

## طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین خاک‌ورز نواری فعال قابل انضمام به خطی کار غلات

جعفر حبیبی اصل\* و سیدمحمی‌الدین گوشه\*\*

\* نگارنده مسئول: بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران. تلفن: ۰۶۱)۳۳۷۳۷۴۰۰. پیام‌نگار: jhabibi139@yahoo.com  
\*\* به‌ترتیب: استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی؛ و عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۴

### چکیده

برای نیل به کشاورزی حفاظتی، ماشین "خاک‌ورز نواری فعال قابل انضمام به خطی کار" طراحی و ساخته شد. این ماشین خاک‌ورزی نواری را با تیغه‌های دوار در زمین شخم نخورده و پوشیده از بقایای گیاهی متعلق به محصول پیشین انجام می‌دهد و همزمان بذر و کود را در خاک می‌گذارد. برای اجرای همزمان تهیه زمین و کاشت، یک خطی کار غلات به‌صورت دنباله‌بند با اتصال سه نقطه به دستگاه خاک‌ورز نواری متصل گردید. ماشین خاک‌ورز نواری ساخته شده به همراه کارنده مرکب با آن (که در این تحقیق ماشین خاک‌ورز-کاشت نواری نیز نامیده می‌شود) در شرایط مزرعه ارزیابی و با روش‌های دیگر مقایسه گردید. این ارزیابی به‌صورت نوارهای یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوارهای اصلی شامل چهار روش تهیه زمین و کشت به این ترتیب در نظر گرفته شد: T1، تهیه زمین با گاوآهن برگردان‌دار+دیسک+ماله+کشت با خطی کار غلات (تیمار شاهد)؛ T2، تهیه زمین با دو بار دیسک عمود بر هم + ماله + کشت با خطی کار غلات؛ T3، تهیه زمین با دستگاه چپزل پکر + کشت با خطی کار غلات؛ و T4، تهیه زمین و کشت همزمان با دستگاه ساخته شده خاک‌ورز نواری-کاشت. نوارهای فرعی نیز شامل میزان بذر مصرفی گندم به مقدار  $S1=160$ ،  $S2=200$  و  $S3=240$  کیلوگرم بر هکتار در نظر گرفته شد. پارامترهای مورد اندازه‌گیری و ارزیابی شامل میزان سوخت مصرفی، مدت زمان عملیات، ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای، میزان خرد شدن بقایا، عملکرد و اجزای عملکرد محصول بود. نتایج نشان می‌دهد که تیمار T4 کمترین مصرف سوخت و زمان مورد نیاز را، به‌ترتیب  $8/6$  لیتر بر هکتار و  $1/62$  ساعت بر هکتار، داشته است. همچنین، تیمار T1 با  $2/2$  هکتار بر ساعت دارای کمترین ظرفیت مزرعه‌ای و تیمار T4 با  $62/0$  هکتار بر ساعت دارای بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای بودند. در روش استفاده از ماشین خاک‌ورز نواری-کاشت (T4)، میزان خردشدگی بقایا  $47/46$  درصد دیده شد که از لحاظ آماری با تیمار T2 در یک کلاس قرار دارد. افزون بر این نتایج، استفاده از ماشین جدید باعث شده است تا عملکرد محصول گندم به‌طور متوسط ۱۱ درصد بیش از مقداری باشد که از روش‌های دیگر به‌دست آمده است. نکته مهم دیگر این است که برای به‌کارگیری این ماشین در مزرعه از یک تراکتور مسی فرگوسن 285 هم می‌توان استفاده کرد.

### واژه‌های کلیدی

بقایای گیاهی، تیغه‌های دوار، خاک‌ورزی نواری، طراحی و ساخت، گندم

### مقدمه

گیاهی، قدرت کشتی در دسترس و غیره، در بسیاری از مناطق دنیا و از جمله ایران تقریباً بدون پاسخ مانده است و کشاورزان معمولاً از ادوات مرسوم در هر منطقه استفاده

انتخاب نوع ادوات برای خاک‌ورزی مناسب بر اساس شرایط هر منطقه از جمله آب و هوا، نوع خاک، نوع بقایای

باریک خاک‌ورزی شده‌ای در جلو ردیف‌های کارنده، همزمان با کاشت، ایجاد می‌شود. در این حالت، خاک بین نوارها دست‌نخورده و پوشیده از بقایای گیاهی باقی می‌مانند و از خردشدگی بیش از حد خاک جلوگیری می‌شود. از مزایای خاک‌ورزی نواری می‌توان به کاهش تعداد عملیات ماشینی در زمین، هزینه‌ها، زمان، و مصرف انرژی و پوشیده ماندن سطح وسیعی از زمین (بیش از ۶۰ درصد) با بقایای گیاهی و افزایش راندمان زراعی اشاره کرد (Habibi-Asl & Singh, 2009).

در هندوستان، به‌منظور بررسی تأثیر سه روش خاک‌ورزی (مرسوم، بی‌خاک‌ورزی، و خاک‌ورزی 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، آزمایشی سه ساله اجرا و مشخص شد که خاک‌ورزی نواری 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. مخلوط کردن بقایا نیز طی سه سال بیشترین عملکرد (۵/۸ تن در هکتار) را داشته است. بیشترین عملکرد گندم (۶/۱ تن در هکتار) در تیمار کم‌خاک‌ورزی و مخلوط کردن بقایا با خاک دیده شده است. بیشترین سرعت نفوذ آب (۱/۵ سانتی‌متر بر ساعت) و کمترین جرم مخصوص ظاهری خاک (۱۵۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب) نیز در تیمارهای مخلوط شدن بقایا با خاک مشاهده شده است (Gangwar et al., 2006). یک سیستم حفاظتی شامل بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی، بازگشت بقایای گیاهی به خاک در سطح وسیع می‌تواند در مقایسه با روش‌های زراعی مرسوم، میزان بیوماس و تنوع فعالیت میکرو-فلورای خاک را افزایش دهد (Bram et al., 2007). زمان کاشت گندم پس از محصولات تابستانه مانند برنج و ذرت، به‌دلیل شرایط مدیریت زراعی نقاط مختلف، متفاوت است. نوع عملیات

می‌کنند. روش مطلوب در تهیه زمین، روشی است که با کمترین تردد ماشین در زمین و با صرف زمان، انرژی، و هزینه کمتر بتواند بستری مناسب برای کاشت و رشد گیاه، نفوذ آب در خاک، تهویه بهتر خاک، اختلاط مناسب بقایای گیاهی، و جلوگیری از فرسایش خاک فراهم آورد و در بالا بردن عملکرد نهایی محصول، که از اهداف آن به‌شمار می‌رود، تأثیر بسزایی داشته باشد (Habibi-Asl, 2011).

