

## انضمام خطی کار غلات به دیسک سنگین و ارزیابی فنی و زراعی آن برای کاشت گندم

جعفر حبیبی اصل<sup>۱\*</sup> و غلامعباس لطفعلی آینه<sup>۲</sup>

### چکیده

یکی از راه‌های مؤثر کاهش عملیات زراعی و همچنین هزینه‌های تولید، استفاده از ماشین‌های مرکب است. در تحقیق حاضر، یک خطی کار غلات به دیسک سنگین منضم و برای کاشت گندم در شرایط مزرعه‌ای ارزیابی گردید. در ادامه، کارنده مذکور با روش‌های دیگر کم‌خاک‌ورزی حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی مقایسه شد. کرت‌های اصلی عبارت بود از چهار روش تهیه زمین و کاشت گندم شامل: تهیه زمین و کشت هم‌زمان با ماشین مرکب ساخته شده (T1)، بی‌خاک‌ورزی با دستگاه کاشت مستقیم گاسپاردو (T2)، تهیه زمین با دو بار دیسک عمود بر هم همراه با کاشت با خطی کار غلات (T3) و تهیه زمین با چیزل پیلرو دوبار دیسک و کاشت با خطی کار غلات (تیمار شاهد منطقه) (T4). کرت‌های فرعی نیز شامل میزان بذر مصرفی گندم در سه سطح (۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار) بود. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و کاشت از نظر عوامل فنی باهم اختلاف معنی‌دار داشتند، ولی عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها، به جز درصد سبز شدن بذرها، در یک کلاس آماری قرار داشت. بیشترین مصرف سوخت با ۳۸/۴ لیتر بر هکتار به تیمار چیزل پیلر و دو بار دیسک و خطی کار (T4)، و کمترین آن با ۱۴/۵ لیتر بر هکتار به تیمار ماشین مرکب ساخته شده (T1) اختصاص داشت. مصرف سوخت خطی کار منضم به دیسک سنگین و ماشین بی‌خاک‌ورزی در یک کلاس آماری قرار داشت. خطی کار منضم به دیسک سنگین قادر بود نسبت به روش مرسوم خاک‌ورزی (چیزل پیلر + دوبار دیسک + یخ‌کشی کار) زمان انجام عملیات و مصرف سوخت را به ترتیب ۱۷/۶ و ۶۲/۲ درصد کاهش دهد. در مقادیر بذر بالای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه و سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده (به جز تعداد سنبله در مترمربع) مشاهده نگردید. بر اساس نتایج به دست آمده، می‌توان ماشین مرکب خطی کار-دیسک سنگین را به عنوان یک خاک‌ورز-کارنده حفاظتی مناسب کشت و کار گندم در جنوب استان خوزستان معرفی و توصیه نمود.

**واژه‌های کلیدی:** بذر کار-کود کار، دیسک سنگین، کم خاک ورزی، گندم.

ارجاع: حبیبی اصل ج. و لطفعلی آینه غ. ع ۱۴۰۲. انضمام خطی کار غلات به دیسک سنگین و ارزیابی فنی و زراعی آن برای کاشت گندم. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۷: ۱-۱۳. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2023.13757.574>

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.  
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

\* نویسنده مسئول: [jhabibi139@yahoo.com](mailto:jhabibi139@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۶

## مقدمه

در کشت گندم پس از محصولات تابستانه مانند برنج و ذرت، به دلیل شرایط مدیریت زراعی نقاط مختلف، زمان کاشت گندم متفاوت است. نوع عملیات تهیه زمین نیز بسته به نوع خاک متفاوت است، ولی در هر حال محدودیت زمانی وجود خواهد داشت. استفاده از عملیات پیچیده و زیاد، مصرف انرژی را افزایش داده و کاشت گندم را به تعویق می‌اندازد. مدیریت بقایا نیز در این شرایط از اهمیت خاصی برخوردار است. بررسی‌ها نشان داده‌اند که دیر کاشتن گندم یکی از مهم‌ترین علل کاهش عملکرد آن است. در تحقیقات انجام شده در هندوستان و دیگر نقاط برنج‌خیز جهان، بر این یتأکید شده است که با اعمال روش‌های مناسب خاک‌ورزی و کاشت، عملیات کاشت می‌تواند در زمان مناسب و با حداقل هزینه انجام پذیرد (Hoobs *et al.*, 1988).

نتایج آزمایش‌های انجام یافته حاکی از صرفه جویی در انرژی و ذخیره بیشتر آن در استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به جای خاک‌ورزی متداول است. به طوری که مصرف انرژی برای زراعت غلات در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب به میزان ۷ و ۱۱ درصد و برای زراعت حبوبات توسط روش‌های مذکور به میزان ۱۰ و ۱۵ درصد کمتر از روش خاک‌ورزی متداول گزارش شده است (Hernanz *et al.*, 1995).

علی‌رغم تغییرات بسیار زیادی که ادوات خاک‌ورزی طی سال‌های مختلف پیدا کرده‌اند، ادوات بشقابی، جزء مهم‌ترین ادواتی هستند که هم‌چنان مورد استفاده قرار می‌گیرند. کارایی این ادوات به زوایای بشقاب (برش و تمایل)، وزن بر روی هر بشقاب، تقعر و سرعت کار بستگی زیادی دارد (Hifjur *et al.*, 2002).

در مقایسه روش خاک‌ورزی مرسوم با روش خاک‌ورزی سطحی (استفاده از دیسک) در شهرستان دزفول، استان خوزستان گزارش شد که بین روش‌های خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌دار وجود نداشته و خاک‌ورزی سطحی توصیه گردید (Khosravani *et al.*, 2003).

Kheiralla *et al.* (2004) با مقایسه‌ی روش‌های گوناگون خاک‌ورزی گزارش دادند که بیشترین راندمان مصرف سوخت و انرژی به ترتیب از خاک‌ورزی با دیسک،

رتیواتور، گاواهن بشقابی و گاواهن برگردان‌دار به دست آمد.

همچنین مخلوط کردن بقایا در خاک و بهینه کردن عملیات تهیه زمین با استفاده از روش‌های کم‌خاک‌ورزی، خاک‌ورزی نواری، خاک‌ورزی مرکب و بی‌خاک‌ورزی می‌تواند از فرسایش سریع خاک جلوگیری کرده و باعث افزایش عملکرد محصول گردد (Tripathi *et al.*, 2005).

بزرگ‌ترین دگرگونی در سیستم‌های خاک‌ورزی، تغییر جهت چشم‌گیر آن به سمت کشاورزی حفاظتی بوده است. این تغییر جهت در پاسخ به نگرانی برای کاهش هزینه انرژی، فرسایش خاک، مصرف کود شیمیایی و علف‌کش‌ها، آلودگی آب‌ها و هزینه‌های انجام مجموعه عملیات بوده است (Asadi & Afyooni, 2006).

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

یک سیستم زراعی شامل بی یا کم‌خاک‌ورزی، تناوب و بازگشت بقایای گیاهی به خاک در سطح وسیع می‌تواند در مقایسه با روش‌های زراعی مرسوم، میزان توده زیستی و تنوع فعالیت میکروارگانسیم‌های خاک را افزایش دهد (Bram *et al.*, 2007).

همواره در نقاط مختلف دنیا تلاش‌هایی برای ترکیب انواع ماشین‌های خاک‌ورزی و نیز خاک‌ورزی و کاشت صورت گرفته است که می‌توان به ماشین مرکب از گاواهن چیزل با خاک‌هم‌زن، دیسک با ماله و غلتک با گاواهن چیزل اشاره کرد. هم‌چنین خطی‌کارهای مرکب با ادوات خاک‌ورز سطحی مانند هرس‌های دندانه‌ای و بشقابی در زمین‌های پوشیده از بقایا نمونه‌ای از این‌گونه ماشین‌ها هستند (Mohammadi Gol *et al.*, 2007).

