مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۵/ شماره ۲/سال ۱۳۹۳/ص ٦٢-٤٥

تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و کاشت برنج بر پارامترهای فنی ماشین، عملکرد و اجزای عملکرد گندم و مدیریت بقایا در تناوب برنج–گندم در خوزستان

جعفر حبیبی‌اصل* و عبدالعلی گیلانی**

* نگارنده مسئول: نشانی: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ص. پ. ۳۳۴۱-۶۱۳۳۵، تلفن: ۳۷۳۷۴۰۰(۰۶۱۱)، نمابر: ۳۷۳۷۳۵(۰۶۱۱)، پیام‌نگار: jhabibi139@yahoo.com

** به‌ترتیب: استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی و استادیار بخش تحقیقات برنج مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۵/۱۸

چکیده

پسماندهای بیش از ٦٠ هزار هکتار از برنجزارهای دشت خوزستان، بالا بودن درصد رطوبت زمین (به‌علت پایین بودن تبخیر و تعرق و سنگین بودن بافت خاک)، محدود بودن زمان و احتمال بارندگی، انجام عملیات تهیهٔ زمین به‌روش مرسوم را به‌منظور کشت گندم پس از برنج با مشکلاتی روبه‌رو می‌کند. برای ارائهٔ بهترین روش خاک‌ورزی از نظر مدیریت بقایا، کاهش مصرف سوخت و هزینه‌ها، با حفظ یا افزایش عملکرد محصول و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، پژوهشی طی دو سال زراعی (۹۱-۱۳۸۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور واقع در شمال اهواز به‌صورت کرت‌های نواری خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوارهای طولی شامل هفت روش خاک‌ورزی T1= شخم با گاوآهن برگردان‌دار+ دیسک+ ماله (روش مرسوم)، T2= گاوآهن قلمی+ دیسک+ ماله، T3= گاوآهن قلمی+ رتیواتور، T4= دیسک + رتیواتور، T5= دو بار دیسک عمود برهم+ ماله، T6= یک بار رتیواتور و T7= روش بی‌خاک‌ورزی با استفاده از دستگاه کاشت مستقیم در نظر گرفته شد. نوارهای عرضی نیز شامل فاکتوریل بقایای گیاهی دو رقم برنج عمده منطقه (دانیال و عنبوری) در دو روش کشت برنج (استفاده از روش پادلینگ و روش خشکه‌کاری مستقیم) بود. پارامترهای مورد اندازه‌گیری و ارزیابی عبارت بودند از مقدار سوخت مصرف شده، زمان مورد نیاز، ظرفیت مزرعه‌ای، میزان خرد و برگردان شدن بقایای برنج، میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها، و عملکرد و اجزای عملکرد گندم. نتایج نشان می‌دهد که نوع بقایا و روش کاشت برنج قبل از گندم تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای مورد ارزیابی ندارد، ولی بین روش‌های خاک‌ورزی از لحاظ میزان خرد شدن خاک، درصد خرد شدن و برگردان بقایا اختلاف معنی‌دار است. متوسط عملکرد دانهٔ گندم در تیمارهای سال دوم آزمایش، نسبت به تیمارهای سال اول، به‌طور معنی‌داری ۹/٦ درصد کاهش نشان می‌دهد. به‌طور کلی، بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، برای کشت گندم پس از برنج در استان خوزستان، بسته به نوع ماشین‌ها و ادوات در دسترس، به‌ترتیب اولویت، یکی از روش‌های بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی شامل دو بار دیسک + ماله، گاوآهن قلمی+ دیسک + ماله یا یک بار گاوآهن دوار (رتیواتور) به‌جای روش مرسوم پیشنهاد می‌شود.

واژهای کلیدی

بقایای برنج، بی‌خاک‌ورزی، عملکرد، کم‌خاک‌ورزی، گندم

مقدمه

انتخاب نوع ادوات برای خاک‌ورزی مناسب بر اساس شرایط هر منطقه از جمله آب و هوا، نوع خاک، نوع بقایای گیاهی، قدرت کششی در دسترس و غیره، در بسیاری از مناطق دنیا و از جمله در ایران نیاز به بررسی و پژوهش دارد. روش مطلوب تهیه زمین، روشی است که با کمترین

تردد ماشین در زمین و صرف زمان، انرژی و هزینه کمتر، بستری مناسب برای کاشت و رشد گیاه، نفوذ آب و تهویه بهتر خاک فراهم شود، بقایای گیاهی به شکلی مناسب مخلوط شوند و از فرسایش خاک جلوگیری شود؛ این روش می‌تواند در عملکرد نهایی محصول که از اهداف آن به‌شمار می‌رود، تأثیر بسزایی داشته باشد (Habibi Asl, 2001).

محققان، مدیریت بقایای گیاهی را یکی از روش‌های اصلاح و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، کاهش شدت تبخیر قبل از سایه انداختن کامل گیاه اصلی و حفاظت از محیط زیست در مقابل گرم شدن ذکر کرده‌اند. ولی کشاورزان در اکثر مناطق ایران، بقایای گیاهی را که منبع اصلی تأمین کربن تازه برای تولید بیوماس میکروبی، افزایش جمعیت انواع کرم‌های خاکی و بهبود حاصلخیزی خاک از مزرعه بیرون می‌برند و ته ساقه‌های ایستاده را می‌سوزانند و یا برای چرای دام از آن استفاده می‌کنند (Asadi *et al*., 2011).

مدیریت بقایای گیاهی در تناوب برنج-گندم اهمیت خاصی دارد، به‌خصوص زمانی که برای برداشت از کمباین برنج استفاده می‌شود. سوزاندن بقایا تا ۸۰ درصد نیتروژن (Raison, 1979)، ۲۵ درصد فسفر و ۲۱ درصد پتاس (Ponnamperuma, 1984)، و ۶۰-۴ درصد گوگرد را از بین می‌برد و باعث آلودگی معنی‌دار هوا، نابودی جانوران مفید خاک و میکروارگانیسم‌ها می‌شود. تنها نکته مفید سوزاندن بقایا، نابودی آفات و عوامل بیماری‌زاست (Lefroy *et al*., 1994). روش بهتر، مخلوط کردن بقایا با خاک است، ولی تجزیه آنها در خاک آهسته است. از طرفی، نیترات خاک از حرکت خارج می‌شود و نیتروژن قابل جذب گیاه کاهش می‌یابد؛ در برخی موارد کاهش عملکرد گندم تا ۴۰ درصد نیز گزارش شده است (Sidhu & Beri, 1989). ولی استفاده صحیح از کود نیتروژن همراه بقایا می‌تواند عملکرد محصول را افزایش دهد. بقایای مانده بر سطح خاک، تبخیر آب، سله بستن و پوسته بستن خاک را محدود می‌کند و در نتیجه باعث تقویت نفوذپذیری خاک و کاهش فرسایش آن می‌شود. به هر حال، مخلوط کردن بقایا در خاک به کمک ادوات کشاورزی، نسبت به سوزاندن آن، ارجح است (Mahapatra *et al*., 1991).

در تناوب برنج-گندم، بر حسب شرایط آب و هوایی، زمان کاشت گندم متفاوت است. نوع عملیات تهیه زمین نیز بسته به نوع خاک متفاوت است ولی محدودیت زمانی وجود خواهد داشت. از طرفی، روی آوردن به عملیات پیچیده و زیاد خاک‌ورزی، مصرف انرژی را بالا برده و کاشت گندم را نیز به تعویق می‌اندازد که منجر به کاهش عملکرد آن می‌شود (Singh *et al*., 2004; Tripathi *et al*., 2005). در تحقیقات انجام یافته در هندوستان و دیگر نقاط برنج‌خیز جهان، بر این موضوع تاکید شده است که با اعمال روش‌های مناسب خاک‌ورزی حفاظتی، عملیات کاشت می‌تواند در زمان مناسب و با حداقل هزینه انجام پذیرد (Hoobs *et al*., 1988).

در تحقیقات گنگ‌وار و همکاران (Gangwar *et al*., 2006) آزمایش سه ساله‌ای به‌منظور بررسی تأثیر سه روش خاک‌ورزی (مرسوم، بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی نواری) در دو سطح نیتروژن پایه (۱۵۰ و ۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار) و سه مدیریت بقایا (حذف بقایا، سوزاندن و مخلوط کردن با خاک) در کشت گندم پس از برنج انجام گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که کم‌خاک‌ورزی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد گندم (۵/۱ تن در هکتار) در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم (۴/۶ تن در هکتار) و بی‌خاک‌ورزی (۴/۷۵ تن در هکتار) شده است. بیشترین عملکرد گندم (۶/۱ تن در هکتار) مربوط به تیمار کم‌خاک‌ورزی و مخلوط کردن بقایا با خاک است.