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 تامین کربن تازه برای تولید بیوماس میکروبی، افزایش جمعیت انواع کرم‌های خاکی، و بهبود حاصلخیزی خاک هستند از مزرعه بیرون می‌برند، ته‌ساقه‌های ایستاده را می‌سوزانند یا برای چرای دام نگه می‌دارند (Asadi et al., 2011).

خاک‌ورزی به معنای به‌هم زدن خاک به کمک نیروی مکانیکی است. منظور از طراحی ابزار خاک‌ورزی، ساخت سیستمی مکانیکی است که بتواند شرایط مورد نظر در خاک را با اعمال نیرو به آن، ایجاد کند (Gill & Vanden-Berg, 1967).

طراحی ادوات کشاورزی همواره با کمبود روش‌های آنالیزی همراه بوده است؛ بسیاری از این ادوات به‌صورت تجربی و آزمون و خطا طراحی شده‌اند. در طراحی وسیله‌ای برای خاک‌ورزی، لازم است مواردی مانند بهینه کردن کارکرد، راندمان، و مسایل اقتصادی تهیه زمین مد نظر قرار بگیرد. بنابراین، طراحی مهندسی بدون روابط تحلیلی بر مبنای اصول علمی موجود دست‌نیافتنی است (Ros et al., 1995). در خاک‌ورزی نواری که روش کم‌خاک‌ورزی حفاظتی به حساب می‌آید، شیار یا نوار

کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و در دو مرحله اجرا شد: در مرحله اول ماشین خاکورز نواری فعال قابل انضمام به خطی کار طراحی و ساخته شد و در مرحله دوم به ارزیابی مزرعه‌ای ماشین ساخته شده پرداخته شد.

### الف) مرحله اول:

در این مرحله، ماشین مورد نظر طوری طراحی شد که خود به تنهایی عملیات خاکورزی نواری با تیغه‌های دوار را انجام دهد. عرض دستگاه ۲/۵ متر و عرض کار مفید آن ۲/۱ متر است: ۱۲ ردیف با فاصله ۱۷/۵ سانتی‌متر از یکدیگر. هر ردیف تیغه، نواری به عرض ۱۰ سانتی‌متر را شخم می‌زند و بنابراین نوارهایی به عرض ۷/۵ سانتی‌متر در بین ردیف‌های کاشت شخم نخورده باقی می‌مانند. محور اصلی که قلب ماشین خاکورز نواری به حساب می‌آید، حرکت دورانی خود را از جعبه‌دنده و سیستم انتقال قدرت ماشین می‌گیرد و باعث درگیر شدن تیغه‌ها با خاک و تداوم عملیات خاکورزی نواری می‌شود. هر تیغه دوار با دو پیچ و مهره به فلانچ متصل است. روی هر فلانچ، ۶ تیغه سوار می‌شود که یک در میان چپ و راست هستند. در این ماشین، ۱۲ فلانچ روی محور اصلی قرار دارد. نحوه قرارگیری تیغه‌ها روی فلانچ‌ها طوری است که هر تیغه نسبت به تیغه کناری خود زاویه ۵ درجه داشته باشد. این تمهید، آرایش تیغه‌ها را روی فلانچ‌ها به صورت مارپیچی درمی‌آورد و کمترین لرزش را در هنگام کار با ماشین ایجاد می‌کند.

تیغه‌های دوار که عامل اصلی خاکورزی و مصرف‌کننده انرژی در ماشین خاکورزی نواری هستند، طوری انتخاب می‌شوند که کمترین انرژی مصرفی را داشته باشند. در این تحقیق از تیغه‌های دوار C شکل استفاده شد که حیثی اصل و سینگ (Habibi-Asl & Singh, 2009) برای خاکورزی نواری

تهیه زمین نیز بسته به نوع خاک متفاوت است ولی محدودیت زمانی وجود خواهد داشت. شدت و تعدد عملیات، مصرف انرژی را بالا می‌برد و کاشت گندم را به تعویق می‌اندازد. مدیریت بقایا نیز در این شرایط اهمیتی خاص خواهد داشت. بررسی‌ها نشان داده‌اند که دیر کاشتن گندم یکی از مهمترین علل کاهش عملکرد آن است (Habibi-Asl, 2011). در تحقیقاتی در هندوستان و دیگر نقاط برنج خیز جهان، بر این موضوع تاکید شده است که با اعمال روش مناسب خاکورزی، عملیات کاشت می‌تواند در زمان مناسب و با حداقل هزینه انجام پذیرد (Hoobs et al., 1988). مخلوط کردن بقایا در خاک و اپتیمم کردن عملیات تهیه زمین با استفاده از عملیات کم‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی نواری، و بی‌خاک‌ورزی می‌تواند از فرسایش سریع خاک جلوگیری کند و عملکرد محصول را افزایش دهد (Tripathi et al., 2005).

از نتایج تحقیقات داخل کشور در زمینه تأثیر روش‌های مختلف تهیه زمین بر عملکرد گندم چنین استنباط می‌شود که خرد کردن بقایای گیاهی کشت قبلی و استفاده از سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی باعث افزایش ذخیره رطوبتی در خاک، افزایش عملکرد گندم و کاهش هزینه خاک‌ورزی می‌شود (Javadi & Shahidzadeh, 2006).

در این تحقیق، با هدف حفظ بقایا و افزایش راندمان زراعی خاک‌ورزی و کاشت و با کاهش هزینه‌های تولید، پایین آوردن مصرف انرژی مخصوص و کاستن از مدت زمان اجرای عملیات و تعداد تردهای ماشین در زمین، یک ماشین خاکورز نواری ساخته شد و پس از تلفیق آن با خطی کار غلات، عملکرد آن با بقیه روش‌های مورد استفاده در منطقه مقایسه گردید.

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در بخش تحقیقات فنی و مهندسی

فلز و خاک، نیروهای دینامیکی دیگر نیز که صرف جابه‌جایی و پرتاب خاک می‌شوند کمتر خواهند شد و در نتیجه مقدار کار مخصوص کاهش خواهد یافت (Beeny & Khoo, 1970; Habibi-Asl & Singh, 2009). مشخصات ابعادی تیغه طراحی شده در جدول ۱ ارائه شده است.