ناکارایی ماشین کاشت می‌تواند به عنوان یک محدودیت در سازگار کردن سیستم‌های کاشت مستقیم در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی مطرح شود. ماشین‌های کاشت مستقیم در سیستم بی‌خاک‌ورزی باید قادر به بردن خاک شخم نخورده، عبور دادن بقایا از بین ساقه‌های یشیاربازکن‌ها و ایجاد تماس مناسب بین بذرها

استفاده از ادوات بشقابی مزیت‌های زیادی دارد و بسیاری از عملیات خاک‌ورزی را می‌توان با آن‌ها انجام داد. عوامل خاک‌ورز ادوات بشقابی، یعنی بشقاب‌های کروی، علاوه بر حرکت رو به جلو به همراه دستگاه، حول محور خود نیز می‌چرخند. از این رو بشقاب‌ها بدون گیرکردن در بقایای گیاهی به آسانی از روی موانع می‌غلطند، قابلیت چسبندگی ندارند و به کندی دچار فرسایش می‌شوند. این مزیت در هنگام کار روی نواحی بوته‌زار انبوه یا دارای بقایای گیاهی آشکار است. نتایج تحقیقاتی در سال‌های اخیر نشان داده که با استفاده از دو بار دیسک سبک یا یک بار دیسک سنگین در زمین دست نخورده و پوشیده از بقایا و یخ‌طی‌کار برای کشت گندم، نسبت به روش مرسوم، بیش از ۵۰ درصد در مصرف انرژی، هزینه‌ها و زمان عملیات صرفه‌جویی می‌گردد (Habibi Asl & Gilani, 2014).

طی یک آزمایش دو ساله برای تعیین روش‌های مناسب تهیه زمین برای کشت گندم در بقایای برنج در استان خوزستان، چنین نتیجه گرفته شد که بین روش‌های کم خاک‌ورزی، استفاده از دو بار هرس بشقابی در بقایای برنج ارجحیت دارد. با استفاده از هرس بشقابی بیش از ۴۰ درصد بقایا در سطح خاک باقی‌ماندند. همچنین درصد کاهش طول بقایا ۵۲ درصد و قطر متوسط کلوخ‌ها ۵۷ میلی‌متر بود که با رتیواتور در یک طبقه قرار داشت (Habibi Asl & Gilani, 2014).

در تحقیقی به منظور استفاده از مزایای خاک‌ورزی نواری در کشت گندم، ماشین مرکب خاک‌ورز-کاشت نواری طراحی، ساخته شد و در شرایط مزرعه با روش‌های دیگر مقایسه گردید. طبق نتایج، با استفاده از این ماشین در مقایسه با روش مرسوم میزان مصرف سوخت از ۵۶/۲ به ۸/۶ لیتر در هکتار و کل زمان اجرای عملیات از ۵/۱ به ۱/۶ ساعت در هکتار کاهش یافت. همچنین در مقایسه با روش‌های دیگر کم‌خاک‌ورزی مانند دوبار دیسک یا چیزل پیلر، مصرف سوخت به طور متوسط ۲۶ لیتر در هکتار کاهش یافت. این نتایج در حالی به دست آمد که با استفاده از این دستگاه عملکرد محصول گندم به طور متوسط ۱۱ درصد بیش از روش‌های دیگر بود (Habibi Asl & Goosheh, 2017).

تحقیقات انجام گرفته نشان داده است که ادوات بشقابی کارآیی خوبی در تهیه زمین به صورت کم‌خاک‌ورزی

خاک باشند (Taki & Asadi, 2008).

روش مطلوب تهیه زمین برای کشت محصولات مختلف، روشی است که با کاهش تردد ماشین در زمین و صرف زمان، انرژی و هزینه کمتر، بستر مناسبی برای کاشت و رشد گیاه، نفوذ آب و تهویه بهتر خاک، مخلوط کردن مناسب بقایای گیاهی و جلوگیری از فرسایش خاک مهیا گردد و بتواند در افزایش عملکرد نهایی محصول که از اهداف آن به شمار می‌رود، ی‌تأثیر بسزایی داشته باشد (Habibi & Singh, 2009).

هدف از خاک‌ورزی حفاظتی کاهش شدت عملیات خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی موجود در سطح خاک است. هرگونه تلاش در کم کردن شدت و یا تعداد عملیات خاک‌ورزی، کاهش عمق شخم و یا سست و لق کردن خاک بدون زیوررو (برگرداندن) کردن آن، خاک‌ورزی حفاظتی محسوب می‌گردد. در این سیستم بقایای محصول قبلی تماماً یا قسمتی از آن (پوشش حداقل ۳۰ درصد سطح خاک) در سطح یا نزدیک سطح خاک نگهداری می‌شود. حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک، جلوگیری از شستشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران در اراضی شیب‌دار و کاهش فرسایش آبی می‌گردد. همچنین کاهش شدت برهم‌زدن خاک در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی از خرد شدن و جابجایی زیاد ذرات خاک و پودر شدن آن جلوگیری کرده و باعث کاهش فرسایش بادی می‌گردد (Taki et al., 2009).

استفاده از ادوات مرکب، نتایجی چون کاهش انرژی مصرفی و هزینه‌های عملیات مزرعه، افزایش تولید در واحد سطح و کاهش تراکم خاک را داشته است (Akbarnia et al., 2010).

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. در اکثر مناطق ایران، کشاورزان بقایای گیاهی که منبع اصلی یتامین کربن تازه برای تولید یزیست توده میکروبی، افزایش جمعیت انواع کرم‌های خاکی و بهبود حاصل‌خیزی خاک هستند را از مزرعه بیرون برده و ته ساقه‌های ایستاده را می‌سوزانند یا به عنوان چرای دام از آن استفاده می‌کنند (Asadi et al., 2011).

روش (T3): تهیه زمین با دو بار دیسک عمود بر هم + کشت بوسیله خطی کار غلات مدل بزرگ همدان  
روش (T4): تهیه زمین با دستگاه چیزل پکر + دوبار دیسک + کشت بوسیله خطی کار غلات



شکل ۱- خطی کار غلات منضم شده به دیسک سنگین در حال کار در زمین دست نخورده پوشیده از بقایا

میزان بذر مصرفی گندم نیز به مقدارهای ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار بود. گندم کشت شده در دو سال آزمایشی، رقم توصیه شده منطقه (چمران ۲) بود. کلیه تیمارها در شرایط یکسان و در زمین پوشیده از بقایای گیاهی ایستاده کشت قبلی (برنج) اجرا گردید. میزان بقایای برنج اندازه‌گیری شده در سال های اول و دوم آزمایش به ترتیب ۱۷۳۴ و ۱۵۶۸ کیلوگرم در هکتار با رطوبت ۱۶ درصد بود. کلیه تیمارهای تهیه زمین در دهه اول آذر ماه اجرا گردیدند. عرض کل زمین آزمایش ۷۲ متر و طول آن ۱۰۵ متر و ابعاد هر کرت آزمایشی (کرت فرعی) در هر تکرار ۵×۳۰ متر بود. در هر تکرار فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها ۵ متر بود. تاریخ کاشت گندم در سال اول و دوم نیز به ترتیب ۱۳۹۵/۹/۷ و ۱۳۹۶/۹/۱۲ انجام پذیرفت.