در تحقیقی دیگر تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و بودن یا نبودن بقایای گیاهی بر خواص فیزیکی خاک و عملکرد محصول برنج و گندم در یک دوره تناوبی چهار ساله در هندوستان و در یک خاک سیلتی-رسی- لومی بررسی شد. تیمارهای تهیه زمین برای کاشت برنج شامل روش‌های مختلف پادلینگ و کشت مستقیم برنج بود. تیمارهای خاک‌ورزی برای کشت گندم نیز شامل بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم با و بدون بقایای گیاهی بود. نتایج تأثیر تهیه زمین (که قبلاً در آن برنج کشت شده است) بر عملکرد گندم نشان داد که کمترین عملکرد در تیمارهای پس از پادلینگ است، به‌دلیل افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک، و بیشترین عملکرد مربوط به تیمارهای پس از روش کشت مستقیم برنج است. وجود بقایای گیاهی در خاک در هر دو روش خاک‌ورزی گندم باعث افزایش عملکرد محصول در دوره چهارساله گردید. در نهایت چنین توصیه شد که به‌منظور افزایش مقاومت خاک به فرسایش، افزایش حاصلخیزی و پایداری کشاورزی، بقایای گیاهی باید در زمین بماند (Tripathi *et al.*, 2007).

در مقایسه‌ای بین روش‌های مکانیکی خرد کردن بقایای گیاهی برنج و مخلوط کردن آنها با خاک، چنین نتیجه گرفته شد که تأثیر ساقه خردکن در خرد کردن بقایا بهتر از سایر ادوات است. همچنین، درصد برگردان بقایا در تیمارهایی بیشتر است که از گاوآهن برگردان‌دار استفاده شده است (Khosravani & Solhjoo, 2002).

بر اساس سابقه تحقیقات در داخل و خارج از کشور، چنین استنتاج می‌شود که در تناوب برنج-گندم، وجود بقایای پس از برداشت برنج، بالا بودن درصد رطوبت خاک و محدودیت زمانی، عوامل مهمی در به تاخیر انداختن تهیه زمین و کشت گندم هستند. از طرفی، روش‌های کشت برنج در منطقه (پادلینگ و خشکه‌کاری) نیز ممکن است بر خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد محصول گندم پس از آن تأثیر داشته باشند. در منطقه خوزستان نیز شرایط مشابهی در تناوب برنج-گندم وجود دارد و متأسفانه اغلب کشاورزان هنوز از سیستم سوزاندن بقایا و خاک‌ورزی مرسوم برای کشت گندم استفاده می‌کنند. از این رو برای حل مشکلات فوق و ارائه بهترین روش از نظر مدیریت بقایا، کاهش سوخت مصرفی و پائین آوردن هزینه‌ها و بهبود شرایط خاک، پژوهش حاضر با در نظر گرفتن شرایط در منطقه شاوور خوزستان پیشنهاد و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ و ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور واقع در ۶۰ کیلومتری شمال اهواز اجرا شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۳۲ متر، میانگین بارندگی ۲۰ ساله، میانگین حداقل و حداکثر دمای روزهای سال به‌ترتیب ۲۴۲ میلی‌متر، ۱۹ و ۳۳ درجه سلسیوس است. بافت خاک محل آزمایش لوم- سیلتی- رسی، pH آن حدود ۷/۶ و شوری خاک ۲ تا ۳ دسی‌زیمنس بر متر است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های نواری خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوارهای طولی به ابعاد ۳۲×۹ متر و به‌فاصله یک متر از یکدیگر شامل هفت روش خاک‌ورزی T1- شخم با گاوآهن برگردان‌دار+ دیسک+ مالچ (تیمار شاهد)، T2- گاوآهن قلمی+ دیسک، T3-گاوآهن قلمی+ رتیواتور، T4- دیسک + رتیواتور، T5- دو بار دیسک، T6- رتیواتور و T7- روش بی‌خاک‌ورزی در نظر گرفته شد. نوارهای عرضی نیز به ابعاد ۷۰×۷ متر و به فاصله یک متر از یکدیگر شامل فاکتوریل بقایای گیاهی دو رقم برنج عمده منطقه (LD183 و عنبوری) در دو روش کشت برنج (استفاده از روش پادلینگ و نشاکاری و روش خشکه‌کاری مستقیم) بود (جدول ۱). در تحقیق حاضر، میزان بقایای برنج ارقام LD183 و عنبوری

به‌ترتیب ۶۱۰۰ و ۶۹۵۰ کیلوگرم بر هکتار اندازه‌گیری شد. پارامترهای مورد اندازه‌گیری و ارزیابی عبارت بودند از مقدار سوخت مصرف شده، زمان مورد نیاز، ظرفیت مزرعه‌ای، میزان خرد و برگردان شدن بقایای برنج، میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها و عملکرد و اجزای عملکرد گندم. مشخصات تراکتور و ماشین‌های مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- تیمارهای آزمایش و نوع عملیات مورد نیاز در هر تیمار

تیمارها		عملیات اجرایی تیمارها
کرت‌های اصلی (روش خاک‌ورزی)	T1	شخم برگردان‌دار به عمق ۲۰ سانتی‌متر + دو بار دیسک به عمق ۱۰-۸ سانتی‌متر + ماله
	T2	گاوآهن قلمی به عمق ۱۵ سانتی‌متر + دیسک ۱۰-۸ سانتی‌متر + ماله
	T3	گاوآهن قلمی به عمق ۱۵ سانتی‌متر + یک‌بار گاوآهن‌دوار (رتیواتور) به عمق ۱۰ سانتی‌متر
	T4	یک بار دیسک به عمق ۱۰-۸ سانتی‌متر + یک بار رتیواتور به عمق۱۰ سانتی‌متر
	T5	دو بار دیسک به عمق ۱۰-۸ سانتی‌متر + ماله
	T6	یک بار رتیواتور به عمق۱۰ سانتی‌متر
	T7	کاشت مستقیم در بقایا (بی‌خاک‌ورزی)
فرعی (روش کاشت و نوع بقایای برنج)	P1	کاشت برنج قبل از گندم به‌روش پادلینگ
	P2	کاشت برنج قبل از گندم به‌روش خشکه‌کاری
	C1	پوشش زمین با بقایای برنج رقم LD183
	C2	پوشش زمین با بقایای برنج رقم عنبوری

جدول ۲- ویژگی‌های ماشین‌ها و ادوات مورد استفاده در آزمایش

نام دستگاه	نام سازنده	شرح	نوع اتصال	عرض کار تئوریک (سانتی‌متر)	روش تنظیم عمق
گاوآهن برگردان‌دار	شرکت قطعات آهنگری خراسان (GAK)	۳ خیش، عرض کار هر خیش ۳۵ سانتی‌متر	سوار	۱۰۵	بازوهای هیدرولیک
دیسک بشقابی افست	جاندیر (John Deere)	۲۴ پره (: ۱۲ بشقاب لبه کنگره‌ای در گروه جلوی و ۱۲ بشقاب لبه صاف در گروه عقبی)، قطر و گودی بشقاب‌ها به ترتیب ۵۶ و ۷ سانتی‌متر و فاصلهٔ بشقاب‌ها ۲۳/۵ سانتی‌متر	کششی	۲۵۰	چرخ تنظیم هیدرولیک
گاوآهن قلمی	گروه تولیدی ماشین روستا مشهد	۹ تیغه به شکل پنجه غازی روی دو ردیف ساقه، پهنای تیغه‌ها ۲۲۹ میلی‌متر فاصله تیغه‌ها از هم ۲۲۹ میلی‌متر	سوار	۱۸۵	بازوهای هیدرولیک
گاوآهن دوار (رتیواتور)	شرکت اسنو پارس ایران (SNOW PARRS)	۷ فلانج، ۳۶ تیغه L شکل. نسبت گردش محور فلانج‌ها به محور توان‌دهی تراکتور برابر ۱ به ۳. سیستم ایمنی کلاچ صفحه‌ای خشک	سوار	۱۵۰	کفشک‌های تنظیم عمق
ماله	شرکت بهراد نورد خراسان	دو چرخ حامل	کششی	۳۰۰	اهرم‌های دستی
خطی‌کار غلات	ماشین برزگر همدان (KF-3-20/4)	۲۰ ردیف کاشت، فاصلهٔ بین ردیف‌ها ۱۳-۸ سانتی‌متر یا بیشتر با بسته نگه‌داشتن واحدهای کارنده بینابینی، وزن کل ۷۲۰ کیلوگرم، شیار بازکن کفشکی	سوار	۲۹۵	اهرم‌های دستی
ماشین کشت مستقیم	گاسپاردو GASP-DIRECTA-T300-17	۱۷ ردیف کاشت، فاصلهٔ بین ردیف ۱۸ سانتی‌متر، وزن کل ۳۵۸۰ کیلوگرم، شیار بازکن بشقابی	کششی	۳۰۰	چرخ تنظیم هیدرولیک
تراکتور	جان دیر ۳۳۵۰ (John Deere)	۶ سیلندر، جلو ۸ دنده (۴ معمولی و ۴ کمک) و عقب۴ دنده، فاصله دو محور عقب و جلو۲۶۰ سانتی‌متر، محیط چرخ محرک (عقب) در حالت بدون بار۵۱۵ سانتی‌متر			

نحوه اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای مورد بررسی به‌شرح زیر است.