طراحی کرده‌اند. این تیغه‌ها بر اساس تئوری کمینه کردن "نسبت سطح تماس تیغه با خاک به حجم خاک به هم خورده در هر ضربه تیغه" طراحی شده‌اند. با کاهش سطح تماس تیغه با خاک در حجمی ثابت از خاک به هم خورده، علاوه بر کاهش نیروی اصطکاکی بین

جدول ۱- مشخصات ابعادی تیغه C شکل طراحی شده متناسب با حداقل نسبت سطح تماس تیغه با خاک به واحد حجم خاک به هم خورده

مقدار	مشخصه مورد نظر
۵۷	زاویه انحنای تیغه (درجه)
۷۶	شعاع انحنای تیغه (میلی‌متر)
۷۶	طول انحنای تیغه (میلی‌متر)
۵۰	عرض کار تیغه (میلی‌متر)
۷۲/۶	حداکثر سطح تماس تیغه با خاک در عمق کار ۱۰ سانتی‌متر (سانتی‌متر مربع)
۱۴۱	طول تیغه (میلی‌متر)
۶۰	پهنای تیغه (میلی‌متر)

محاسبه است (Hendrick & Gill, 1974):

$$\gamma = \Delta\delta + \delta' + \delta'' \quad (1)$$

که در آن،

$\delta'$  و  $\delta''$  = به ترتیب زاویه‌های آزادی موثر و آزادی واقعی تیغه؛ و  $\Delta\delta$  = زاویه بین خط عمود بر شعاع دوران و خط مماس بر حرکت تیغه در فضا.

در تحقیق حاضر،  $\delta'$  و  $\delta''$  با توجه به منابع در دسترس به ترتیب ۵ و ۳ درجه انتخاب شدند تا احتمال برخورد سطح پشتی تیغه با خاک دست نخورده با کف شیار شخم به حداقل رسانده شود (Hendrick & Gill, 1971; Hendrick & Gill, 1974).

زاویه  $\Delta\delta$  پس از تحلیل و استفاده از معادلات پارامتری حرکت تیغه از رابطه ۲ تعیین می‌شود (Habibi-Asl, 2013):

پارامتر مهم دیگری که بر کارکرد تیغه‌های دوار تأثیر بسزایی می‌گذارد، زاویه استقرار آنها بر فلانج است. این زاویه از مجموع زاویه برش و زاویه بین سطح تیغه و خط مماس بر مسیر حرکت فضایی تیغه ( $\delta$ ) به دست می‌آید. زاویه ( $\delta$ ) از منابع علمی قابل استحصال است. ولی زاویه برش که در مسیر حرکت تیغه در دایره دوران متغیر است، بر اساس حداقل نسبت سرعت محیطی به سرعت خطی، شعاع دوران، حداکثر عمق کار، نحوه تیزی تیغه‌ها، و زاویه برخورد تیغه‌ها به خاک نسبت به افق، محاسبه می‌شود. این زاویه باید طوری انتخاب شود که سطح پشتی تیغه‌ها (حتی در کمترین مقدار ممکن نسبت سرعت محیطی به سرعت پیشروی) با خاک دست‌نخورده برخورد نکند و باعث سایش تیغه‌ها، افزایش نیروهای اصطکاکی، و تراکم بستر بذر نگردد.

زاویه برش تیغه دوار زاویه بین سطح تیغه و خط عمود بر شعاع دوران تیغه تعریف شده و از رابطه ۱ قابل

محاسبه و منحنی‌های آن را رسم شده است (Hendrick & Gill, 1974). در تحقیق حاضر، با استفاده از این منحنی‌ها، مقدار مناسب  $\lambda$  در محدوده سرعت پیشروی ۴-۶ کیلومتر بر ساعت برای ماشین خاک‌ورز نواری با شش تیغه بر هر فلانچ، حداقل ۳/۵ به دست آمد. تحت این شرایط سرعت دورانی تیغه‌ها طبق رابطه ۴ در محدوده ۱۷۵ تا ۲۵۹ دور در دقیقه به دست آمد. از این‌رو جعبه دنده مورد نظر انتخاب شد.

$$\lambda = \frac{2\pi RN}{60V} \quad (4)$$

که در آن،

$\lambda$  = نسبت سرعت محیطی به سرعت پیشروی؛  $V$  = سرعت پیشروی ماشین بر حسب متر بر ثانیه؛  $N$  = سرعت دورانی تیغه‌ها بر حسب دور بر دقیقه؛ و  $R$  = شعاع دوران تیغه بر حسب متر.

شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب نماهای روبه‌رو و پشت طرح سه‌بعدی ماشین خاک‌ورز نواری را پس از طراحی نشان می‌دهند. شکل ۳ نیز ماشین خاک‌ورز نواری را پس از ساخت نشان می‌دهد. قابلیت مهم این دستگاه، امکان منضم شدن آن به خطی کار غلات است. بدین منظور یک محل اتصال سه نقطه مشابه اتصال سه نقطه تراکتور، در پشت دستگاه تعبیه شده است که باعث می‌شود نه تنها تهیه زمین و کاشت با یک بار عبور ماشین از زمین صورت پذیرد، بلکه شیاربازکن‌های خطی کار بذرها را در محل مناسب، یعنی در نوارهای خاک‌ورزی شده قرار دهند. بنابراین، فاصله ردیف‌های این خطی کار نیز مانند دستگاه خاک‌ورز نواری ۱۷/۵ سانتی‌متر و در امتداد ردیف‌های تیغه‌های آن تنظیم شد. ماشین خاک‌ورز نواری از لحاظ ساختاری با رتیواتور شباهت دارد، ولی عملکرد آن متفاوت است. در تهیه زمین با رتیواتور، تمامی سطح مزرعه شخم می‌خورد و عمق شخم نیز بیشتر است. ولی در ماشین خاک‌ورز نواری تیغه‌های فلانچ‌های مجاور هم از یکدیگر

$$\Delta\delta = (90 + \alpha) - \tan^{-1}\left(\frac{R\omega \cos\alpha}{V - R\omega \sin\alpha}\right) \quad (2)$$

که در آن،

$V$  = سرعت پیشروی ماشین بر حسب متر بر ثانیه؛  
 $\omega$  = سرعت زاویه‌ای تیغه بر حسب رادیان بر ثانیه؛  
 $R$  = شعاع دوران تیغه بر حسب متر؛ و  $\alpha$  = زاویه مکانی تیغه نسبت به افق بر حسب درجه.