کود پایه و سرک بر اساس آزمون خاک و توصیه های فنی مصرف گردید. کودهای سوپرفسفات و سولفات پتاسیم در زمان کاشت (کود پایه) اعمال گردید. کود اوره نیز در چهار تقسیم‌بندی در زمان‌های کاشت (کود پایه)، پایان پنجه‌زنی، پایان ساقه رفتن و ظهور سنبله اعمال گردید. برای کنترل علف‌های هرز از مخلوط گرانستار (Granstar) (۲۰ گرم در هکتار) و تاپیک (Topic) (۱ لیتر در هکتار) در اواسط مرحله پنجه‌زنی گندم، زمانی که علف‌های هرز در مرحله ۲-۴ برگی بودند، صورت گرفت. در کل سطوح

داشته‌اند. حفاظت از اراضی، حفظ پتانسیل عملکرد محصول، کاهش انرژی مصرفی، زمان و پهنه‌ها و بهبود بیویژگی‌های فیزیکی خاک از اهداف رسیدن به کشاورزی پایدار هستند و توسعه ماشین‌های مرکبی که بتوانند سیستم‌های کم‌خاک‌ورزی و کاشت را جایگزین سیستم مرسوم کنند، رسیدن به اهداف فوق را تسریع می‌نمایند. در این راستا و برای تحقق اهداف فوق، در پژوهش حاضر یک دستگاه خاک‌ورز دیسکی به خطی کار منضم گردید و در ادامه عملکرد آن با سایر روش های کاشت گندم مقایسه شد.

### مواد و روش‌ها

#### ساختمان ماشین مرکب یخطی کار و دیسک سنگین

این ماشین شامل دو قسمت خطی کار غلات و دیسک سنگین و واحد بذرکار-کودکار شامل یک خطی کار غلات مدل بزرگ همدان با عرض کار ۲/۳ متر است. همچنین واحد هرس بشقابی از نوع آفست دوراهه سنگین و سوار است. خطی کار از طریق یک رابط فلزی طراحی شده به پشت هرس بشقابی (هر دو به صورت سوارشونده) متصل می‌گردد (شکل ۱). یعنی در مواقع غیرضروری می‌توان آن را از دیسک جدا نمود. رابط‌های اتصال خطی کار به دیسک قابل تنظیم هستند. یعنی به کمک آن‌ها تراز طولی و عرضی و همچنین عمق کار خطی کار تنظیم می‌گردد.

#### آزمایش مزرعه‌ای ماشین

آزمون ماشین با هدف ارزیابی عملکرد و کارایی آن و همچنین تعیین پارامترهای مناسب کاری، در شرایط مزرعه‌ای صورت گرفته و با روش‌های دیگر مقایسه شد. آزمایش به صورت کرت‌های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و در سه تکرار (با تعداد ۳۶ کرت آزمایشی) اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل فاکتوریل چهار روش تهیه زمین و کشت و سه میزان بذر مصرفی گندم بود. روش‌های تهیه زمین و کاشت به شرح زیر بود:

روش (T1): تهیه زمین و کشت همزمان با ماشین مرکب ساخته شده (خاک‌ورز-کارنده دیسکی)

روش (T2): روش یبی‌خاک‌ورزی با استفاده از دستگاه کشت مستقیم گاسپاردو

### یکنواختی عمق کاشت

حدود یک هفته پس از سبز شدن مزرعه، ۳۰ بوته جوانه زده را در سطح کرت و به طور تصادفی معین و به آرامی از خاک مرطوب مزرعه خارج و طول مزوکوتیل آنها را با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مزوکوتیل بخشی از اندام زیر زمینی، از محل خروج ریشه‌های اولیه تا یقه گیاه است که فاقد کلروفیل بوده و با رنگ روشن مشخص می‌شود. میانگین اعداد به دست آمده، برابر عمق کاشت در نظر گرفته شد. شاخص‌های آماری میانگین، پراکندگی (انحراف معیار) و ضریب تغییرات، اندازه‌گیری و با استفاده از معادلات (۲) و (۳) یکنواختی عمق کاشت معین گردید (Karayel and Ozmerzi, 2007).

$$sd_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n S_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n S_i)^2}{n}}{n-1}} \quad (2)$$

$$SSE = \frac{S_a - sd_s}{S_a} \quad (3)$$

در این معادله  $sd_s$  انحراف معیار داده‌ها،  $S_i$  مقدار داده اندازه‌گیری شده در نقطه  $i$ ام،  $n$  تعداد نمونه‌های اندازه‌گیری شده،  $SSE$  میزان یکنواختی در شاخص مورد نظر و  $S_a$  میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده برای شاخص هستند.

### یکنواختی پراکنش بذرها

در ماشین‌های کشت خطی، در ۳۰ نقطه تصادفی از خطوط میانی هر کرت فاصله بوته‌ها روی دو ردیف موازی اندازه‌گیری شده و میزان انحراف از فاصله استاندارد (تنظیم شده) دستگاه و ضریب تغییرات آن با استفاده از معادلات (۲) و (۳) تعیین گردید (Karayel & Ozmerzi, 2007).

### درصد سبز شدن بذرها

برای هر تیمار در هر کرت پنج نقطه‌ی تصادفی به طول یک متر روی نوارهای کاشت مشخص شده و حدود آنها با میخ معین شد. سپس تعداد بذور جوانه زده در نقاط مورد نظر شمارش و ثبت گردید. درصد جوانه‌زنی با استفاده از معادله (۴) محاسبه شد.

$$PE = \frac{n}{N} \times 100 \quad (4)$$

در این معادله  $PE$  درصد سبز شدن بذرها،  $n$  تعداد کل بذرها سبز شده در واحد سطح (مترمربع) و  $N$  تعداد کل بذرهایی که به صورت اسمی در واحد سطح کشت شده و

آزمایش، آبیاری به صورت سطحی نواری انجام گرفت. شاخص‌های مورد اندازه‌گیری برای ارزیابی تیمارهای آزمایشی شامل مقدار سوخت مصرف شده، کل زمان مورد نیاز، ظرفیت مزرعه ای سیستم، یکنواختی عمق کاشت، یکنواختی پراکنش بذر، درصد سبز شدن بذر و عملکرد و اجزای عملکرد محصول گندم بود که روش اندازه‌گیری هر کدام به شرح زیر است:

### مقدار سوخت مصرف شده

برای تعیین مقدار سوخت مصرف شده از روش «باک پر» در کرت‌هایی به ابعاد  $15 \times 40$  استفاده شد. در این روش، قبل از شروع عملیات مخزن سوخت ماشین را کاملاً پر و لبریز کرده و پس از پایان عملیات نیز مخزن سوخت دوباره لبریز شد. مقدار سوخت مورد نیاز برای پر کردن مجدد مخزن سوخت در پایان عملیات، برابر مقدار سوخت مصرفی در مساحت یا مدت انجام کار توسط ماشین در نظر گرفته شد.

### کل زمان مورد نیاز سیستم

برای تعیین کل زمان مورد نیاز، مجموع زمان‌های مفید و دور زدن ماشین در ابتدا و انتهای مزرعه، در هنگام انجام عملیات با سرعت کاری ماشین و در یک سطح مشخص (۱۰۰۰ مترمربع)، توسط زمان سنج به طور جداگانه محاسبه شده و سپس 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 شد.

### ظرفیت مزرعه‌ای سیستم

در این آزمایش ظرفیت مزرعه‌ای (کار انجام شده بر حسب سطح یا ماده توسط ماشین در مدت یک ساعت)، از معکوس کل زمان‌های مفید و غیر مفید مصرف شده برای انجام عملیات در سطح یک هکتار از مزرعه و با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید.

$$C_a = \frac{A}{T} \quad (1)$$

در این معادله  $C$  ظرفیت زراعی ادوات هر تیمار ( $ha \cdot h^{-1}$ )،  $A$  مساحت آماده سازی زمین و کاشت ( $ha$ ) و  $T$  زمان صرف شده برای آماده سازی زمین و کاشت ( $h$ ) هستند.