مقدار سوخت مصرف شده: برای تعیین مقدار سوخت مصرف شده، از روش "باک پر" استفاده شد. در این روش، قبل از شروع عملیات مربوط به هر تیمار و پس از پایان آن عملیات، مخزن سوخت تراکتور کاملاً پر و لبریز شد. مقدار سوخت مورد نیاز برای پر کردن مجدد مخزن سوخت برابر مقدار سوخت مصرفی در مساحت یا مدت زمان اجرای آن عملیات در نظر گرفته شد.

کل زمان مورد نیاز سیستم: برای تعیین کل زمان مورد نیاز برای هر کدام از روش‌های تهیه زمین، مجموع زمان‌های مفید و دور زدن ماشین در ابتدا و انتهای مزرعه، در هنگام اجرای عملیات با سرعت مناسب و در سطح مشخص، با زمان‌سنج (کرونومتر) به‌طور جداگانه محاسبه شد. با مشخص بودن سطح عملیات و جمع کردن زمان‌های مفید و غیر مفید (زمان دور زدن در سر و ته زمین)، کل زمان مورد نیاز سیستم در واحد سطح محاسبه گردید.

ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای: در این آزمایش، ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای (کار انجام شده بر حسب هکتار در یک ساعت) برای هر ماشین با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$C_n = \frac{Swe}{10} \qquad (۱)$$

که در آن،

Cn = ظرفیت موثر مزرعه‌ای ماشین خاص (هکتار بر ساعت)؛ S= سرعت پیشروی ماشین (کیلومتر بر ساعت)؛ w= عرض‌کار نامی (کل) ماشین (متر)؛ و e= بازده مزرعه‌ای به اعشار.

درصد خرد و برگردان شدن بقایای برنج: برای این کار قبل از اجرای عملیات خاک‌ورزی، چهار نقطه از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی به اندازه ۰/۵ × ۰/۵ متر انتخاب شد. تمام بقایای گیاهی (ایستاده و خوابیده) در محل کادرها جمع‌آوری و پس از خشک کردن در آون (به‌مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس) توزین شد. میانگین طول بقایا نیز برای تعیین میزان خردشدگی آنها با خط‌کش اندازه‌گیری شد. کلیه این عملیات نیز بعد از اجرای هر تیمار خاک‌ورزی و کاشت تکرار شد. نسبت اختلاف وزنی بقایای گیاهی مانده روی زمین، قبل و بعد از عملیات، بیانگر میزان برگردان شدن آنها و نسبت میانگین طولی بقایا، قبل و بعد از عملیات، نیز میزان خرد شدگی آنها در نظر گرفته شد.

میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها: پس از اجرای هر تیمار، در هر کرت چهار نقطه به‌طور تصادفی انتخاب شد و نمونه خاک‌های این نقاط تا عمق خاک‌ورزی برداشته و با غربال‌های استاندارد جداسازی شد. شاخصی که عموماً در این مورد به‌کار گرفته می‌شود قطر متوسط وزنی (MWD) کلوخه‌هاست و برای محاسبه آن از رابطه ۲ استفاده شد (Solhjoo *et al*., 2001):

$$MWD = \sum \frac{W_i}{W} \times D_i \qquad (۲)$$

که در آن،

Wi= وزن خاک خرد شده بر روی غربال مورد نظر (کیلوگرم)؛ W= وزن کل خاک خرد شده در هر نمونه مورد آزمایش (کیلوگرم)؛ و Di= قطر متوسط شبکه غربال مورد نظر (میلی‌متر).

درصد جوانه‌زنی بذرها: برای هر تیمار، دو هفته پس از کاشت و جوانه‌زنی همه بذرها، در هر کرت چهار نقطه به‌طور تصادفی به ابعاد ۰/۵×۰/۵ متر مشخص و تعداد بذرهای جوانه زده شمارش و ثبت گردید. درصد جوانه‌زنی بذرها با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$PE = \frac{n}{N \times G} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن،
PE= درصد جوانه‌زنی بذرها (درصد)؛ n= تعداد کل بذرها جوانه زده در واحد سطح؛ N= تعداد کل بذرهای که به‌صورت اسمی در واحد سطح کشت شده‌اند؛ و G= قوه نامیه بذر گندم کشت شده (اعشار).

تعداد سنبله بر متر مربع: در زمان برداشت و با کادر اندازی در چهار نقطه به‌طور تصادفی به ابعاد ۰/۵× ۰/۵ متر، تعداد سنبله‌ها شمارش و میانگین گرفته شد.

وزن هزار دانه: با جداسازی و توزین ۸ نمونه تصادفی ۱۰۰ تایی از دانه‌های گندم برداشت شده در هر کرت، وزن هزار دانه معین گردید.

عملکرد دانه: پس از حذف حاشیه کرت، تعداد سه نقطه به‌طور تصادفی با انداختن کادر ۱×۱ متر مشخص شد؛ محصول درون آنها برداشت و وزن دانه آنها معین گردید. سپس عملکرد دانه گندم بر اساس رطوبت استاندارد ۱۴ درصد محاسبه شد.

شاخص برداشت: کل بوته‌های درون کادرهایی که برای تعیین تعداد سنبله انداخته شده بودند به‌صورت کف‌بر برداشت و با کوبیدن و جداسازی دانه از سایر اندام‌ها و توزین آنها شاخص برداشت (نسبت دانه به کل ماده خشک اندام‌های هوایی) مشخص شد.

نتایج و بحث

مصرف سوخت

تفاوت بین همه روش‌های خاک‌ورزی از نظر میزان مصرف سوخت معنی‌دار است. میانگین میزان مصرف سوخت نسبت به‌روش مرسوم (T1) در روش‌های کم‌خاک‌ورزی T2 تا T6 به‌ترتیب به‌میزان ۳۵، ۲۰، ۳۱، ۵۰ و ۴۴ درصد و در روش بی‌خاک‌ورزی T7 به‌میزان ۵۹ درصد کمتر است (جدول ۳). افزایش مصرف سوخت در تیمار خاک‌ورزی مرسوم نسبت به دیگر تیمارهای خاک‌ورزی، به‌دلیل شخم زدن با گاوآهن برگردان‌دار بوده است. گاوآهن برگردان‌دار به تنهایی ۲۲/۵۷ لیتر در هکتار سوخت مصرف کرده است. یعنی حدود ۴۶ درصد سوخت مصرفی تیمار T1 به گاوآهن برگردان‌دار تعلق داشت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که از نظر مقدار مصرف سوخت، بین روش‌های خاک‌ورزی تفاوت بسیار معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مصرف سوخت (به‌میزان ۴۹/۱ لیتر در هکتار) به تیمار T1 و کمترین آن (به‌میزان ۲۰ لیتر بر هکتار) به تیمار T7 اختصاص دارد (جدول ۳).

وجود تفاوت معنی‌دار بین روش‌های کم‌خاک‌ورزی T2 تا T6، از لحاظ مصرف سوخت، نیز ناشی از نوع ماشین‌ها و ادوات به‌کار رفته و نیاز توان کششی آنها در واحد سطح است. به‌طور مثال، استفاده از گاوآهن قلمی در تیمار T3 یا دیسک در تیمار T4 قبل از رتیواتور، باعث افزایش مصرف سوخت این دو تیمار به‌ترتیب به‌میزان ۴۳ درصد و ۲۴ درصد نسبت به تیمار T6 (رتیواتور) شده است. حال اگر بتوان با یک بار عبور رتیواتور (همانند تیمار T6) عملیات تهیه زمین برای کشت گندم پس از برنج را انجام داد، دیگر نیازی به استفاده از گاوآهن قلمی یا دیسک قبل از رتیواتور نیست و بنابراین ۶/۵ تا ۱۲ لیتر در هکتار در مصرف سوخت صرفه‌جویی خواهد شد.