مقادیر مختلف زاویه  $\Delta\delta$  با حل رابطه ۲ به کمک برنامه‌نویسی کامپیوتری در فضای فرترن در سرعت‌های مختلف محیطی و خطی تیغه دوار برای خاک‌ورزی نواری و در زاوی‌های مختلف مکانی تیغه نسبت به افق (زاویه  $\alpha$ ) تعیین می‌شود.

در پژوهش حاضر زاویه  $\Delta\delta$  در حداکثر عمق کاری (برابر ۱۰۰ میلی‌متر)، ۳۲ درجه محاسبه شد. از این‌رو حداکثر زاویه برش مورد نیاز تیغه‌ها از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$\gamma = \Delta\delta + \delta' + \delta'' = 23^\circ + 5^\circ + 3^\circ = 31^\circ \quad (3)$$

برای انتقال حرکت دورانی محور توان‌دهی تراکتور به محور اصلی ماشین، از یک جعبه دنده مکانیکی استفاده شد. این جعبه دنده، سرعت دورانی ۵۴۰ دور بر دقیقه محور توان‌دهی تراکتور را باید ۲/۵ برابر کاهش دهد. سرعت دورانی تیغه‌ها و سرعت پیشروی ماشین دو عامل تعیین‌کننده شدت خاک‌ورزی و اندازه تکه‌های جدا شده خاک هستند که در طراحی خاک‌ورزهای دوار به صورت نسبت سرعت محیطی تیغه‌ها به سرعت پیشروی ماشین ( $\lambda$ ) بیان می‌شود که پارامتری بدون واحد است. اندازه این پارامتر علاوه بر تعیین میزان خردشدگی خاک، تعیین‌کننده کف شیار شخم خورده نیز هست، بدین ترتیب که اگر از میزانی مشخص کمتر شود، کف شیار دچار برآمدگی‌های شخم نخورده خواهد شد. طی تحقیقی مقادیر متفاوت  $\lambda$  برای تعدادی از تیغه‌های مختلف

قبلی) اجرا شد. میزان بقایای برنج در سطح مزرعه به‌طور متوسط ۲۷۵۰ کیلوگرم در هکتار با رطوبت وزنی ۲۱ درصد بود. پارامترهای مورد اندازه‌گیری و ارزیابی شامل میزان سوخت مصرفی، مدت زمان عملیات، ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای، میزان خرد شدن بقایا، عملکرد و اجزای عملکرد محصول بود. نحوه اندازه‌گیری پارامترهای فنی ماشین به شرح زیر بود:

**مقدار سوخت مصرف شده:** برای تعیین مقدار سوخت مصرف شده از روش "باک پر" استفاده شد. در این روش، قبل از شروع عملیات مخزن سوخت ماشین کاملاً پر و لبریز شد. پس از پایان عملیات مخزن سوخت دوباره لبریز گردید. مقدار سوخت مورد نیاز برای پر کردن مجدد مخزن سوخت در پایان عملیات، برابر مقدار سوخت مصرفی در مساحت یا مدت زمان اجرای کار توسط ماشین در نظر گرفته شد. این بخش از آزمایش در قطعات نسبتاً وسیع به اندازه ۱۵×۴۰ متر اجرا شد (Habibi-Asl, 2011).

**مدت زمان مورد نیاز عملیات:** برای تعیین مدت زمان مورد نیاز برای هر یک 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 (۱۵×۴۰ متر)، با زمان‌سنج به‌طور جداگانه محاسبه شد؛ پس از آن، با مشخص بودن سطح عملیات و جمع کردن مدت زمان‌های مفید و غیرمفید (مدت 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 سطح یا ماده توسط ماشین در مدت یک ساعت) برای هر ماشین با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد. برای محاسبه ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای، کل هر سامانه

فاصله داشته و همپوشانی ندارند، یعنی تمامی سطح مزرعه شخم نخواهد خورد. همچنین، عمق شخم سطحی (حداکثر ۱۰۰ میلی‌متر) است و فقط شیار برای استقرار بستر بذر ایجاد می‌شود. شکل ۴ ترکیب دستگاه خاک‌ورز نواری و خطی کار غلات را نشان می‌دهد که در حال کاشت گندم در بقایای برنج است.

### ب) مرحله دوم:

در این مرحله، دستگاه مرکب خاک‌ورز-کاشت نواری<sup>۱</sup> ساخته شده در یک آزمایش مزرعه‌ای، ارزیابی و با سه روش خاک‌ورزی کاشت مقایسه گردید. آزمایش به‌صورت نوارهای یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نوارهای اصلی شامل چهار روش تهیه زمین و کشت به این ترتیب در نظر گرفته شد: T1، تهیه زمین با گاواهن برگردان‌دار+دیسک+ ماله + کشت با خطی کار غلات (تیمار شاهد)؛ T2، تهیه زمین با دو بار دیسک عمود بر هم + ماله + کشت با خطی کار غلات؛ T3، تهیه زمین با دستگاه چیزل پکر + کشت با خطی کار غلات؛ و T4، تهیه زمین و کشت همزمان با دستگاه ساخته شده خاک‌ورز - کاشت نواری. نوارهای فرعی نیز شامل میزان بذر مصرفی گندم به مقدار  $S1=160$  ،  $S2=200$  و  $S3=240$  کیلوگرم بر هکتار در نظر گرفته شد. ابعاد نوارهای اصلی و فرعی به ترتیب  $18 \times 30$  متر و  $6 \times 30$  متر در نظر گرفته شد. دلیل انتخاب تیمارهای آزمایشی را این‌گونه می‌توان توضیح داد: تیمار T1 تیمار شاهد و خاک‌ورزی و کاشت مرسوم منطقه است؛ تیمارهای T2 و T3 روش‌های کم‌خاک‌ورزی حفاظتی برتر هستند که در تحقیقات گذشته در منطقه خوزستان توصیه شده‌اند و تیمار T4 نیز ماشین خاک‌ورز-کاشت نواری طراحی و ساخته شده در پژوهش حاضر می‌باشد. کلیه عملیات تهیه زمین در رطوبت مناسب و شرایط یکسان و در زمین پوشیده از بقایای گیاهی برنج (کشت

$e$  = بازده مزرعه‌ای به اعشار؛ و  $n$  = تعداد عملیات مورد نیاز هر سیستم.

میزان خرد شدن بقایای گیاهی: برای این کار در تیمارهای با بقایای گیاهی، قبل از اجرای عملیات خاک‌ورزی، چهار نقطه از هر کرت آزمایشی به طور تصادفی به اندازه یک متر مربع انتخاب شد. بقایای گیاهی سطح خاک جمع‌آوری و میانگین طول آنها اندازه‌گیری شد. این کار قبل و بعد از اجرای هر تیمار خاک‌ورزی اجرا شد. نسبت میانگین طولی بقایا، قبل و بعد از عملیات، معیار خردشدگی آنها در نظر گرفته شد.