## نتایج و بحث

### عمق کاشت و یکنواختی عمق کاشت بذرها

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عمق کاشت و شاخص یکنواختی عمق کاشت بذرها نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی و کاشت و تراکم بذر و همچنین اثر متقابل آنها بر روی این پارامترها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۱). بنابراین جابجایی عمقی بذر در تیمارهای مختلف تفاوت چندانی نداشت. این به این معنی است که عملیات تهیه زمین طوری بوده که ماشین کاشت توانسته بود بذرها را در عمق کاشت یکنواختی قرار دهد. عمق کاشت تنظیم شده برای ماشین‌های کاشت ۲۵ میلی‌متر بود. متوسط عمق کاشت واقعی در کلیه تیمارها ۲۲/۳ تا ۲۳/۵ میلی‌متر یبیه دست آمد (جدول ۳).

### یکنواختی پراکنش طولی بذرها

نتایج تجزیه واریانس داده‌های شاخص یکنواختی پراکنش طولی قرارگیری بذرها در هر ردیف کاشت نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی- کاشت و تراکم بذر و همچنین اثر متقابل آنها بر روی این شاخص در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۱). نتایج بیان یکسان بودن یکنواختی طولی قرارگیری بذر و در نتیجه یکسان بودن اثر تیمار خاک‌ورزی- کاشت بر جابجایی طولی بذر بود. بنابراین می‌توان بیان داشت آرایش قرارگیری بذر در خاک از نظر طولی بذر در تمامی تیمارهای خاک‌ورزی- کاشت و تمامی مقادیر بذر، یکسان بود. مقدار شاخص یکنواختی پراکنش طولی قرارگیری بذر مربوط ۸۳/۴ و ۸۴/۳ درصد متغیر بود.

### درصد سبز شدن بذرها

نتایج تجزیه واریانس داده‌های درصد سبز شدن بذرها نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی- کاشت بر روی این شاخص در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر تراکم بذر و همچنین اثر متقابل آنها بر روی این شاخص در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشترین درصد سبز شدن در تیمارهای بی‌خاک‌ورزی (T2) و چیزیل پیلر + دوبار دیسک (T4) به ترتیب با مقادیر متوسط ۸۲/۱۷ و ۸۰/۱۳ درصد بودند (جدول ۲). درصد سبز شدن بالا در این دو تیمار به علت تهویه سریع‌تر خاک اطراف بذر است که در تیمار بی‌خاک‌ورزی این تهویه به صورت تبخیر و در تیمار

بر اساس قوه نامیه می‌بایست جوانه بزند. مقدار N برای هر تیمار نیز از معادله (۵) محاسبه گردید.

$$N = \frac{S.q}{m} \times 100 \quad (5)$$

در این معادله S مقدار بذر مصرفی بر حسب کیلوگرم در هکتار، m وزن هزار دانه بر حسب گرم و q درصد قوه نامیه بذرها کاشته شده است.

### تعداد سنبله بر مترمربع

در زمان برداشت و با کادر اندازی در پنج نقطه تصادفی با استفاده از کادر ۱×۱ متر، تعداد سنبله‌ها شمارش شده و میانگین گرفته شد.

### شاخص برداشت

کل بوته‌های درون کادرهای انداخته شده برای تعیین تعداد سنبله را به صورت کفبر برداشت کرده و به مدت ۴۸ ساعت در آفتاب خشک نموده و سپس با کوبیدن و جداسازی دانه از سایر اندام‌ها و توزین آنها شاخص برداشت (نسبت دانه به کل ماده خشک اندام‌های هوایی) مشخص شد.

### عملکرد دانه محصول

پس از حذف حاشیه هر کرت، تعداد سه نقطه تصادفی با انداختن کادر ۱×۱ متر در هر کرت مشخص شده و محصول درون آنها برداشت و وزن دانه‌ی آنها معین شد. سپس عملکرد دانه بر اساس رطوبت استاندارد ۱۴٪ محاسبه گردید (Habibi Asl and Goosheh, 2017).

پس از انجام همه مراحل آزمایش و جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس ساده و مرکب بر روی عملکرد دانه و سایر شاخص‌های مورد نظر انجام شده و میانگین صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. لازم به ذکر است طرح آزمایشی استفاده شده برای مقایسه شاخص‌های فنی مقدار سوخت مصرف شده، کل زمان مورد نیاز و ظرفیت مزرعه ای سیستم در تیمارهای مختلف، کاملاً تصادفی با ۴ تیمار (چهار سطح خاک‌ورزی و کاشت) در سه تکرار بود. همچنین، برای دیگر شاخص‌های زراعی از طرح آزمایشی کرت های نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار (چهار سطح خاک‌ورزی و کاشت در سه سطح مقدار بذر) در سه تکرار استفاده گردید.

وزن هزار دانه نیز با جداسازی و توزین ۱۰ نمونه تصادفی ۱۰۰ تایی از دانه‌ها معین گردید.

### وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های شاخص وزن هزار دانه نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی-کاشت، تراکم بذر و اثر متقابل آنها بر روی این شاخص در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۲). با توجه به اینکه مواد غذایی مورد نیاز گیاه طبق توصیه اعمال کودی یبود، محصول با کمبود مواجهه نشده و در تمامی تیمارها وزن هزاردانه یکسانی مشاهده گردید. بیشترین مقدار وزن هزاردانه مربوط به اثر متقابل دوبار دیسک + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (T3D1) با مقدار متوسط ۴۰/۶۷ گرم بود (جدول ۳).

### شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌های شاخص برداشت نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی-کاشت، تراکم بذر و اثر متقابل آنها بر روی این شاخص در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۱). تمامی تیمارهای خاک‌ورزی-کاشت وضعیت یکسانی از نظر شاخص برداشت داشتند. بیشترین مقدار شاخص برداشت مربوط به اثر متقابل بی‌خاک‌ورزی + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (T2D3) با مقدار متوسط ۴۵/۵ گرم بود (جدول ۳).

چیزل‌پیلر + دوبار دیسک به صورت عمقی بوده است. بیشترین مقدار میزان سبز شدن مربوط به اثر متقابل بی‌خاک‌ورزی + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (T2D1) با مقدار متوسط ۸۲/۶۲ درصد بود.

### تعداد سنبله در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس داده‌های شاخص تعداد سنبله در مترمربع نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی-کاشت و اثر متقابل آن با تراکم بذر بر روی این شاخص در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود ولی اثر تراکم بذر بر روی این شاخص در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تعداد سنبله در مترمربع در تیمارهای با مقادیر بذر ۱۷۵ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیش از مقادیر بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. اگرچه درصد سبز این تیمارها یکسان بود ولی تعداد بذور سبز شده در تیمارهای با مقادیر بذر بالاتر افزایش یافت و در نهایت منجر به افزایش تعداد سنبله در مترمربع گردید. بیشترین مقدار تعداد سنبله در مترمربع مربوط به اثر متقابل چیزل پیلر به همراه دوبار دیسک + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (T4D3) با مقدار متوسط ۴۳۸/۸ بوته بود (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر روش خاک‌ورزی و تراکم بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