استفاده از گاوآهن قلمی یا دیسک قبل از رتیواتور در صورتی توصیه می‌شود که خاک نسبتاً سخت یا تراکم بقایا زیاد باشد و این احتمال وجود داشته باشد که به تیغه‌های رتیواتور آسیب رسانده شود. دلیل کمتر بودن سوخت مصرفی در تیمار T7 نسبت به دیگر تیمارهای خاک‌ورزی، انجام نشدن عملیات خاک‌ورزی و یک بار عبور ماشین از مزرعه در این تیمار بوده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تیمار روش خاک‌ورزی بر پارامترهای عملکردی ماشین

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		مصرف سوخت (لیتر بر هکتار)	زمان مورد نیاز (ساعت بر هکتار)	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت)	قطر متوسط کلوخه‌ها (میلی‌متر)
تکرار	۲	۵۲/۱۶۱	۰/۲۰۲	۰/۰۷۴	۴۳/۷۹۲
روش خاک‌ورزی	۶	۱۶۹/۰۱۴**	۳/۶۴۴**	۰/۲۱۸**	۱۴۱۴/۱۶۷**
خطای آزمایش	۱۲	۰/۹۶۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳	۴۹/۷۷۸
ضریب تغییرات (CV) (درصد)		۴/۷۳	۳/۳۷	۱۰/۱۸	۱۷/۷۳

** تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

زمان مورد نیاز

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر جمع کل زمان مورد نیاز برای اجرای مجموعه عملیات پیش‌بینی شده در هر روش، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین مجموع کل زمان مورد نیاز سیستم‌های خاک‌ورزی نشان می‌دهد که کل زمان مورد نیاز در روش مرسوم (T1) ۴/۳ ساعت بر هکتار است و کل زمان مورد نیاز روش‌های کم‌خاک‌ورزی (T1 تا T6) به‌ترتیب ۴۶، ۳۵، ۳۹، ۷۰ و ۵۳ درصد کاهش دارد. بیش از ۴۵ درصد از کل زمان مورد نیاز سیستم در روش خاک‌ورزی مرسوم (T1) صرف شخم زدن با گاوآهن برگردان‌دار شده است.

کمترین زمان مورد نیاز با ۰/۵ ساعت بر هکتار به تیمار بی‌خاک‌ورزی (T7) تعلق دارد که نسبت به شاهد ۸۸ درصد کاهش یافته است (جدول ۴).

کل زمان مورد نیاز در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی عمدتاً به نوع و تعداد رفت و آمد ماشین‌ها و ادوات روی زمین، سرعت پیشروی و عرض کار ادوات خاک‌ورزی بستگی دارد. با افزایش قدرت تراکتور و انتخاب ادوات با عرض کار بیشتر، می‌توان کل زمان مورد نیاز برای هر سیستم را کاهش داد، اما در شرایط یکسان از نظر منبع توان (همانند شرایط این پژوهش) و انطباق درست ماشین‌ها و ادوات با آن، وجود اختلاف در نوع عملیات در سیستم‌های مختلف باعث اختلاف در زمان مورد نیاز آنها خواهد شد (Dehghan, 2009).

در تیمار T6 به‌رغم اینکه زمان مورد نیاز برای یک بار رتیواتور برابر با ۲ ساعت بر هکتار است اما حذف سایر عملیات از جمله دیسک و ماله در این تیمار، باعث شده که از کل زمان مورد نیاز نسبت به دیگر تیمارهای کم‌خاک‌ورزی (به‌استثنای تیمار T5) کاسته شود (جدول ۴).

دلیل کمتر بودن زمان مورد نیاز عملیات در تیمار T5 (دوبار دیسک + ماله) نسبت به تیمارهای T2، T3، T4 و T6، با وجود همانند یا بیشتر بودن تعداد عملیات ماشینی این تیمار، بالاتر بودن سرعت پیشروی دیسک نسبت به گاوآهن قلمی و رتیواتور است.

به‌طور کلی، افزایش زمان مورد نیاز برای اجرای یکی از روش‌های خاک‌ورزی نسبت به سامانه دیگر به معنای آن است که تا شروع کاشت به روزهای کاری مناسب بیشتری نیاز خواهد بود یا اینکه لازم است در ناوگان مکانیزه برای انجام به‌موقع عملیات افزایشی داده شود. به‌عبارت دیگر انتخاب هر روش خاک‌ورزی با زمان مورد نیاز کمتر، باعث رها شدن تراکتور و ادوات و ایجاد فرصت برای اجرای عملیات در سطح وسیع‌تر در یک محدوده زمانی مشخص خواهد شد. کم بودن ظرفیت ناوگان مکانیزه نسبت به

زمانی که در اختیار هست، هزینه‌های مرتبط با انجام نشدن عملیات در وقت مقرر را بالا می‌برد. بنابراین لازم است در زراعت گندم از روش‌های خاک‌ورزی کمینه، مانند خاک‌ورزی با دیسک، گاوآهن قلمی و رتیواتور استفاده کرد تا علاوه بر حفظ عملکرد مطلوب، زمان کمتری نیز برای خاک‌ورزی صرف شود.

جدول ٤- مقایسه و گروه‌بندی میانگین پارامترهای عملکردی ماشین در سطوح مختلف تیمار روش خاک‌ورزی

تیمار (سامانه خاک‌ورزی)	میانگین شاخص‌ها و مقایسه آنها با آزمون دانکن			
	مصرف سوخت (لیتر بر هکتار)	زمان مورد نیاز (ساعت بر هکتار)	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت)	قطر متوسط کلوخه‌ها (میلی‌متر)
T1	۴۹/۱^{a}	۴/۳^{a}	۰/۲۳^{f}	۳۸/۴^{cd}
T2	۳۱/۸^{d}	۲/۳ ^{d}	۰/۴۳^{cd}	۶۶/۰^{a}
T3	۳۹/۴^{b}	۲/۹ ^{b}	۰/۳۴^{de}	۳۱/۷^{d}
T4	۳۴^{c}	۲/۶ ^{c}	۰/۳۸^{d}	۳۳/۷^{d}
T5	۲۴/۵^{f}	۱/۳^{f}	۰/۷۷^{b}	۵۷/۹^{ab}
T6	۲۷/۵^{e}	۲/۰^{e}	۰/۵۰^{c}	۵۰/۸^{bc}
T7	۲۰^{g}	۰/۵^{g}	۲/۰۰^{a}	-

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که از نظر ظرفیت مزرعه‌ای کل سیستم، بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). مقایسه میانگین ظرفیت مزرعه‌ای سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی مشخص می‌کند که در شرایط کار با تراکتور و ادوات مورد استفاده در این پژوهش، تیمار T1 با ۰/۲۳ هکتار بر ساعت دارای کمترین ظرفیت مزرعه‌ای و روش بی‌خاک‌ورزی T7 با ۲/۰ هکتار بر ساعت دارای بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای است. همچنین، ظرفیت مزرعه‌ای در همه روش‌های کم‌خاک‌ورزی T2 تا T6 نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم همراه با شخم برگردان (T1) به‌طور معنی‌دار افزایش نشان می‌دهد (جدول ۴).

به‌طور کلی، با توجه به اینکه ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای هر سیستم متناسب با وارونه زمان مورد نیاز برای خاک‌ورزی در آن سیستم است، می‌توان گفت هر عاملی که باعث کاهش زمان مورد نیاز برای خاک‌ورزی در سطحی معین شود می‌تواند ظرفیت مزرعه‌ای آن سیستم یا ماشین را افزایش دهد و بر این اساس، حذف عملیات شخم در سیستم‌های خاک‌ورزی کمینه، کاهش رفت و آمد ماشین‌ها و ادوات، حذف برخی عملیات و استفاده از ادواتی که به توان کششی کمتری نیاز داشته باشند، زمان مورد نیاز برای اجرای عملیات خاک‌ورزی در سطحی معین را کاهش می‌دهد که سرانجام باعث کاهش تعداد تراکتورها و ادوات لازم برای اجرای به‌موقع عملیات و در نتیجه کاهش سرمایه‌گذاری مورد نیاز در این بخش خواهد شد.

میانگین قطر متوسط وزنی کلوخه‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که بین سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی از لحاظ قطر متوسط کلوخه‌های ایجاد شده (به‌عنوان شاخص میزان خرد شدن خاک)، اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳).

مقایسه میانگین قطر متوسط کلوخه‌ها نشان می‌دهد که بالاترین مقدار با ۶۶/۱ میلی‌متر به تیمار T2 و کمترین مقدار با ۳۱/۷ و ۳۳/۷ میلی‌متر به‌ترتیب به تیمارهای T3 و T4 اختصاص دارد (جدول ۴). همچنین، طبق نتایج با احتمال ۹۹ درصد می‌توان گفت که قطر متوسط کلوخه‌های ایجاد شده در روش خاک‌ورزی مرسوم (T1) و روش‌های کم‌خاک‌ورزی T3 و T4 با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارد، ابعاد کلوخه‌ها طوری است که بستری یکنواخت و هموار برای کشت و بذرکاری ایجاد می‌شود. حذف دیسک‌زنی یا شخم با گاوآهن قلمی قبل از رتیواتور در تیمار T6 باعث افزایش قطر متوسط کلوخه‌ها، در مقایسه با تیمارهای T3 و T4 شده است. شهربانونژاد و شریفی (Shahrbanoo Nejad & Sharifi, 2002) طی تحقیقی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی را روی فاکتورهای فیزیکی خاک و عملکرد کمی و کیفی محصول چغندرقند بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. کمترین قطر متوسط کلوخ (MWD) مربوط به‌روش هرس بشقابی است.