در پایان، تجزیه واریانس داده‌ها انجام شد و میانگین صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه گردید.

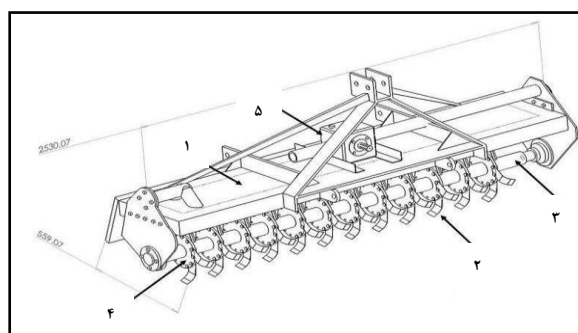
(شامل تهیه زمین و کاشت) از رابطه ۶ استفاده شد (Habibi-Asl, 2011).

$$C_n = \frac{VWe}{10} \quad (5)$$

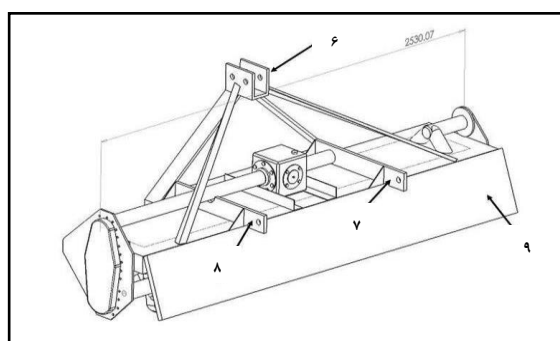
$$C_a = \frac{1}{\sum_i^n \frac{1}{C_{ni}}} \quad (6)$$

که در آنها،

$C_n$  = ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای ماشین خاص بر حسب هکتار بر ساعت؛  $C_a$  = ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای بر حسب هکتار بر ساعت؛  $V$  = سرعت پیشروی ماشین بر حسب کیلومتر بر ساعت؛  $W$  = عرض کار نامی (کل) ماشین بر حسب متر؛



شکل ۱- نقشه سه‌بعدی نمای روبه‌رو ماشین خاکورز نواری (۱- قاب، ۲- تیغه، ۳- محور دوار، ۴- فلانچ و ۵- جعبه‌دنده)



شکل ۲- نقشه سه‌بعدی نمای پشت ماشین خاکورز نواری (۶، ۷ و ۸- محل اتصال‌های سه‌نقطه، ۹- درپوش عقب)



شکل ۳- ماشین خاک‌ورزی نواری متصل به تراکتور



شکل ۴- ترکیب ماشین خاک‌ورز نواری و خطی کار غلات  
در حال کاشت گندم در بقایای برنج

## نتایج و بحث

افزایش مصرف سوخت تیمار T1 نسبت به تیمارهای دیگر، علاوه بر بیشتر بودن تعداد عملیات، استفاده از گاوآهن برگردان‌دار است که به تنهایی مصرف سوخت را ۳۳ درصد افزایش می‌دهد. در مقایسه بین تیمارهای T2 (دوبار دیسک و T3 (یک بار چیزل پکر)، به دلیل بیشتر بودن عمق شخم چیزل پکر (۳۰-۲۵ سانتی‌متر) نسبت به دیسک (۱۵-۱۰ سانتی‌متر)، باعث شد که یک بار چیزل پکر تقریباً معادل همان دو بار دیسک مصرف سوخت نماید و این دو تیمار اختلاف معنی‌داری از لحاظ مصرف سوخت نداشته باشند. در تیمار T4 نیز به دلیل کم‌خاک‌ورزی نواری در عمق ۱۰ سانتی‌متر از یک طرف و ادغام عملیات تهیه بستر بذر و کاشت از طرف دیگر، مصرف سوخت به نسبت بالایی از دیگر تیمارها کمتر است.

**مصرف سوخت:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که از نظر مقدار مصرف سوخت، بین روش‌های خاک‌ورزی-کاشت تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۲). بیشترین مقدار مصرف سوخت به میزان ۵۶/۲ لیتر بر هکتار از تیمار T1 و کمترین آن به میزان ۸/۶ لیتر بر هکتار از تیمار T4 به دست آمده است. با استفاده از ماشین خاک‌ورز-کاشت نواری، میزان مصرف سوخت از ۷۲ تا ۸۵ درصد نسبت به تیمارهای دیگر کاهش یافته که مقداری است بسیار قابل توجه (جدول ۳). شکل ۵ یکی از تیمارهای کشت شده با ماشین ساخته شده خاک‌ورز-کاشت نواری (تیمار T4S2) در این تحقیق را ده هفته پس از کاشت گندم نشان می‌دهد. دلیل



آنها بستگی دارد. به طور مثال در ماشین خاکورز نواری، تیمار T4، اگرچه سرعت پیشروی نسبت به سرعت پیشروی ادوات دیگر کمتر است (به طور متوسط ۴/۷ کیلومتر بر ساعت)، ولی به دلیل اجرای همه عملیات (تهیه بستر بذر، کاشت بذر، و کوددهی در یک بار عبور ماشین از مزرعه)، مدت زمان کل عملیات کمتر است تا در تیمارهای دیگر. می توان با افزایش قدرت تراکتور و انتخاب ادوات با عرض کار بیشتر، مدت زمان مورد نیاز برای هر سیستم را کاهش داد، اما در شرایط یکسان از نظر منبع توان (همانند شرایط این پژوهش) و انطباق درست ماشین ها و ادوات با آن، وجود اختلاف در نوع عملیات در سیستم های مختلف باعث اختلاف در مدت زمان مورد نیاز آنها خواهد شد.

**مدت زمان مورد نیاز:** نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که بین سیستم های مختلف خاکورزی-کاشت از نظر جمع کل مدت زمان مورد نیاز برای اجرای مجموعه عملیات پیش بینی شده در هر سیستم، اختلاف معنی دار در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۲). بیشترین زمان مورد نیاز با ۴/۹ ساعت بر هکتار در تیمار با گاواهن برگردان دار (T1) و کمترین آن با ۱/۶۲ ساعت بر هکتار در تیمار خاکورزی-کاشت نواری (T4) به دست آمده است (جدول ۳).

