
- Sadeghinejad, H., & Eslami, K. (2006). The comparison of wheat yield under different tillage methods. *Journal of Agricultural Sciences*, 12, p. 103-112. (in Persian)
- Uzun, B., Yol, E., Furat, Ş., Topakci, M., Canakci, M., & Karayel, D. (2012). The effects of different tillage methods on the post-wheat second crop sesame: seed yield, energy budget, and economic return. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36, p. 399-407.
- Younesi, A. M., Solhjo, A. A., Sharifi, A., Javadi, A., Ashrafizadeh, S. R., & Taki, O. (2015). Conservation tillage and application guide. *Research Report*. Agricultural Engineering Research Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

The Effect of Soil Moisture Conditions on No-Till Seeder Performance and Irrigated Wheat Yield

E. Dehghan^{*} and S. M. J. Afzali

* Corresponding Author: Assistant professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. Email: elyas_dehghan@yahoo.com

Received: 30 January 2019, Accepted: 13 April 2019

Abstract

In dry clay soils, farmers irrigate the farm before tillage (pre-planting irrigation or PI) to reduce the soil resistance then tilling when the soil moisture sufficiently reduced for machine traffic. In this experiment, Five tillage-planting methods included direct drilling or seeding without PI (T1), tilling with disk harrow (one pass) before direct seeding without PI (T2), direct seeding at field capacity condition of soil after PI (T3), direct seeding at high soil moisture condition after PI (T4), tilling with disk harrow (two passes), leveling, and seeding with traditional seeder (control T5) were compared in a randomized complete block design with three replications in terms of fuel consumption, operation time, plant number per square meter, number of weeds and grain yield of wheat. Results showed that T5 and T4 with a grain yield of 5287 and 5168 kg/ha, were superior to other treatments. The highest number of weeds obtained in T3 with 42.34 m⁻², while in T5, most of the weed controlled by disposing of the disk and decreased to 7.33 m⁻². Finally, in the presence of enough water and time for PI T4 was better than T5 and recommended due to the lack of first irrigation and germination of wheat seeds with moisture in the soil, reduced fuel consumption from 34.11 to 11.35 lit/ha and reduce time required for tillage-planting operation from 2.91 to 0.40 h/ha compared to the control. Otherwise, T2 with grain yield of 4734 kg/ha is recommended, due to 30% reduction in fuel consumption and a reduction of 57% in time required than the control.

Key words: Bed Preparation, Direct Seeding, Pre-Planting Irrigation, Wet Planting