درصد برگردان شدن بقایا

از لحاظ درصد برگردان شدن بقایا، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. روش کاشت و نوع بقایای برنج و همچنین اثر متقابل فاکتورهای مختلف روی درصد برگردان شدن بقایا تأثیر معنی‌داری ندارند. ولی اثر متقابل سال و روش تهیه زمین بر میزان برگردان شدن بقایا در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که روش خاک‌ورزی T1، به‌دلیل استفاده از گاوآهن برگردان‌دار، با متوسط ۸۱/۴ درصد بیشترین میزان برگردان بقایا را دارد. در تیمار بی‌خاک‌ورزی (T7) بقایا به‌طور کامل در سطح خاک باقی می‌مانند. در بین تیمارهای کم‌خاک‌ورزی، کمترین میزان برگردان شدن بقایا یعنی ۵۶/۴٪ و ۵۶/۶٪ به‌ترتیب به روش‌های T3 و T5 اختصاص دارد. در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی T4 و T6، استفاده از رتیواتور باعث می‌شود خاک و بقایا بیشتر به‌هم بخورند. به‌طوری‌که ۶۰ تا ۷۳ درصد بقایا به زیر خاک رفته‌اند (جدول ۶).

اگرچه در تیمار T3 نیز از رتیواتور استفاده شده، ولی به‌دلیل به‌کارگیری گاوآهن قلمی قبل از رتیواتور و اینکه بخش زیادی از ریشه‌های بقایای برنج به سطح خاک آورده می‌شود، درصد برگردان شدن بقایا حتی پس از رتیواتورزنی، کمتر از تیمارهای T4 و T6 شده است. در هر حال در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی این تحقیق مشخص شد که بین ۲۸ تا ۴۴ درصد بقایا در سطح خاک باقی مانده‌اند؛ بدین ترتیب می‌توان گفت که یکی از اهداف مهم خاک‌ورزی حفاظتی که حفظ حداقل ۳۰ درصد بقایا را در سطح زمین ضروری می‌داند (Bram *et al.*, 2007)، در بیشتر تیمارهای مذکور برآورده شده است. این نتایج با نتایج بررسی‌های رشادصدقی و زابلستانی (Reshad Sedghi & Zabolestani, 2001) و خسروانی و صلحجو (Khosravani & Solhjoo, 2002) همخوانی دارد.

از لحاظ درصد برگردان شدن بقایا بین دو سال متوالی آزمایش تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود، ولی در بررسی اثر متقابل سال و روش تهیه زمین بر درصد برگردان شدن بقایا، چنین نتیجه گرفته می‌شود که در سال اول علاوه بر تیمار مرسوم T1، تیمار T4 (دیسک + رتیواتور) نیز با ۷۶/۲ درصد بیشترین میزان برگردان شدن را به خود اختصاص داده است. در حالی‌که در سال دوم فقط تیمار T1 در کلاس a قرار دارد. بقیه تیمارها از لحاظ درصد برگردان شدن بقایا، روند تقریبا مشابهی را طی دو سال را دارند (جدول ۶). شکل ۱ نیز مقایسه تأثیر روش‌های مختلف تهیه زمین بر میزان برگردان شدن بقایا در دو سال متوالی را نشان می‌دهد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر سطوح مختلف روش خاک‌ورزی و روش کاشت و نوع بقایای برنج بر عملکرد دانـه و دیگر صفات مورد بررسی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مقادیر میانگین مربعات برای صفات مورد بررسی						
		برگردان شدن بقایا (درصد)	خرد شدن بقایا (درصد)	جوانه‌زنی بذرها (درصد)	تعداد سنبله بر متر مربع	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
سال (A)	۱	۴/۱۸۷^{ns}	۲۱۸/۸ ^{ns}	۲۴۱۹/۴*	۵۷۸۷۸/۵*	۱۹۲۶/۷**	۱۰۲۰۱۸۸۰**	۲۱۶۴/۴**
بلوک (B)	۲	۱۸/۲۳ ^{ns}	۹۲۵/۲ ^{ns}	۵۹/۶۹ ^{ns}	۲۱۷۹۵/۸ ^{ns}	۱۲/۱۱ ^{ns}	۲۴۱۸۲۲۷ ^{ns}	۲۳/۷۲ ^{ns}
AB	۲	۱۸/۲۷ ^{ns}	۰/۴۹۱ ^{ns}	۱۶/۷۷ ^{ns}	۲۳۰۱/۶ ^{ns}	۱۰/۸۸ ^{ns}	۱۰۰۹۱۸۲ ^{ns}	۳/۹۲۰ ^{ns}
روش خاک‌ورزی (C)	۶	۱۶۲۷۷/۶**	۸۲۶۶/۳**	۶۰۷/۷ ^{ns}	۱۳۹۵۴/۷ ^{ns}	۱۸/۳۴ ^{ns}	۷۸۲۸۸۰ ^{ns}	۲۴/۶۵ ^{ns}
AC	۶	۸۶۹/۸**	۷/۶۱۰ ^{ns}	۱۰۴۳/۲ ^{ns}	۵۹۳۵/۷ ^{ns}	۵۷/۵۷**	۴۵۹۲۳۵ ^{ns}	۶۸/۹۷*
خطای آزمایش	۱۲	۴۹/۰۹	۲۱۶/۲	۵۹۴/۸	۷۴۱۰/۱	۹/۶۶۰	۴۱۰۹۰۳	۱۸/۸۰
روش کاشت برنج (D)	۱	۱۲/۸۶ ^{ns}	۳۵/۵۱ ^{ns}	۱۶/۶۷ ^{ns}	۶/۹۸۹ ^{ns}	۱۸/۳۱ ^{ns}	۲۰۴۲۳۸ ^{ns}	۱۳/۱۷ ^{ns}
AD	۱	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۲۳۲ ^{ns}	۰/۰۲۶ ^{ns}	۱۷۰۷۵/۸ ^{ns}	۱۹/۸۹ ^{ns}	۱۱۲۱۸۶۳ ^{ns}	۱۲۹/۰ ^{ns}
CD	۶	۵۷/۵۵ ^{ns}	۲۶۸/۲ ^{ns}	۹۸/۰۳ ^{ns}	۸۴۶۳/۳ ^{ns}	۱۷/۵۶ ^{ns}	۹۲۱۲۸۹ ^{ns}	۴۰/۵۴ ^{ns}
ACD	۶	۰/۰۶۸ ^{ns}	۰/۲۱۰ ^{ns}	۳۹/۳۸ ^{ns}	۴۳۹۹/۲ ^{ns}	۳/۹۹۱ ^{ns}	۵۹۸۲۷۹ ^{ns}	۱۹/۷۲ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۴	۴۲/۷۵	۲۰۹/۷	۷۴/۳۰	۳۴۰۲/۲	۱۰/۶۴	۲۶۶۸۷۸	۲۸/۲۷
نوع بقایای برنج (E)	۱	۶۵۳/۵ ^{ns}	۱۵/۳۳ ^{ns}	۱۳۰/۴ ^{ns}	۶۴۷۲/۸ ^{ns}	۲/۴۰۲ ^{ns}	۳۳۷۵۸۳ ^{ns}	۱۴۳/۸ ^{ns}
AE	۱	۰/۳۹۸ ^{ns}	۰/۰۲۷ ^{ns}	۱۴/۷۰ ^{ns}	۵۷۰۲/۷ ^{ns}	۰/۴۲۵ ^{ns}	۶۶۶۹۱۰ ^{ns}	۰/۶۳۸ ^{ns}
CE	۶	۱۷۱/۳ ^{ns}	۱۶۵/۲ ^{ns}	۱۲۱/۲ ^{ns}	۶۱۷۸/۳ ^{ns}	۱۶/۴۶ ^{ns}	۵۱۴۸۰۷ ^{ns}	۷/۰۴۵ ^{ns}
ACE	۶	۰/۰۸۲ ^{ns}	۰/۲۰۸ ^{ns}	۴۴/۵۵ ^{ns}	۷۷۲۲/۶ ^{ns}	۱۶/۴۲ ^{ns}	۵۱۶۷۸۹ ^{ns}	۶/۸۸۴ ^{ns}
DE	۱	۲۹/۱۵ ^{ns}	۱۱۶۷۰/۳ ^{ns}	۴۹/۵۹ ^{ns}	۲۵/۹۳ ^{ns}	۰/۳۱۳ ^{ns}	۶۴۱۵۰ ^{ns}	۲۱/۳۸ ^{ns}
ADE	۱	۰/۰۶۳ ^{ns}	۱۰/۲۷ ^{ns}	۱۷۹/۶ ^{ns}	۳۴۹۲/۶ ^{ns}	۰/۳۱۲ ^{ns}	۶۱۵۴۳ ^{ns}	۲۰/۵۲ ^{ns}
CDE	۶	۴۸/۸۹ ^{ns}	۵۵۰/۷ ^{ns}	۹۳/۴۷ ^{ns}	۴۵۵۵/۵ ^{ns}	۱۱/۴۵ ^{ns}	۴۹۶۶۹۱ ^{ns}	۶/۴۴۶ ^{ns}
ACDE	۶	۰/۰۲۶ ^{ns}	۰/۵۱۱ ^{ns}	۶۳/۳۱ ^{ns}	۴۷۳۵/۸ ^{ns}	۱۱/۴۰ ^{ns}	۴۹۸۵۷۷ ^{ns}	۶/۶۸۸ ^{ns}
خطای آزمایش	۲۸	۵۰/۱۳	۱۲۲/۲	۱۵۱/۲	۲۲۶۷/۸	۸/۳۹۷	۲۷۶۳۲۷	۹/۸۲۴
ضریب تغییرات (CV) (درصد)		۰/۸۶	۱/۲۷	۱۲/۳۶	۱۰/۶۷	۷/۲۶	۱۳/۴۶	۱۰/۲۰