تعداد سنبله در مترمربع	سبز شدن بذرها	وزن هزاردانه	یکنواختی پراکنش بذرها	عمق کاشت	شاخص برداشت	عملکرد دانه	درجه آزادی	منابع تغییرات (S.O.V)
۱۵۷۷**	۰/۶۸ <sup>ns</sup>	۰/۲۸ <sup>ns</sup>	۱۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۶۲ <sup>ns</sup>	۲۶/۵۳ <sup>ns</sup>	۷۴۵۳۵۹ <sup>ns</sup>	۱	سال (Y)
۹۹/۷۶ <sup>ns</sup>	۱۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۱/۰۶ <sup>ns</sup>	۱۲/۳۷ <sup>ns</sup>	۱/۳۹ <sup>ns</sup>	۲۴/۸۱ <sup>ns</sup>	۴۳۲۷۶۰ <sup>ns</sup>	۴	سال × تکرار
۲۷۷ <sup>ns</sup>	۲۲۲/۱**	۱۳/۷۶ <sup>ns</sup>	۵۴/۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۹۰ <sup>ns</sup>	۱۱/۱۰ <sup>ns</sup>	۵۶۰۵۶ <sup>ns</sup>	۳	روش خاک‌ورزی (T)
۱۳/۳۸ <sup>ns</sup>	۳/۸۰ <sup>ns</sup>	۰/۸۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۱/۱۴ <sup>ns</sup>	۱۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۲۰۱۳۵۰ <sup>ns</sup>	۳	سال × روش خاک‌ورزی
۸۱/۳۴	۳/۳۱	۷/۱۷	۴۹/۳۳	۲/۶۳	۴۵/۲۵	۲۸۸۳۴۶	۱۲	خطای (a)
۱۳۱۶**	۲/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۹۶ <sup>ns</sup>	۱۴/۲۱ <sup>ns</sup>	۱/۹۸ <sup>ns</sup>	۱۵/۶۱ <sup>ns</sup>	۵۲۰۷۲۱ <sup>ns</sup>	۲	تراکم بذر (D)
۱۵۰/۲ <sup>ns</sup>	۰/۴۴ <sup>ns</sup>	۴/۵۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۷/۵۱ <sup>ns</sup>	۱۰۹۰۱۰۱ <sup>ns</sup>	۲	سال × تراکم بذر
۱۴۳/۸ <sup>ns</sup>	۱/۵۶ <sup>ns</sup>	۲/۸۱ <sup>ns</sup>	۳۹/۲۸**	۰/۵۰ <sup>ns</sup>	۲۲/۶۲ <sup>ns</sup>	۱۱۳۱۶۲ <sup>ns</sup>	۶	اثر متقابل (T×D)
۵۵/۵۴ <sup>ns</sup>	۱/۶۱ <sup>ns</sup>	۳/۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۹ <sup>ns</sup>	۲/۵۷ <sup>ns</sup>	۱۳/۰۰ <sup>ns</sup>	۲۹۱۷۵۸ <sup>ns</sup>	۶	Y*T*D
۱۰۷/۷	۵/۷۴ <sup>ns</sup>	۱/۶۵	۶/۸۶	۱/۷۸	۱۶/۳۸	۳۲۸۹۵۰	۳۲	خطای (b)
۴/۴۱	۳/۰۶	۳/۲۵	۳/۱۱	۵/۸۰	۹/۴۵	۱۱/۰۲	-	ضریب تغییرات (%)

<sup>ns</sup> تفاوت معنی‌دار نیست      \*تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد      \*\*تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین یتأثیر روش خاک‌ورزی (T) و تراکم بذر (D) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

میانگین صفات و مقایسه آنها به روش آزمون دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد)\*

تیمار	عملکرد دانه kg.ha <sup>-1</sup>	شاخص برداشت (%)	عمق کاشت (mm)	بکخواختی پراکنش بذرها (%)	وزن هزاردانه g	سبزشدن بذرها (%)	تعداد سنبله در متر مربع
<b>روش کاشت</b>							
خاک‌ورز - کارنده دیسکی (T <sub>1</sub> )	۵۲۵۹ <sup>a</sup>	۴۲/۴۷ <sup>a</sup>	۲۳/۰۱ <sup>a</sup>	۸۵/۶۹ <sup>a</sup>	۳۹/۶۹ <sup>a</sup>	۷۷/۱۸ <sup>c</sup>	۴۲۸/۸ <sup>a</sup>
بی‌خاک‌ورزی (T <sub>2</sub> )	۵۲۱۴ <sup>a</sup>	۴۳/۹۹ <sup>a</sup>	۲۳/۰۱ <sup>a</sup>	۸۴/۵۴ <sup>a</sup>	۳۸/۳۲ <sup>a</sup>	۸۲/۱۷ <sup>a</sup>	۴۳۴/۸ <sup>a</sup>
دوبار دیسک (T <sub>3</sub> )	۵۲۱۰ <sup>a</sup>	۴۲/۲۷ <sup>a</sup>	۲۳/۳۰ <sup>a</sup>	۸۴/۷۳ <sup>a</sup>	۴۰/۳۸ <sup>a</sup>	۷۴/۱۲ <sup>d</sup>	۴۲۵/۴ <sup>a</sup>
چیزل پیلر+ دوبار دیسک (T <sub>4</sub> )	۵۱۲۶ <sup>a</sup>	۴۲/۵۹ <sup>a</sup>	۲۲/۷۵ <sup>a</sup>	۸۱/۶۶ <sup>a</sup>	۳۹/۸۱ <sup>a</sup>	۸۰/۱۳ <sup>b</sup>	۴۳۰/۸ <sup>a</sup>
<b>تراکم بذر</b>							
۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار (D <sub>1</sub> )	۵۰۵۸ <sup>a</sup>	۴۲/۰۷ <sup>a</sup>	۲۳/۱۰ <sup>a</sup>	۸۳/۹۵ <sup>a</sup>	۳۹/۷۰ <sup>a</sup>	۷۸/۵۰ <sup>a</sup>	۴۲۱/۵ <sup>b</sup>
۱۷۵ کیلوگرم بر هکتار (D <sub>2</sub> )	۵۱۹۶ <sup>a</sup>	۴۲/۷۴ <sup>a</sup>	۲۳/۷۰ <sup>a</sup>	۸۵/۰۱ <sup>a</sup>	۳۹/۶۳ <sup>a</sup>	۷۸/۶۴ <sup>a</sup>	۴۳۳/۰ <sup>a</sup>
۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار (D <sub>3</sub> )	۵۳۵۲ <sup>a</sup>	۴۳/۶۸ <sup>a</sup>	۲۳/۲۶ <sup>a</sup>	۸۳/۵۱ <sup>a</sup>	۳۹/۳۲ <sup>a</sup>	۷۸/۰۵ <sup>a</sup>	۴۳۵/۴ <sup>a</sup>

\* در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل روش خاک‌ورزی (T) و تراکم بذر (D) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

میانگین صفات و مقایسه آنها به روش آزمون دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد)\*

