

افزایش کارایی انرژی با تغییر شکل هندسی شیاربازکن بیلچه‌ای

رضا رحیم‌زاده^{۱*} - یحیی عجب شیرچی^۲ - شمس‌اله عبدالله‌پور^۳ - احمد شریفی^۴ - ناصر سرتیپی^۵ - ابوالقاسم محمدی^۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۹

چکیده

امروزه خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل حفاظت از آب و خاک و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و زمان، رواج بیشتری پیدا کرده است. یکی از نیازهای اصلی برای اجرای این سیستم از جمله روش بی‌خاک‌ورزی دسترسی به ادوات ویژه از جمله کارنده‌های خاص می‌باشد. در روش بی‌خاک‌ورزی قبل از ورود ماشین کاشت هیچ‌گونه عملیاتی بر روی خاک انجام نشده و بقایای محصول قبلی هنوز در سطح خاک باقی است، لذا بذکار و مخصوصاً شیاربازکن آن می‌بایست ساختار ویژه‌ای داشته باشد. از این رو به منظور دستیابی به شیاربازکن مناسب برای کشت مستقیم در شرایط دیم با اعمال تغییراتی بر روی شیاربازکن بیلچه‌ای (شاهد) دو نمونه جدید به نام‌های O₁ و O₂ ساخته شد و سپس سه شیاربازکن در سه سرعت پیشروی از لحاظ نیروی وارد بر شیاربازکن در شرایط آزمایشگاهی و از نظر تأثیر بر عملکرد محصول در شرایط مزرعه‌ای، به روش آماری اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد از نظر نیروی وارد بر شیار بازکن اختلاف بین تیمارها معنی‌دار می‌باشد. نیروی افقی در شیاربازکن O₁ نسبت به شاهد ۳/۴ درصد کاهش و در شیاربازکن O₂، ۲/۸ درصد افزایش نشان داد. تعداد بوته سبز گندم و عملکرد محصول در مزرعه نشان داد، شیاربازکن O₂ با میانگین ۴۸ بوته در متر نسبت به شیاربازکن شاهد ۲۴ درصد و نسبت به شیاربازکن O₁، موجب افزایش ۳۳ درصدی بوته‌های سبز شده گردید. همچنین شیاربازکن O₂ با میانگین عملکرد ۳/۴۸ کیلوگرم دانه در کرت (دو رفت در ۲۰ متر) نسبت به دو شیاربازکن دیگر حدود ۳۶ درصد افزایش عملکرد نشان داد. براساس نتایج به دست آمده شیاربازکن O₂ با توجه به افزایش عملکرد (انرژی ستانده) و اختلاف کم در نیروی مورد نیاز (انرژی ورودی) دارای بازده انرژی بهتری بوده و می‌تواند گزینه مناسب برای کشت مستقیم گندم در شرایط دیم باشد.

واژه‌های کلیدی: دیم، شیاربازکن، کارایی انرژی، کشت مستقیم، گندم

مقدمه

کرده است. نتایج به دست آمده از مقایسه روش‌های مختلف خاک‌ورزی در تولید گندم نشان داده که سیستم بی‌خاک‌ورزی حداقل انرژی را در مقایسه با استفاده از پنجه‌غازی، سیکلوتیلر، گاواهن قلمی و گاواهن برگرداندار مصرف می‌کند (Tabatabaefar et al., 2009). در مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی و روش مرسوم مشخص شد که روش بی‌خاک‌ورزی نسبت به روش مرسوم ۸۱٪ در بهبود ظرفیت مزرعه‌ای، ۱۷٪ در انرژی ویژه و ۱۳٪ در افزایش کارایی انرژی نقش داشته است. همچنین در مقایسه با روش مرسوم، روش بی‌خاک‌ورزی ۳۳٪ و روش کم‌خاک‌ورزی ۲۰٪ موجب افزایش درآمد خالص گردید (Kumar et al., 2013). یکی از نیازهای اصلی برای اجرای این سیستم از جمله روش بی‌خاک‌ورزی دسترسی به ادوات ویژه از جمله کارنده‌های خاص می‌باشد. در کشاورزی مرسوم کاشت در زمین خاک‌ورزی شده و عاری از بقایای گیاهی صورت می‌گیرد و کارنده‌های موجود در کشور نیز برای این شرایط طراحی شده‌اند. ولی در روش بی‌خاک‌ورزی قبل از ورود ماشین کاشت هیچ‌گونه عملیاتی روی خاک انجام نشده و بقایای

طبق تعریف ارائه شده توسط مرکز اطلاعات تکنولوژی حفاظتی^۷ (CTIC)، خاک‌ورزی حفاظتی هر گونه سامانه خاک‌ورزی و کاشت را شامل می‌شود که پس از کشت، حداقل ۳۰ درصد سطح خاک با بقایای گیاهی پوشیده باشد. خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل حفاظت از آب و خاک و صرفه‌جویی در زمان و انرژی مصرفی رواج بیشتری پیدا

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
(*) نویسنده مسئول: (Email: rezarahimzadeh42@yahoo.com)

۲- استاد گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۵- کارشناس ارشد برق الکترونیک موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور سازمان

تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۶- استاد گروه اصلاح نبات دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