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns نبود اختلاف معنی دار

درصد خرد شدن بقایا

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد کـه میـزان خرد شدن بقایای گیاهی فقط تحت تأثیر روش خاک‌ورزی معنی‌دار شده است (جدول ۵). مقایسه میانگین‌هـا نشـان می‌دهد که بیشترین میزان خردشدگی بقایا بـه‌میـزان ۵۳ درصد به روش خاک‌ورزی T4 و کمترین آن به‌میزان ۳۰/۹ درصد بـه روش T2 اختصـاص دارد. در روش خـاک‌ورزی مرسوم (T1)، میزان خردشدگی بقایا ۳۴ درصد اسـت. در تیمار بی‌خـاک‌ورزی (T7) خردشـدگی در بقایـا مشـاهده نمی‌شود. همچنین اثر سال بـر درصـد خـرد شـدن بقایـا معنی‌دار نیست (جدول ۶).

از نتایج مقایسه میانگین تیمارها چنین برمی‌آیـد کـه استفاده از ادواتی ماننـد دیسـک و رتیواتـور باعـث بیشـتر خـرد شـدن بقایـا مـی‌شـود. دلیـل کـاهش میـزان

خردشدگی بقایا در روش T2 به‌کار بردن فقط یک بار دیسک روی زمین می‌باشد. زیرا گاوآهن قلمی به‌دلیل ماهیت کاری، برای خرد کردن بقایا مناسب نیست.

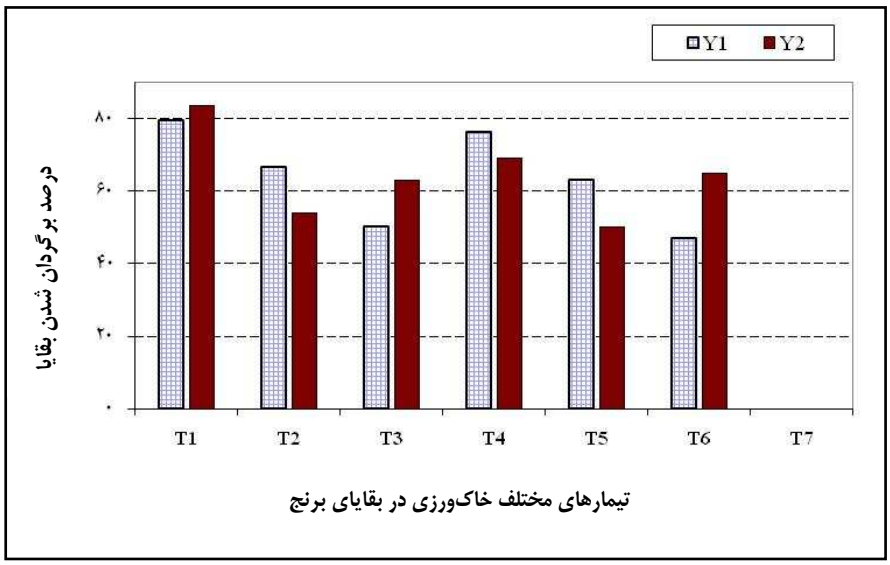
جوانه‌زنی بذرها

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اختلاف میزان جوانه‌زنی بذرها در دو سال آزمایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ولی بین سطوح تیمارهای روش خاک‌ورزی و روش کاشت و نوع بقایای برنج و همچنین سطوح اثرات متقابل تیمارها از نظر میزان جوانه‌زنی بذرها تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که همه روش‌های خاک‌ورزی شرایط مشابهی برای جوانه زدن بذرها ایجاد کرده‌اند و میزان تلفات ایجاد شده در بذرها در همه تیمارهای خاک‌ورزی و روش کاشت و نوع بقایای برنج یکسان و مستقل از تغییرات آنهاست. میزان جوانه‌زنی بذرها در سال دوم به‌دلیل تغییر شرایط جوی به‌میزان ۹/۵ درصد نسبت به سال اول کاهش پیدا کرده است (جدول ۶).

جدول ٦- مقایسه و کلاس‌بندی میانگین دو ساله صفات مورد بررسی در سطوح مختلف تیمار خاک‌ورزی و روش کاشت و نوع بقایای برنج

	میانگین صفات و مقایسه آنها با آزمون دانکن						
تیمار	درصد برگردان شدن بقایا	درصد خرد شدن بقایا	درصد جوانه‌زنی بذرها	تعداد سنبله بر متر مربع	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
سال							
Y1	۵۴/۶ a	۳۸/۵ a	۷۸/۸ a	۶۱۱ a	۴۲/۳ a	۵۱۳۳ a	۴۶/۴ a
Y2	۵۴/۹ a	۳۶/۲ a	۷۱/۳ b	۵۷۳ b	۳۵/۵ b	۴۶۴۰ b	۳۹/۳ b
روش خاک‌ورزی							
T1	۸۱/۴ a	۳۴/۰ cd	۷۳/۳ a	۵۹۱ a	۳۹/۳ a	۵۱۲۱ a	۴۳/۳ a
T2	۶۰/۴ c	۳۰/۹ d	۶۵/۰ a	۶۰۰ a	۳۸/۵ a	۵۱۴۴ a	۴۳/۴ a
T3	۵۶/۴ c	۴۲/۸ bc	۷۹/۲ a	۶۱۵ a	۳۸/۹ a	۴۸۵۹ a	۴۲/۷ a
T4	۷۲/۶ b	۵۳/۰ a	۷۶/۷ a	۵۴۱ a	۳۷/۶ a	۴۶۹۵ a	۴۴/۶ a
T5	۵۶/۶ c	۵۱/۱ ab	۷۳/۹ a	۵۹۱ a	۳۸/۶ a	۴۷۱۴ a	۴۱/۵ a
T6	۵۵/۹ c	۴۸/۵ ab	۷۹/۴ a	۵۹۵ a	۳۸/۷ a	۴۸۰۷ a	۴۲/۲ a
T7	۰ d	۰ e	۷۷/۸ a	۶۱۰ a	۴۰/۵ a	۴۸۶۴ a	۴۲/۳ a
روش کاشت برنج							
P1	۵۵/۱۰ a	۳۶/۹ a	۷۴/۷ a	۵۹۲ a	۳۹/۲ a	۴۸۵۲ a	۴۲/۶ a
P2	۵۴/۵ a	۳۷/۸ a	۷۵/۴ a	۵۹۲ a	۳۸/۶ a	۴۹۲۱ a	۴۳/۱ a
نوع بقایای برنج							
C1	۵۲/۸ a	۳۷/۰ a	۷۵/۹ a	۵۸۶ a	۳۹/۰ a	۴۹۳۱ a	۴۳/۸ a
C2	۵۶/۷ a	۳۷/۶ a	۷۴/۲ a	۵۹۸ a	۳۸/۸ a	۴۸۴۲ a	۴۱/۹ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آزمون دانکن، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۱- مقایسه تاثیر سامانه‌های خاک‌ورزی بر میزان برگردان شدن بقایای برنج در دو سال متوالی

وزن هزاردانه

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص می‌کند که بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌دار وجود ندارد اما اختلاف بین سال‌های آزمایش در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. اثر متقابل تیمارهای روش خاک‌ورزی، روش کاشت و نوع بقایای برنج از نظر وزن هزار دانه معنی‌دار نیست (جدول ۵). مقایسهٔ میانگین وزن هزار دانه نشان می‌دهد که این پارامتر در سال دوم به‌میزان ۱۶ درصد نسبت به سال اول کاهش دارد (جدول۶). افزایش غیر طبیعی دما، وجود گرد و غبار و خشکی هوا در زمان رشد گیاه و حتی به هنگام پر شدن دانه‌ها در سال دوم تحقیق باعث شد تا دانه‌ها به‌طور کامل پر نشوند و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش یابد.