تفاوت های ایجاد شده بین تیمارهای مختلف از آنجا ناشی می شود که کل زمان مورد نیاز در سیستم های مختلف خاکورزی و کاشت به نوع و تعداد رفت و آمد ماشین ها و ادوات روی زمین، سرعت پیشروی و عرض کار



شکل ۵- تیمار T4S2 کشت شده با ماشین خاکورز-کاشت نواری (ده هفته پس از کاشت)

**میزان خرد شدن بقایای گیاهی:** نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که میزان خرد شدن بقایای گیاهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف معنی دار شده است به طوری که بیشترین درصد خردشدگی بقایا به میزان ۶۷/۵۶ درصد به تیمار T2 و کمترین آن به میزان ۳۵/۹۶ درصد به تیمار T1 اختصاص دارد. در روش استفاده از دستگاه خاکورز-کاشت نواری (T4)، میزان خردشدگی بقایا ۴۶/۴۷ درصد است که از لحاظ آماری با تیمار T3 در یک کلاس قرار دارد (جدول ۳).

**ظرفیت مزرعه ای مؤثر:** در این پژوهش نشان داده شد که تیمار T1 با ۰/۲ هکتار بر ساعت کمترین و تیمار T4 با ۰/۶۲ هکتار بر ساعت بیشترین ظرفیت مزرعه ای را دارند (جدول ۳). حذف عملیات شخم با گاواهن، کاستن از رفت و آمد ماشین ها و ادوات و استفاده از ماشین نیازمند به توان کششی کمتر در تیمار T4 باعث کاهش در زمان مورد نیاز برای خاکورزی و کاشت و در نتیجه افزایش معنی دار ظرفیت مزرعه ای مؤثر در این تیمار گردید.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تیمار روش خاک‌ورزی- کاشت بر شاخص‌های مورد اندازه‌گیری

میانگین مربعات (MS)					منبع تغییرات
میزان خرد شدن بقایای گیاهی	ظرفیت مزرعه‌ای	زمان مورد نیاز	مصرف سوخت	درجه آزادی	
۴/۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۹۲	۱۹/۹۸	۲	تکرار
۵۲۰/۵۳**	۰/۱۰۸**	۶/۶۴۵**	۱۱۷۸/۵**	۳	روش خاک‌ورزی- کاشت
۱/۵۶	۰/۰۰۲	۰/۰۶۱	۱۵/۰۴	۶	خطای آزمایش
۲/۵ درصد	۸/۴ درصد	۸/۵ درصد	۱۱/۴ درصد		ضریب تغییرات (CV)

\*\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه و گروه‌بندی میانگین شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در تیمارهای مختلف

میانگین شاخص‌ها و مقایسه آنها با آزمون دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد)				تیمار
میزان خرد شدن بقایای گیاهی (درصد)	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار در ساعت)	زمان مورد نیاز (ساعت در هکتار)	مصرف سوخت (لیتر بر هکتار)	(روش خاک‌ورزی- کاشت)
۳۵/۹ <sup>c</sup>	۰/۲۰ <sup>d</sup>	۴/۹۰ <sup>a</sup>	۵۶/۲ <sup>a</sup>	T1
۶۷/۵ <sup>a</sup>	۰/۵۲ <sup>b</sup>	۱/۹۲ <sup>c</sup>	۳۱/۶ <sup>b</sup>	T2
۴۸/۲ <sup>b</sup>	۰/۳۲ <sup>c</sup>	۳/۱۲ <sup>b</sup>	۳۹/۹ <sup>b</sup>	T3
۴۶/۵ <sup>b</sup>	۰/۶۲ <sup>a</sup>	۱/۶۲ <sup>c</sup>	۸/۶ <sup>c</sup>	T4

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

## عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم: نتایج تجزیه

واریانس میانگین مربعات اثر سطوح مختلف روش خاک‌ورزی- کاشت و مقادیر بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در جدول ۴ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که از نظر عملکرد دانه، اختلاف بین روش‌های خاک‌ورزی و کاشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ولی از نظر دیگر صفات زراعی، بین روش‌های خاک‌ورزی و کاشت و مقدار بذر مصرفی و اثر متقابل آنها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. مقایسه میانگین داده‌ها برای روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه به میزان ۶۱۴۴ و ۵۴۶۹ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب از روش‌های خاک‌ورزی- کاشت نواری (T4) و چیزل پکر (T3) به دست آمده است (جدول ۵). گفتنی است که بین تیمارهای خاک‌ورزی و کاشت T1، T2 و T3 از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۶).

افزایش معنی‌دار ۱۱ درصد در عملکرد محصول در تیمار خاک‌ورزی- کاشت نواری، نسبت به تیمارهای دیگر، را می‌توان به اصلاح الگوی کاشت در ماشین خاک‌ورزی- کاشت نواری نسبت داد. همچنین، باقی ماندن اغلب بقایای محصول قبلی بین ردیف‌های کاشت، در حفظ رطوبت خاک تأثیر داشته است. معنی‌دار نشدن تفاوت میانگین عملکرد دانه برای روش‌های کم‌خاک‌ورزی T2 و T3 با روش مرسوم T1 در بقایای برنج، بیانگر این است که روش‌های کم‌خاک‌ورزی توانسته‌اند مانند روش مرسوم شخم با گاوآهن برگردان‌دار (T1) بستر مناسبی برای کاشت بذر و استقرار گیاهچه ایجاد کنند و می‌توانند جایگزین روش مرسوم شوند. بنابراین، معیار تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع سیستم خاک‌ورزی کمینه در بقایای برنج به جای روش مرسوم می‌تواند بر اساس شاخص‌هایی مانند هزینه خاک‌ورزی، مصرف سوخت و انرژی، میزان فشرده‌گی خاک، ظرفیت مزرعه‌ای و نوع ماشین‌ها و ادوات در دسترس باشد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات اثر سطوح مختلف روش خاک‌ورزی - کاشت و مقادیر بذر بر عملکرد دانه و دیگر صفات مورد بررسی