تیمار	عملکرد دانه kg.ha <sup>-1</sup>	شاخص برداشت (%)	عمق کاشت (mm)	بکخواختی پراکنش بذرها (%)	وزن هزاردانه g	سبزشدن بذرها (%)	تعداد سنبله در متر مربع
T <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	۵۰۵۹ <sup>a</sup>	۳۹/۴۹ <sup>b</sup>	۲۲/۷۹ <sup>a</sup>	۸۵/۹۰ <sup>abc</sup>	۳۸/۹۳ <sup>abcd</sup>	۷۶/۸۵ <sup>cd</sup>	۴۲۱/۰ <sup>bcd</sup>
T <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	۵۳۴۱ <sup>a</sup>	۴۳/۴۹ <sup>ab</sup>	۲۲/۶۹ <sup>a</sup>	۸۶/۲۴ <sup>ab</sup>	۳۹/۶۳ <sup>abc</sup>	۷۷/۹۰ <sup>bc</sup>	۴۳۴/۵ <sup>ab</sup>
T <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	۵۳۷۷ <sup>a</sup>	۴۴/۴۴ <sup>ab</sup>	۲۳/۵۵ <sup>a</sup>	۸۴/۹۲ <sup>bcd</sup>	۴۰/۵۲ <sup>ab</sup>	۷۶/۷۸ <sup>cd</sup>	۴۳۱/۰ <sup>abc</sup>
T <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	۴۹۸۳ <sup>a</sup>	۴۳/۲۳ <sup>ab</sup>	۲۳/۱۵ <sup>a</sup>	۸۷/۰۵ <sup>ab</sup>	۳۸/۸۰ <sup>bcd</sup>	۸۲/۶۲ <sup>a</sup>	۴۳۱/۵ <sup>abc</sup>
T <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	۵۲۷۲ <sup>a</sup>	۴۳/۲۴ <sup>ab</sup>	۲۲/۵۵ <sup>a</sup>	۸۳/۸۴ <sup>bcd</sup>	۳۸/۶۰ <sup>cd</sup>	۸۲/۵۷ <sup>a</sup>	۴۳۸/۳ <sup>a</sup>
T <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	۵۳۸۷ <sup>a</sup>	۴۵/۵۰ <sup>a</sup>	۲۳/۳۱ <sup>a</sup>	۸۲/۷۲ <sup>cdef</sup>	۳۷/۵۵ <sup>d</sup>	۸۱/۳۱ <sup>a</sup>	۴۳۴/۷ <sup>ab</sup>
T <sub>3</sub> D <sub>1</sub>	۵۲۲۴ <sup>a</sup>	۴۴/۲۴ <sup>ab</sup>	۲۳/۴۲ <sup>a</sup>	۸۰/۷۹ <sup>f</sup>	۴۰/۶۷ <sup>a</sup>	۷۴/۱۹ <sup>d</sup>	۴۱۳/۲ <sup>d</sup>
T <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	۵۱۸۹ <sup>a</sup>	۴۰/۳۷ <sup>ab</sup>	۲۳/۳۰ <sup>a</sup>	۸۸/۸۵ <sup>a</sup>	۴۰/۶۲ <sup>a</sup>	۷۴/۳۸ <sup>d</sup>	۴۲۶/۲ <sup>abcd</sup>
T <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	۵۲۱۶ <sup>a</sup>	۴۲/۱۹ <sup>ab</sup>	۲۳/۱۹ <sup>a</sup>	۸۴/۵۵ <sup>bcd</sup>	۳۹/۸۵ <sup>abc</sup>	۷۳/۷۹ <sup>d</sup>	۴۳۷/۰ <sup>a</sup>
T <sub>4</sub> D <sub>1</sub>	۴۹۶۵ <sup>a</sup>	۴۱/۳۴ <sup>ab</sup>	۲۳/۰۳ <sup>a</sup>	۸۲/۰۵ <sup>def</sup>	۴۰/۳۸ <sup>ab</sup>	۸۰/۳۴ <sup>ab</sup>	۴۲۰/۵ <sup>cd</sup>
T <sub>4</sub> D <sub>2</sub>	۴۹۸۱ <sup>a</sup>	۴۳/۸۵ <sup>ab</sup>	۲۲/۲۶ <sup>a</sup>	۸۱/۱۰ <sup>ef</sup>	۳۹/۶۷ <sup>abc</sup>	۷۹/۷۲ <sup>abc</sup>	۴۳۳/۲ <sup>abc</sup>
T <sub>4</sub> D <sub>3</sub>	۵۴۲۹ <sup>a</sup>	۴۲/۵۹ <sup>ab</sup>	۲۲/۹۷ <sup>a</sup>	۸۱/۸۴ <sup>def</sup>	۳۹/۳۷ <sup>abc</sup>	۸۰/۳۴ <sup>ab</sup>	۴۳۸/۸ <sup>a</sup>

\* در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست.

**عملکرد دانه**

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد دانه نشان داد که اثر روش خاک‌ورزی-کاشت، تراکم بذر و اثر متقابل آنها بر

روی عملکرد دانه گندم در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۱ و شکل ۲). اگر چه درصد سبز شدن در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی-کاشت در سطح ۵ درصد



بوته و ایجاد رقابت بین بوته‌ها باشد، به طوری که این رقابت باعث کاهش معنی‌دار در ضریب پنجه‌زنی بوته‌ها و تعداد سنبله در واحد سطح در تیمارهای با مقدار بذر بالاتر شده و در نهایت باعث ثابت ماندن عملکرد دانه، علی‌رغم افزایش مقدار بذر شده است. این نتایج با یافته‌های برخی تحقیقات مطابقت دارد (Johnson *et al.*, 1988).

به منظور بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد دانه، همبستگی و رگرسیون بین عملکرد و اجزای عملکرد محاسبه گردید و به ترتیب در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است. نتایج شاخص همبستگی صفات زراعی نشان داد که هیچ‌کدام از شاخص‌ها به طور مستقیم بر عملکرد دانه ارتباط معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). تنها بین درصد سبز شدن و تعداد سنبله ارتباط مثبت و معنی‌دار و بین درصد سبز شدن و وزن هزاردانه ارتباط منفی و معنی‌دار مشاهده شد. به بیان بهتر در بین تیمارهای مختلف خاک‌ورزی - کاشت با افزایش درصد سبز شدن، تعداد سنبله در مترمربع افزایش یافته ولی وزن هزاردانه کاهش یافت و بنابراین بر عملکرد دانه تأثیر قابل ملاحظه‌ای مشاهده نگردید.

همچنین، برای ایجاد یک رابطه خطی برای پیش‌بینی میزان عملکرد دانه رگرسیون داده‌ها بررسی گردید (جدول ۵). نتایج نشان‌دهنده عدم تأثیر معنی‌دار شاخص‌های اندازه‌گیری شده بر عملکرد دانه در بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی بوده است. بنابراین رابطه خطی معنی‌داری بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده و عملکرد دانه نمی‌توان ارائه نمود.

معنی‌دار بود ولی به دلیل قابلیت پنجه‌زنی بوته‌ها، تعداد سنبله ایجاد شده در مترمربع در تیمارهای مختلف مشابه هم شد که در نهایت سبب ایجاد عملکرد دانه یکسان گردید. در تحقیقی مشابه نیز تفاوت معنی‌داری در عملکرد و اجزای عملکرد گندم زمستانه تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی مرسوم، حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی مشاهده نگردید (Nurbekov *et al.*, 2012). محققان دیگری نیز تأثیر روش‌های خاک‌ورزی مختلف اعم از گاواهن برگردان‌دار، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بر عملکرد گندم آبی بررسی کرده و تفاوت معنی‌داری را گزارش ندادند (Younesi Alamouti & Hedayatipour, 2018; Cox, 1986).

با توجه به یکسان بودن میزان عملکرد روش‌های خاک‌ورزی و کاشت در تیمارهای مختلف، تیمار برتر را می‌توان بر اساس شاخص‌های فنی (مانند زمان انجام عملیات و مصرف سوخت) انتخاب نمود.

با افزایش تراکم بذر هر چند که میزان عملکرد مقداری افزایش یافت ولی این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با مقدار بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌توان به عملکرد مناسب نیز دست یافت. (Habibi Asl & Dehghan, 2012) در ارزیابی فنی و زراعی روش‌های مختلف کاشت گندم در جنوب خوزستان، مناسب‌ترین مقادیر بذر برای گندم آبی در این منطقه را بسته به شرایط تهیه بستر بذر، ۱۲۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم پیشنهاد دادند.