تعداد سنبله بر متر مربع

از نظر تعداد سنبله بر مترمربع، اختلاف بین روش‌های گوناگون خاک‌ورزی، روش کاشت و نوع بقایای برنج و همچنین اثر متقابل آنها معنی‌دار نیست، اما بین دو سال تحقیق اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود دارد (جدول ۵). مقایسهٔ میانگین‌ها به‌روش دانکن نشان می‌دهد که سال اول و دوم تحقیق به‌ترتیب ۶۱۱ و ۵۷۳ سنبله بر متر مربع را دارند (جدول ۶). کاهش جوانه‌زنی بذرها در سال دوم و در نتیجه کم شدن تعداد بوته‌ها بر واحد سطح در کاهش تعداد سنبله بر متر مربع بی‌تأثیر نبوده است.

عملکرد دانه

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که از نظر عملکرد دانه اختلاف بین روش‌های خاک‌ورزی، روش کاشت و نوع بقایای برنج معنی‌دار نیست. این نتایج مشخص می‌سازد که از نظر عملکرد دانه تفاوت بین سطوح اثر متقابل روش‌های خاک‌ورزی و روش کاشت و نوع بقایای برنج معنی‌دار نیست. ولی اختلاف بین دو سال آزمایش از لحاظ عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که اثر متقابل سال و روش خاک‌ورزی بر عملکرد دانهٔ گندم معنی‌دار نیست (جدول ۵). یعنی اینکه اختلاف عملکرد گندم بین دو سال ناشی از اِعمال تیمارهای خاک‌ورزی نبوده است. تغییرات جوی و محیطی در سال دوم آزمایش که باعث

کاهش درصد جوانه‌زنی، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه شده است، متعاقباً عملکرد دانه را در سال دوم، نسبت به سال اول آزمایش، پایین آورده است. زیرا عملکرد محصول، تابعی از اجزای عملکرد است (Naderi & Modhej, 2007).

مقایسهٔ میانگین دو ساله داده‌ها برای روش‌های مختلف خاک‌ورزی نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه به‌میزان ۵۱۴۴ و ۴۶۹۵ کیلوگرم بر هکتار به‌ترتیب از روش‌های خاک‌ورزی T2 (گاوآهن قلمی+ دیسک + ماله) و T4 (دیسک + رتیواتور) به‌دست آمده است، اما این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نیست (جدول ۶).

معنی‌دار نبودن اختلاف میانگین عملکرد دانه برای روش‌های بی‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی کمینه و روش مرسوم در بقایای برنج، بیانگر این است که همهٔ روش‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی توانسته‌اند مانند روش مرسوم شخم با گاوآهن برگردان‌دار (T1) بستری مناسب برای کاشت بذر و استقرار گیاهچه ایجاد کنند و می‌توانند جایگزین روش مرسوم شوند. بنابراین، معیار انتخاب نوع سیستم بی‌خاک‌ورزی یا خاک‌ورزی کمینه در بقایای برنج، به‌جای روش مرسوم، می‌تواند شاخص‌هایی مانند هزینهٔ خاک‌ورزی، مصرف سوخت و انرژی، میزان فشردگی خاک، ظرفیت مزرعه‌ای و نوع ماشین‌ها و ادوات در دسترس باشد (Sadeghnejad, 2006).

خسروانی و همکاران (Khosravani *et al.*, 2003) نیز ضمن مقایسهٔ روش خاک‌ورزی مرسوم با روش‌های خاک‌ورزی سطحی با دیسک سبک و هرس دندانه میخی در دزفول، گزارش دادند که بین روش‌های خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌دار وجود ندارد و خاک‌ورزی سطحی را توصیه می‌کنند.

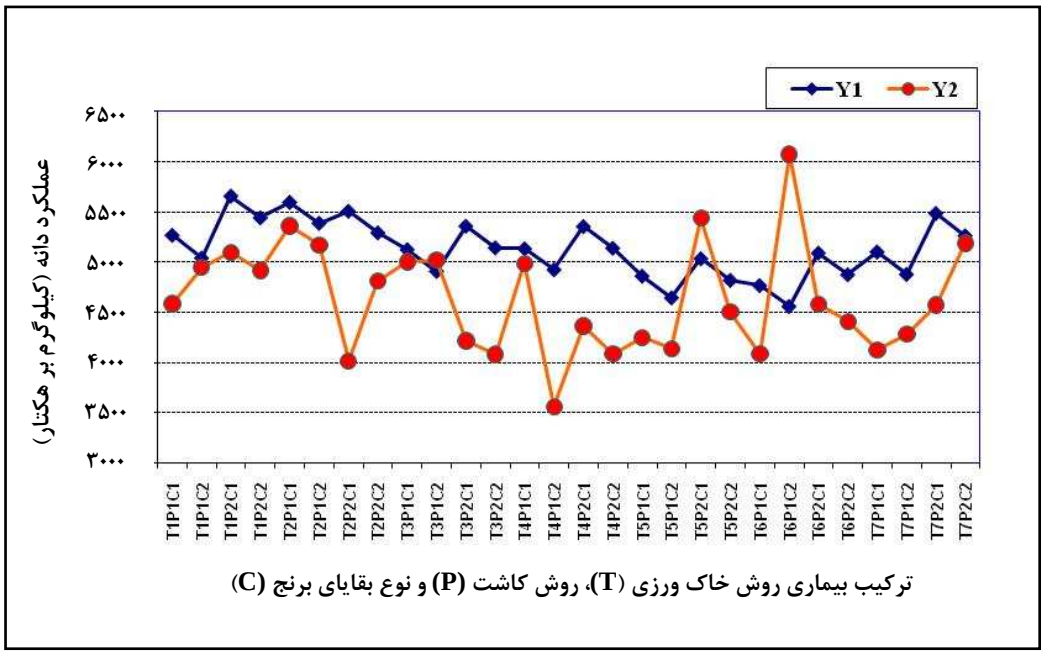
در این آزمایش، بررسی ضرایب هبستگی نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد دانه با ضریب پنجه‌زنی، تعداد سنبله بر متر مربع، وزن هزار دانه و شاخص برداشت رابطهٔ مستقیم و معنی‌دار دارد، اما بین عملکرد دانه با درصد جوانه‌زنی بذرها رابطه معنی‌دار نیست. ضرایب هبستگی نیز نشان می‌دهد که بین ضریب پنجه‌زنی بوته‌ها و درصد جوانه‌زنی بذرها رابطهٔ وارونه وجود داشت، به‌عبارت دیگر با افزایش تعداد بذرهای جوانه‌زده و در نتیجه افزایش سطح سبز مزرعه، تعداد پنجه‌های ایجاد شده برای جبران کمبود تعداد بوته بر واحد سطح کاهش می‌یابد (جدول ۷).

معنی‌دار نشدن تفاوت عملکرد دانه برای سطوح اثر متقابل روش‌های خاک‌ورزی در هر دو سال اجرای این پژوهش بیانگر آن است که با وجود تفاوت در شرایط محیطی سال اول و سال دوم آزمایش، تفاوت در عملکرد دانه در همهٔ روش‌های خاک‌ورزی، تقریباً مشابه و هم جهت است و تغییر روش خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر این روند ندارد (شکل ۲).

جدول ۷ - ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد و اجزای عملکرد گندم تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی

-	درصد جوانه‌زنی بذرها	ضریب پنجه‌زنی	تعداد سنبله بر متر مربع	وزن هزار دانه	شاخص برداشت
ضریب پنجه زنی	-۰/۴۷۱**				
تعداد سنبله در متر مربع	۰/۲۰۰**	۰/۱۱۷ns			
وزن هزار دانه	۰/۳۷۸**	-۰/۱۵۱ ns	۰/۴۳۶**		
شاخص برداشت	۰/۰۷۲ ns	-۰/۱۰۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۶۴۲**	
عملکرد دانه	۰/۰۶۹ ns	۰/۲۲۹**	۰/۴۲۶**	۰/۴۲۲**	۰/۴۷۳**

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار



شکل ۲- روند تغییرات عملکرد دانه گندم در سال‌های مختلف تحت تاثیر تیمارهای آزمایش

شاخص برداشت

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که شاخص برداشت نیز مانند عملکرد دانه تحت تاثیر روش خاک‌ورزی، روش کاشت و نوع بقایای برنج و اثر متقابل آنها معنی‌دار نشده است، ولی اثر سال بر شاخص برداشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۵)؛ به‌طوری‌که شاخص برداشت سال دوم در مقایسه با سال اول آزمایش ۱۵/۳ درصد کاهش یافته است (جدول ۶). با توجه به اینکه شاخص برداشت برابر نسبت وزن دانه به کل مادهٔ خشک اندام‌های هوایی است، کاهش

عملکرد سال دوم نسبت به سال اول باعث کاهش قابل توجه شاخص برداشت در سال دوم نیز شده است.