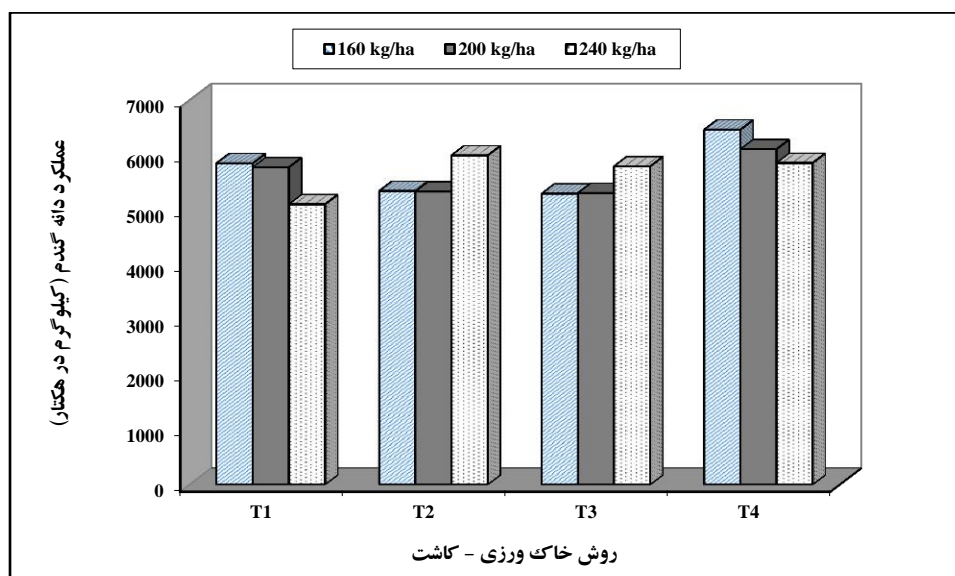
مقادیر میانگین مربعات (MS) برای صفات مورد بررسی						
منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله بر متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۴۶۲/۵	۰/۷۹	۱/۰۸	۹۳۶۴۷/۸	۱/۱۷
روش خاک‌ورزی-کاشت (A)	۳	۶۸۵۹/۱ <sup>ns</sup>	۲/۳۰ <sup>ns</sup>	۷/۳۰ <sup>ns</sup>	۸۵۱۰۲۹/۸*	۰/۰۷ <sup>ns</sup>
خطای آزمایش	۶	۱۳۲۳/۴	۲/۳۷	۱/۶۳	۱۰۹۹۳۸/۲	۰/۳۳
مقادیر بذر (B)	۲	۴۷۷۵/۳ <sup>ns</sup>	۲۲/۵۹ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۳۴۰۸۳/۷ <sup>ns</sup>	۲۰/۱۹ <sup>ns</sup>
AB	۶	۴۲۳۹/۵ <sup>ns</sup>	۹/۸۵ <sup>ns</sup>	۱/۸۹ <sup>ns</sup>	۴۷۴۲۶۷/۰*	۱۱/۵۶ <sup>ns</sup>
خطای آزمایش	۱۶	۱۴۷۲/۷	۰/۸۴	۴/۱۸	۲۲۵۴۱۲/۶	۰/۵۴
ضریب تغییرات (CV) (درصد)		۹/۳۱	۲/۸۲	۱/۱۸	۸/۳۵	۱/۷۵

\* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و n.s نبود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- میانگین صفات مورد بررسی در سطوح مختلف تیمار خاک‌ورزی-کاشت و مقادیر بذر

میانگین صفات و مقایسه آنها با آزمون دانکن (سطح احتمال ۵ درصد)						
تیمار	تعداد سنبله بر متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	
تکرار	R1	۴۲۴ <sup>a</sup>	۳۲ <sup>a</sup>	۴۲/۹ <sup>a</sup>	۵۷۹۰ <sup>a</sup>	۴۱/۵ <sup>a</sup>
	R2	۴۰۹ <sup>a</sup>	۳۲ <sup>a</sup>	۴۳/۴ <sup>a</sup>	۵۶۴۳ <sup>a</sup>	۴۱/۹ <sup>a</sup>
	R3	۴۰۳ <sup>a</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۴۳/۵ <sup>a</sup>	۵۶۳۲ <sup>a</sup>	۴۲/۰ <sup>a</sup>
روش خاک‌ورزی و کاشت	T1	۳۹۶ <sup>b</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۴۳/۰ <sup>a</sup>	۵۵۸۰ <sup>a</sup>	۴۱/۹ <sup>a</sup>
	T2	۴۰۷ <sup>b</sup>	۳۲ <sup>a</sup>	۴۲/۹ <sup>a</sup>	۵۵۶۰ <sup>a</sup>	۴۱/۷ <sup>a</sup>
	T3	۳۹۳ <sup>b</sup>	۳۲ <sup>a</sup>	۴۴/۶ <sup>a</sup>	۵۶۶۹ <sup>a</sup>	۴۱/۸ <sup>a</sup>
	T4	۴۵۳ <sup>ab</sup>	۳۲ <sup>a</sup>	۴۲/۶ <sup>a</sup>	۶۱۴۴ <sup>b</sup>	۴۱/۹ <sup>a</sup>
مقادیر بذر	S1	۴۱۰ <sup>a</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۴۳/۴ <sup>a</sup>	۵۷۴۱ <sup>a</sup>	۴۲/۱ <sup>a</sup>
	S2	۳۹۳ <sup>a</sup>	۳۴ <sup>a</sup>	۴۳/۴ <sup>a</sup>	۵۶۳۵ <sup>a</sup>	۴۲/۹ <sup>a</sup>
	S3	۴۳۳ <sup>ab</sup>	۳۱ <sup>a</sup>	۴۳/۱ <sup>a</sup>	۵۶۸۹ <sup>a</sup>	۴۰/۴ <sup>a</sup>
اثر متقابل روش خاک‌ورزی - کاشت و مقادیر بذر	T1S1	۳۹۷ <sup>c</sup>	۳۴ <sup>a</sup>	۴۳/۴ <sup>a</sup>	۵۸۵۳ <sup>ab</sup>	۴۴/۲ <sup>a</sup>
	T1S2	۳۸۸ <sup>cd</sup>	۳۵ <sup>a</sup>	۴۲/۸ <sup>a</sup>	۵۷۸۱ <sup>ab</sup>	۴۴/۱ <sup>a</sup>
	T1S3	۴۰۴ <sup>c</sup>	۳۰ <sup>a</sup>	۴۲/۸ <sup>a</sup>	۵۱۰۶ <sup>b</sup>	۳۷/۴ <sup>ab</sup>
	T2S1	۴۰۲ <sup>c</sup>	۳۲ <sup>a</sup>	۴۲/۷ <sup>a</sup>	۵۳۴۸ <sup>b</sup>	۴۱/۰ <sup>a</sup>
	T2S2	۳۵۴ <sup>d</sup>	۳۵ <sup>a</sup>	۴۲/۷ <sup>a</sup>	۵۳۳۸ <sup>b</sup>	۴۳/۵ <sup>a</sup>
	T2S3	۴۶۵ <sup>ab</sup>	۳۰ <sup>a</sup>	۴۳/۴ <sup>a</sup>	۵۹۹۶ <sup>ab</sup>	۴۰/۶ <sup>a</sup>
	T3S1	۳۵۶ <sup>d</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۴۴/۸ <sup>a</sup>	۵۲۹۹ <sup>b</sup>	۴۲/۰ <sup>a</sup>
	T3S2	۳۸۵ <sup>cd</sup>	۳۱ <sup>a</sup>	۴۵/۷ <sup>a</sup>	۵۳۱۱ <sup>b</sup>	۴۱/۶ <sup>a</sup>
	T3S3	۴۳۹ <sup>bc</sup>	۳۱ <sup>a</sup>	۴۳/۳ <sup>a</sup>	۵۷۹۷ <sup>b</sup>	۴۱/۹ <sup>a</sup>
	T4S1	۴۸۵ <sup>ab</sup>	۳۲ <sup>a</sup>	۴۲/۴ <sup>a</sup>	۶۴۶۵ <sup>a</sup>	۴۱/۳ <sup>a</sup>
	T4S2	۴۴۷ <sup>abc</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۴۲/۴ <sup>a</sup>	۶۱۰۹ <sup>a</sup>	۴۲/۷ <sup>a</sup>
	T4S3	۴۲۶ <sup>bc</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۴۳/۱ <sup>a</sup>	۵۸۵۷ <sup>ab</sup>	۴۱/۷ <sup>a</sup>