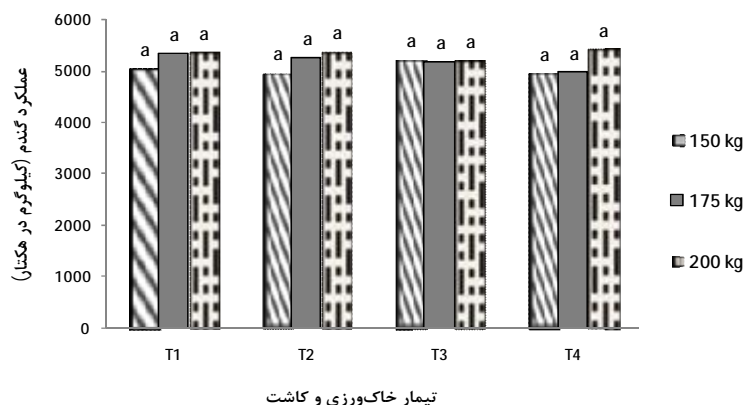
دلیل معنی‌دار نشدن تفاوت عملکرد دانه با وجود افزایش مقدار بذر مصرف شده نیز می‌تواند ناشی از افزایش تعداد بوته سبز شده در واحد سطح، کاهش فضای در اختیار هر

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات زراعی مرتبط با کشت گندم

عملکرد دانه	درصد سبز شدن	پراکنش عمقی بذور	یکنواختی طولی بذور	تعداد سنبله در مترمربع	وزن هزاردانه	
عملکرد دانه	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>	۰/۳۴ <sup>ns</sup>	۱
درصد سبز شدن	۱	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۴۷ <sup>*</sup>	۰/۴۲ <sup>*</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>
پراکنش عمقی بذور	۰/۳۷ <sup>ns</sup>	۱	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>*</sup>	۰/۳۷ <sup>ns</sup>
یکنواختی طولی بذور	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۱	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>
تعداد سنبله در مترمربع	۰/۴۷ <sup>*</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۱	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۰/۲۷ <sup>ns</sup>
وزن هزاردانه	۰/۴۲ <sup>*</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۶ <sup>ns</sup>	۰/۱۵ <sup>ns</sup>	۱	۰/۳۴ <sup>ns</sup>

جدول ۵- آنالیز واریانس رگرسیون بین عملکرد و اجزای عملکرد گندم دیم

مدل	شاخص F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی
رگرسیون	۱/۸۷ <sup>ns</sup>	۱۴۸۰۶۷	۸۸۸۴۰۶	۶
باقیمانده		۷۹۲۸۵	۱۳۴۷۸۵۲	۱۷
کل			۲۲۳۶۲۵۸	۲۳



شکل ۲- مقایسه تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و کاشت در مقادیر مختلف بذر از لحاظ عملکرد دانه‌ی گندم

#### مقدار سوخت مصرف شده

نتایج مقایسه روش‌های خاک‌ورزی و کاشت از نظر مصرف سوخت در واحد سطح نشان داد که این روش‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۶). از مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد چنین نتیجه گرفته شد که بیشترین مصرف سوخت با ۳۸/۴ لیتر بر هکتار به تیمار چیزل پیلر + خطی‌کار (T4) و کمترین آن با ۱۴/۵ لیتر بر هکتار به تیمار ماشین مرکب ساخته شده در پژوهش حاضر (T1) اختصاص داشت، که با روش بی‌خاک‌ورزی در یک طبقه آماری قرار داشت. علت افزایش مصرف سوخت در تیمار چیزل پیلر، بیشتر بودن عمق شخم بیدر حدود ۴۰ سانتی متر بود. نتایج همچنین نشان داد که مصرف سوخت روش بی‌خاک‌ورزی (T2) با ۱۵/۳ لیتر بر هکتار با مصرف سوخت خاک‌ورزی-کارنده دیسکی (T1) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷).

#### زمان مورد نیاز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت از نظر جمع کل زمان مورد نیاز برای انجام مجموعه عملیات پیش‌بینی شده در هر سیستم اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین مجموع کل زمان مورد نیاز سیستم‌های خاک‌ورزی و کاشت نشان داد که تیمارهای

بی‌خاک‌ورزی (T2) و خاک‌ورزی-کارنده دیسکی (T1) به ترتیب با ۰/۵ و ۰/۶ ساعت بر هکتار، کمترین زمان مورد نیاز را به خود اختصاص داده بودند. در حالی که تیمار چیزل پیلر + خطی‌کار (T4) با ۲/۶ ساعت بر هکتار و تیمار دوبار دیسک + خطی‌کار (T3) به ترتیب با ۲/۶ و ۲/۴ ساعت بر هکتار بیشترین زمان عملیات را داشتند (جدول ۷).

تعداد عملیات، نقش مهمی در زمان مورد نیاز یک سیستم دارد. کل زمان مورد نیاز در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت عمدتاً به نوع و تعداد رفت و آمد ماشین‌ها و ادوات بر روی زمین، سرعت پیشروی و عرض کار ادوات بستگی دارد (Habibi Asl & Gilani, 2014). بدیهی است که می‌توان با افزایش قدرت تراکتور و انتخاب ادوات مرکب، همانند آن چه که در این پژوهش انجام گردید، کل زمان مورد نیاز برای یک سیستم را کاهش داد.

به طور کلی افزایش زمان مورد نیاز برای اجرای یک سیستم نسبت به سیستم دیگر به معنای نیاز به در اختیار داشتن روزهای کاری مناسب بیشتر و یا افزایش در ناوگان مکانیزه برای انجام به موقع عملیات است. به عبارت دیگر انتخاب یک سیستم خاک‌ورزی-کاشت با زمان مورد نیاز کمتر، باعث آماده به کار بودن تراکتور و ادوات و ایجاد

بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای بود. تیمارهای دوبار دیسک (T3) و چیزل پیلر (T4) به ترتیب با ۰/۴۲ و ۰/۳۸ هکتار در ساعت کمترین ظرفیت مزرعه‌ای را داشتند. تیمار خاک‌ورز-کارنده دیسکی (T1) با داشتن ظرفیت مزرعه‌ای ۱/۶۶ هکتار در ساعت بعد از تیمار بی‌خاک‌ورزی (T2) در رده دوم قرار داشت (جدول ۷).

به طور کلی با توجه به این که ظرفیت مزرعه‌ای یک سیستم کاشت برابر با وارونه زمان مورد نیاز در آن سیستم است، می‌توان گفت هر عاملی که باعث کاهش زمان مورد نیاز برای اجرای عملیات خاک‌ورزی در یک سطح معین شود می‌تواند باعث افزایش ظرفیت مزرعه‌ای آن سیستم یا ماشین گردد (Gill & Vanden Berg, 1967).

امکان انجام عملیات در سطح وسیع‌تر در یک محدوده‌ی زمانی مشخص خواهد شد. کم بودن ظرفیت ناوگان مکانیزه نسبت به زمان در اختیار باعث افزایش در هزینه‌های به موقع انجام نشدن عملیات می‌شود (Habibi, Asl & Dehghan, 2012).

### ظرفیت مزرعه‌ای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر ظرفیت مزرعه‌ای کل یسامانه بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین ظرفیت مزرعه‌ای سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی و کاشت مشخص کرد که در شرایط کار با تراکتور و ادوات مورد استفاده در این پژوهش، تیمار بی‌خاک‌ورزی (T2) با ۱/۹۵ هکتار بر ساعت دارای

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تیمار روش خاک‌ورزی و کاشت بر شاخص‌های فنی

میانگین مربعات (MS)			درجه آزادی	منبع تغییرات
ظرفیت مزرعه‌ای	زمان مورد نیاز	مصرف سوخت		
۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۱/۰۵۸	۲	تکرار
۲/۰۲۲**	۳/۸۲۳**	۳۸۶/۹۰۰**	۳	روش خاک‌ورزی و کاشت
۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۲۵۲	۶	خطا
%۷/۵	%۶/۸	%۲/۱		ضریب تغییرات (CV)

\*\* : تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪.