نتیجه‌گیری

- از نظر عملکرد دانه، اختلاف بین سامانه‌های خاک‌ورزی، روش کاشت و نوع بقایای برنج معنی‌دار نیست؛ همچنین از نظر عملکرد دانه، تفاوت بین سطوح اثر متقابل سامانه‌های خاک‌ورزی و روش کاشت و نوع بقایای برنج معنی‌دار نیست. ولی به‌دلیل تغییر در شرایط محیطی و جوی، عملکرد دانه در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول به‌طور معنی‌داری ۹/۶ درصد کاهش نشان می‌دهد.

- بیشترین مصرف سوخت با ۴۹/۱ لیتر بر هکتار به تیمار خاک‌ورزی مرسوم و کمترین آن با ۲۰ لیتر بر هکتار به تیمار بی‌خاک‌ورزی اختصاص دارد. زمان مورد نیاز برای تیمار خاک‌ورزی مرسوم ۴/۳ ساعت بر هکتار (بیشترین) و بی‌خاک‌ورزی ۰/۵ ساعت بر هکتار (کمترین) محاسبه شده است.

- به‌طور کلی، بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، برای کشت گندم پس از برنج در استان خوزستان، بسته به نوع ماشین‌ها و ادوات در دسترس، به‌ترتیب اولویت، یکی از سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی شامل دو بار دیسک + ماله، گاوآهن قلمی+ دیسک + ماله یا یک بار گاوآهن دوار (رتیواتور) به‌جای روش مرسوم پیشنهاد می‌شود.

قدردانی

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانهٔ مجموعه مدیریت و پرسنل ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور که در اجرای این پروژه تحقیقاتی همکاری لازم را داشته‌اند سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

Asadi, A., Yahya Abadi, M. and Taki, O. 2011. The effect of conventional and conservation tillage on forage corn yield in a barley-corn rotation. J. Agric. Eng. Res. 12(1): 83-96. (in Farsi)

Bram, G., Monica, M., Yusuke, U., Ken, D. S., Marco, L. G., Katrien, V., Luc, D. and Jozef, D. 2007. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. Appl. Soil Ecol. 37, 18-30.

Dehghan, E. 2009. Effects of different tillage methods and seeding rates on wheat grain yield and yield components in south Khuzestan. Research Report. No. 88/1220. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). (in Farsi)

Gangwar, K. S., Singh, K. K., Sharma, S. K. and Tomar, O. K. 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. Soil Till. Res. 88, 242-252.

Habibi Asl, J. 2011. Evaluation of different tillage methods for wheat production after rice in south Khuzestan. Research Report. No. 90/13. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). (in Farsi)

Hoobs, P. R., Mann, C. E. and Butler, L. 1988. A perspective on research needs for the rice-wheat rotation. Proceedings of the International Conference on Wheat Production Constraints in Tropical Environment. Jan. 19-23. Chiang Mai. Thialand.

Khosravani, A. and Solhjoo, A. A. 2002. Comparison of mechanical methods of rice residue break up and soil mixing. Proceeding of the Second National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Oct. 31. Karaj. Iran. (in Farsi)

Khosravani, A., Zabolestani, M., Sharifi, A., Mohsenimanesh, A., Sharbanoo Nejad, M. and Hemmat, A. 2003. Evaluation of the possibility of shallow tillage in irrigated wheat. J. Agric. Eng. Res. 17(4): 29-46. (in Farsi)

Lefroy, R. B. D., Chaitep, W. and Blair, G. J. 1994. Release of sulfur from rice residue under flooded and non-flooded soil conditions. Aust. J. Agric. Res. 45, 657-667.

Mahapatra, B. S., Sharma, G. L. and Singh, N. 1991. Integrated management of straw and urea nitrogen in lowland rice under a rice-wheat rotation. J. Agric. Sci. Camb. 116, 217-222.

Naderi, A. and Modhej, A. 2007. Irrigated Wheat: Management Your Crop. First Edition. Golbon Press. (in Farsi)

Ponnamperuma, F. N. 1984. Straw as a Source of Nitrogen for Wetland Rice. In: Banta, S. and Mandoza, C. V. (Eds.) Organic Matter and Rice. IRRI. Los Banos. Philippines.

Raison, R. J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformation: a review. Plant Soil. 51, 73-108.

Reshad Sedghi, A. and Zabolestani, M. 2001. Appropriate tillage method for onion transplanting. J. Agric. Eng. Res. 6(2): 55-67 (in Farsi)

Sadeghnejad, H. 2006. Comparison some conservations and conventional tillage methods in farmer fields of Golestan province. Proceeding of the 4th National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Aug. 30. Tabriz. Iran. (in Farsi)

Shahrbanoo Nejad, M. and Sharifi, A. 2002. Evaluation of effect of subsoiler on sugar beet yield. Research Report. No. 214. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). (in Farsi)

Sidhu, B. S. and Beri, V. 1989. Effect of crop residue management on the yields of different crops and soil properties. Biol. Wastes. 27, 15-27.

Singh, S., Tripathi, R. P., Sharma, P. and Kumar, R. 2004. Effect of tillage on root growth, crop performance and economics of rice (Oryza sativa)-wheat (*Triticum aestivum*) system. Indian J. Agric. Sci. 74, 300-304.

Solhjoo, A. A., Loghavi, M., Ahmadi, H. and Rozbeh, M. 2001. Effect of soil moisture content and tillage depth on soil break up and reduction in secondary tillage operation. J. Agric. Eng. Res. 6(2): 1-12. (in Farsi)

Tripathi, R. P., Sharma, P. and Singh, S. 2005. Tilth index: an approach to optimize tillage in rice-wheat system. Soil Till. Res. 80, 125-137.

Tripathi, R. P., Sharma, P. and Singh, S. 2007. Influence of tillage and crop residue on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. Soil Till. Res. 92, 221-226.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.15/No.2/2014/P:45-62*

Effect of Tillage Method and Rice Cultivation on Machine Parameters, Yield and Yield Components of Wheat and Residue Management for Rice-Wheat Rotation in Khuzestan

J. Habibi-Asl[*] and A. A. Gilani

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khouzestan Agriculture & Natural Resources Research Center, Ahwaz, Iran. Email: jhabibi139@yahoo.com
Received: 21 January 2014, Accepted: 9 August 2014

Paddy rice residue covers more than 60000 ha of the Khuzestan plain. High soil moisture content (low evaporation and heavy soil texture), time limitations, and the likelihood of rainfall make conventional tillage methods unsuitable for wheat cultivation after the rice harvest. The present study investigated the best residue management method, and fuel and time savings, to produce acceptable yields and improve the physical properties of the soil. The study was conducted on silty-clay soil from 2010-2012 at Shavoor Agricultural Research Station in northern Ahwaz province in Iran. Testing was conducted in strip plots using a randomized complete block design with three replications. The main plots were tillage method: T1 = conventional plow + disc harrow + leveler; T2 = chisel plow + disc harrow + leveler; T3 = chisel plow + rotavator; T4 = disc harrow + rotavator; T5 = two passes of disc harrow + leveler; T6 = one pass of rotavator; and T7 = no tilling or drilling. Subplots combine two rice residue cover varieties (LD183 and Anboory) with two rice-growing methods (paddling and dry seeding). The results showed that the highest (49.1 l/ha) and lowest (20 l/ha) fuel consumption were recorded for T1 and T7, respectively. Fuel consumption decreased 35% for T2, 20% for T3, 31% for T4, 50% for T5, 44% for T6, and 59% for T7 over T1. T1 at 4.3 h/ha and T7 at 0.5 h/ha had the highest and lowest total operation times, respectively. Total operational time decreased 46% for T2, 35% for T3, 39% for T4, 70% for T5, 53% for T6, and 88% for T7 over T1. Total operational cost of conservation tillage methods decreased 20% to 33% over T1. Type of rice residue and rice growing method had no significant effect on wheat grain yield or on other parameters. There was a significant difference between tillage methods versus seeding depth and soil versus residue break-up. Wheat grain yield for the first year of testing was significant and 9.6% higher than for the second year. The results for sowing wheat after rice harvest in silty-clay soil in Khuzestan province using available machinery recommends tillage methods T7, T5, T2 or T6 instead of conventional method T1.

Keywords: Decreasing tillage, Rice residue, Wheat, Yield, Zero tillage