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



شکل ۶- مقایسه میانگین عملکرد گندم در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی- کاشت در مقادیر مختلف بذر

## نتیجه‌گیری

کم‌خاک‌ورزی حفاظتی توصیه و به‌کار گرفته شده، مصرف سوخت دست کم ۲۸ لیتر در هکتار کاهش یافته است. این نتایج در حالی به دست آمده که با استفاده از این دستگاه عملکرد محصول گندم به طور متوسط ۱۱ درصد بیش از عملکرد گندم در روش‌های دیگر است. بر اساس نتایج به دست آمده از ارزیابی ماشین خاک‌ورزی-کاشت نواری و مقایسه آن با آنچه در دیگر روش‌ها به کار گرفته می‌شود، استفاده از این ماشین برای کشت غلات دانه ریز در بقایای محصول قبلی توصیه می‌شود.

از ارزیابی‌های مزرعه‌ای برای کشت گندم در بقایای برنج با ماشین خاک‌ورزی-کاشت نواری نتایج مطلوب به دست آمده است. در مقایسه این ماشین با آنچه در روش مرسوم (گاواهن برگردان‌دار + دیسک + ماله + خطی کار) به کار گرفته می‌شود، میزان مصرف سوخت از ۵۶/۲ به ۸/۶ لیتر در هکتار و کل مدت زمان اجرای عملیات از ۵/۱ به ۱/۶ ساعت در هکتار کاهش یافته است. همچنین در مقایسه با آنچه در دیگر تیمارهای

## 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 Persian)
- 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.
- Beeny, J. M. and Khoo, D. C. P. 1970. Preliminary investigation into the performance of different shaped blades for the rotary tillage of wet rice soil. *J. Agric. Eng. Res.* 15, 27-33.
- 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.

- Gill, W. R. and Vanden-Berg, G. E. 1967. Soil dynamics in tillage and traction. Agriculture Handbook. No. 316. USDA Agricultural Research Service.
- 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 Persian)
- Habibi-Asl, J. 2013. Improvement of rotary blades for strip-tillage in Khuzestan heavy texture soils. Research Report. No. 42851. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). (in Persian)
- Habibi-Asl, J. and Singh, S. 2009. Optimization and evaluation of rotary tiller blades: Computer solution of mathematical relations. Soil Till. Res. 106, 1-7.
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R. 1971. Rotary tiller design parameters part III- ratio of peripheral and forward velocities. Trans -ASAE. 14 (4): 679-683.
- Hendrick, J. G. and Gill, W. R. 1974. Rotary tiller design parameters part IV- blade clearance angle. T -ASAE. 17(1): 4-7.
- 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. Thailand.
- Javadi, A. and Shahidzadeh, M. 2006. Evaluation of effect of a new combined machine on secondary tillage operations. 4<sup>th</sup> National Farm Machinery and Mechanization Conference. Tabriz University. (in Persian)
- Ros, V., Smith, R. J., Marley, S. J. and Erbach, D. C. 1995. Mathematical modeling and computer aided design of the passive tillage tools. T-ASAE. 38 (3): 675-683.
- Tripathi, R. P., Sharma, P. and Singh, S. 2005. Tilth index: an approach to optimize tillage in rice–wheat system. Soil and Till. Research. 80: 125-137.



## **Design, Construction and Evaluation of Active Strip Tillage Machine Attachable to Seed Drill**

**J. Habibi-Asl<sup>\*</sup> and S. M. Goosheh**

\* Corresponding Author: Assistant Professor, Agriculture Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran. Email: jhabibi139@yahoo.com  
Received: 18 July 2016, Accepted: 5 July 2017

In order to achieve a conservation agriculture, a new strip tillage implement was designed that could be pulled with a drill by tree point hitch attachment in order to make possible tillage and planting practices simultaneously. The developed drilling machine was then used and compared with other tillage methods. An experiment was designed using Randomized Complete Block (RCB) with three replications. Main plots were: The four tillage and planting methods namely: moldboard plow + 2 passes of disc+ leveler+ drill (T1), 2 passes of disc+ leveler+ drill (T2), chisel packer+ drill (T3) and strip-till-drill (T4 or STD), and the subplots namely: seed density of 160 (S1), 200 (S2) and 240 (S3) kg.ha-1 were the experimental conditions.. Evaluated indices were fuel consumption rate, operation time, field capacity and residue pulverization rate. The results showed that T4 treatment had the lowest fuel consumption and time with 8.6 lit.ha-1 and 1.62 h.ha-1 rates, respectively. T1 and T4 treatments with 0.2 and 0.62 ha.h-1 had the highest and the least rates of field capacity. Residue pulverization was 46.47% in T4 treatment and was not significantly difference with T2. Crop yield in T4 treatment was 11% higher than average of other treatments. Finally it was found that tractors with medium power such as MF285 (with 53 kW engine power) could pull this implement.

**Keywords:** Design and Construction, Residue, Rotary Blades, Strip Tillage, Wheat