جدول ۷- مقایسه و گروه‌بندی میانگین شاخص‌های فنی در سطوح مختلف تیمار روش کاشت

میانگین شاخص‌ها و مقایسه آنها با آزمون دانکن (در سطح احتمال ۵ درصد)*			تیمار (روش کاشت)
ظرفیت مزرعه‌ای (ha/h)	زمان مورد نیاز (h/ha)	سوخت مصرف شده (lit/ha)	
۱/۶۶ <sup>ab</sup>	۰/۶۰ <sup>cd</sup>	۱۴/۵ <sup>d</sup>	خاک‌ورز-کارنده دیسکی (T1)
۱/۹۵ <sup>a</sup>	۰/۵۱ <sup>d</sup>	۱۵/۳ <sup>cd</sup>	بی‌خاک‌ورزی (T2)
۰/۴۲ <sup>cd</sup>	۲/۴۲ <sup>ab</sup>	۲۷/۷ <sup>b</sup>	دوبار دیسک+ خطی‌کار (T3)
۰/۳۸ <sup>d</sup>	۲/۶۰ <sup>a</sup>	۳۸/۴ <sup>a</sup>	چیزل پیلر+ خطی‌کار (T4)

\* : در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست.

محصول گندم را کشت نمود و انتظار عملکرد مناسب را داشت.

مقایسه شاخص‌های فنی نشان داد که تیمارهای ماشین مرکب با کارنده دیسکی و بی‌خاک‌ورزی از نظر زمان انجام عملیات به ترتیب با متوسط ۰/۶ و ۰/۵۱ ساعت در هکتار و از نظر مصرف سوخت به ترتیب با متوسط ۱۴/۵ و ۱۵/۳

### نتیجه‌گیری

مقایسه تیمارهای خاک‌ورزی کاشت نشان داد از نظر تولید عملکرد دانه و سایر شاخص‌های زراعی (به جز درصد سبزشدن بذرها) تفاوت معنی‌داری بین ماشین مرکب ساخته شده با سایر تیمارهای خاک‌ورزی و کاشت وجود نداشت و می‌توان با این وسیله با دقت و کیفیت بالا

- Habibi Asl, J. & Gilani, A.A. (2014). 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. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 15(2): 45-62. (in Persian)
- Habibi Asl, J., & Dehghan, E. (2012). Evaluation of technical and yield parameters of wheat seeding methods with different seeding rates in south Khuzestan. *Journal of Agricultural Machinery Engineering*, 2(1): 46-57. (in Persian)
- Habibi Asl, J., & Goosheh, S. M. (2017). Design, Construction and Evaluation of Active Strip Tillage Machine Attachable to Seed Drill. *Agricultural Mechanization and Systems Research*, 18(68): 119-132. (in Persian)
- Habibi Asl, J., & S. Singh. (2009). Optimization and evaluation of rotary tiller blades: Computer solution of mathematical relations. *Soil and Tillage Research*, 106: 1-7.
- Hernanz, J.L., V. S. Giron, & C. Cerisola, (1995). Long-term energy use and Economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil and Tillage Research*, 35(4): 183-198.
- Hifjur, R., Bhubaneswar, S. & B., Hari Baboo. (2002). Computer-aided design for disk bottoms. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 33(2): 19-21.
- Hoobs, P.R., Mann, C.E., & Butler, L. (1988). A perspective on research needs for the rice-wheat rotation. In: Klatt, A.R. (Ed.), *Wheat Production Constraints in Tropical Environment. Proceedings of the International Conference, Chiang Mai, Thailand*, 19-23 January 1987, pp.197-211.
- Javadi, A. & Shahid Zadeh, M. (2006). Investigating the effect of applying a new combined machine on secondary tillage operations. *The 4th National Congress of Agr. Machinery Eng. And Mechanization. Tabriz University. Tabriz, Iran.* (in Persian)
- Johnson, J.W., Hargrove, W.L. & Moss, R.B. (1988). Optimizing row spacing and seeding rate for soft red winter wheat. *Agronomy Journal*, 80: 164-166.
- Karayel, D. & Ozmerzi, A. (2007). Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. *Soil and Tillage Research*, 95(1): 69-75
- Kheiralla, A., F., Azmiyahya & W., Ishak. (2004). Modeling of Power and energy requirement for tillage implements لیتر بر هکتار نسبت به تیمارهای دیگر خاک‌ورزی (چیزل پیلر + دوبار دیسک و دوبار دیسک) برتری داشتند. دستگاه مرکب ساخته شده قادر است نسبت به روش مرسوم خاک‌ورزی (چیزل پیلر + دوبار دیسک) زمان انجام عملیات و مصرف سوخت را به ترتیب ۱۷/۶ و ۶۲/۲ درصد کاهش دهد.
- بررسی اثر میزان بذر مصرفی بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که در مقادیر بذر بالای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر عملکرد دانه و سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده (به جز تعداد سنبله در مترمربع وجود ندارد. بنابراین تراکم بذر ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به علت صرفه‌جویی در هزینه برای کشت گندم توصیه می‌گردد.
- بر اساس نتایج به دست آمده، می‌توان ماشین مرکب بذرکار-کودکار منضم به هرس بشقابی را به عنوان یک خاک‌ورز-کارنده حفاظتی مناسب کشت و کار گندم در استان خوزستان معرفی نمود.

## منابع

- Akbarnia, A., Alimardani R., & Baharloeyan Sh. (2010). Performance comparison of three tillage systems in wheat farms. *Australian Journal of Crop Science*, 4(8): 586-589.
- Asadi, A., & Afyooni, D. (2006). Minimum tillage in raised bed planting for wheat-silage corn rotation. *The 4th National Congress of Agr. Machinery Eng. And Mechanization. Tabriz University. Tabriz, Iran.* (in Persian)
- Asadi, A., Yahya Abadi, M., & Taki, O. (2011). The effect of conventional and conservation tillage on forage corn yield in a barley-corn rotation. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 12(1): 83-96. (In Persian)
- Bram, G., Monica, M., Yusuke, U., Ken, D. S., Marco, L. G., Katrien, V., Luc, D. & Jozef, D. (2007). Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. *applied soil ecology*, 37: 18-30.
- Cox J. K. (1986). Winter survival response of winter wheat: Tillage and cultivar selection. *Agronomy Journal*, 78: 795-801.
- Gill, W. R. & Vanden Berg, G. E. (1967) *Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agricultural Research Service, USDA, Agriculture Handbook No.316.*

- operating in Sardang Sandy clay loam, Malay Sia. *Soil and Tillage Research*, 78: 21-34.
- Khosravani, A., Zabolostani, M., Sharifi, A., Mohseni Manesh, A., Sharbanoo Nejad, M. & Hemmat, A. (2003). Evaluation of the possibility of shallow tillage in irrigated wheat. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 17(4): 29-46. (in Persian)
- Mohammadi Gol, R., Javadi, A. & Ghazavi, M.A. (2007). Effect of two combined plow in comparison with conventional plow on soil physical properties. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 8(1): 47-60. (in Persian)
- Nurbekov, A., Suleimenov, M., Friedrich, T., Taher, F., Ikramov, R. & Nurjanov, N. (2012). Effect of Tillage Methods on Productivity of Winter Wheat in the Aral Sea Basin of Uzbekistan. *Journal of Arid Land Studies*, 22(1): 255-258.
- Taki, A. & Asadi, A. (2008). Construction and evaluation of direct seedin machine in soilless system equipped with active groove opener. The 5th National Congress of Agr. Machinery Eng. And Mechanization. *Feddosi University. Mashhad, Iran*. (in Persian)
- Taki, A., Asadi, A. & Solhi, M. (2009). Conservation tillage in arid areas and its necessity in sustainable agriculture. *Farming Extension Journal of Isfahan Agricultural Jihad Organization. First Edition*. (in Persian)
- Tripathi, R. P., Sharma, P., & Singh, S. (2005). Tilth index: an approach to optimize tillage in rice-wheat system. *Soil Till. Res.*, 80: 125-137.
- Younesi Alamouti, M., & Hedayatipour, A. (2018). The Effect of Tillage Methods on Energy Consumption and Grain Yield of Irrigated Wheat in Arak Province. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 19(71): 17-28. (in Persian)