تغییرات عمق کاشت در انواع بیلچه‌ای و عمیق کار مشاهده شد (Willkinse *et al.*, 1983). مقایسه شیاربازکن‌های سه دیسکی و چیزل بالدار در قرارگیری مناسب بذر نشان داد که تغییرات عمق کار نوع سه دیسکی بیشتر می‌باشد (Choudhary *et al.*, 1985). طی تحقیقی در کوئینزلند استرالیا ۶۴ ترکیب مختلف شیار بازکن تحت بررسی قرار گرفتند و در نهایت با در نظر گرفتن هزینه، پراکندگی و فراگیری و نیز درصد گیاهان سبز شده، واحد کارنده‌ای با یک دیسک با لبه‌های تیز به قطر ۵۵۰ میلی‌متر به‌عنوان پیش‌بر و یک شیار بازکن سر نیزه‌ای^۱ با یک چرخ فشار لاستیکی به‌عنوان بهترین ترکیب معرفی شد (Freebairn *et al.* 1986). طی تحقیقی مشخص گردید شیاربازکن T وارونه برای کاشت انواع بذور موجب بهبود درصد سبز نسب به سایر شیاربازکن‌ها شده است (Choudhary, 1988). مقایسه شش نوع شیاربازکن (شیاربازکن بیلچه‌ای و نوع کشت مستقیم مدل چاندیر، تک دیسکی، دو دیسکی، Trailing vee-toll Air seeder furrow opener و furrow opener) در سه نوع خاک در ارتباط با عمق کاشت، مقدار رطوبت در شیار بذر، مقدار سبز شدن و عملکرد نهایی نشان داده است که شیار بازکن دو دیسکی کمترین عمق کاشت و بیشترین درصد سبز و عملکرد را دارد (Kushwaha and Foster, 1993). مقایسه انواع مختلف شیاربازکن در خاک‌های گوناگون نشان داده که در خاک‌های سست و نسبتاً مرطوب بهترین تناسب متعلق به انواع دو دیسکی و در خاک‌های نسبتاً خشک و سخت مناسب‌ترین نوع، انواع بیلچه‌ای می‌باشند که دلیل اصلی ارجحیت آن‌ها در این شرایط تمایل به نفوذ بیشتر آن‌ها است (Bahri and Bansal, 1993). بررسی‌ها نشان داده که شکل هندسی شیاربازکن در حرکت جانبی و رو به جلوی خاک و همچنین اندازه شیار ایجاد شده مؤثر است (Solhjou *et al.*, 2013). از مقایسه سه نوع شیاربازکن دیسکی، بیلچه‌ای و بیلچه‌ای بالدار و تأثیر آنها بر روی بوته سبز محصول، جرم مخصوص ظاهری خاک و شاخص مخروطی، نتیجه گرفتند که شیاربازکن بیلچه‌ای با ۷۷/۱۳ بیشترین درصد سبز را داشته است. کمترین جرم مخصوص ظاهری خاک و کمترین مقاومت به نفوذ براساس شاخص مخروطی نیز از شیاربازکن بیلچه‌ای بالدار حاصل شده است (Altikat *et al.*, 2013). در کشور ما تحقیقات علمی بسیار کمی روی شیاربازکن‌های کشت مستقیم انجام شده است. مقایسه وضعیت عملکرد شیاربازکن‌ها از لحاظ شکل نوک آن‌ها بر اساس شاخص مخروط، درصد سبز شدن و مقدار رشد ریشه مقایسه کرد. نتایج نشان داد که تا عمق ۵۰ میلی‌متر پایین‌تر از نقطه کاشت بذر، شاخص مخروطی برای تیغه narrow-winged point کمتر بود، که باعث افزایش طول ریشه و نیز افزایش وزن خشک ریشه تا

محصول قبلی هنوز در سطح خاک باقی است، لذا بذرکار و اختصاصاً شیار بازکن آن می‌بایست ساختار ویژه‌ای داشته باشد تا توانایی لازم برای کاشت در خاک دست نخورده و حاوی بقایای محصول قبلی را داشته باشد. در کل یک شیاربازکن بی‌خاک‌ورزی به گونه‌ای طراحی و ساخته می‌شود که اهداف زیر را محقق سازد: بازکردن یک شیار در عمق مورد نظر، حفظ یکنواختی عمق کاشت در طول شیار و نیز میان ردیف‌های کاشت، حداقل برهم خوردگی خاک را در ناحیه کاشت ایجاد کند، از برگشت خاک شیار قبل از قرارگیری بذر به داخل آن جلوگیری کند، پس از قرارگیری بذر مقدار مناسبی خاک جهت پوشاندن بذر به شیار برگرداند، در جای خود محکم بماند و قابلیت تنظیم داشته باشد. این تغییرات شرایط خاک، به‌وسیله عبور ابزار خاک‌ورز (در این‌جا شیاربازکن) از میان خاک حاصل می‌شود، لذا برای دست‌یابی به شرایط مختلف نهایی در خاک، تنها فاکتورهای شکل و نحوه حرکت ابزار خاک‌ورز در خاک را می‌توان دستکاری کرد. البته پارامترهای دیگری نیز مانند شرایط اولیه خاک در ایجاد شرایط نهایی خاک و نیز کارایی یک عامل خاک‌ورز مؤثر هستند. در اینجا به تحقیقات انجام شده بر روی شیاربازکن‌ها از لحاظ انواع، تأثیر ابعاد، زاویه تمایل و همچنین وضعیت کاری مثل سرعت پیشروی اشاره می‌شود.

تأثیر چهار زاویه حمله (۷۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۳۰ درجه) با عرض کار ۱۵ و ۴۰ میلی‌متر در شرایط مختلف عمق کار نشان داده که با افزایش زاویه حمله و عرض تیغه، مقاومت به کشش افزایش می‌یابد (Gebresenbet and Jonsson, 1992). در تحقیقی دیگر تأثیر پارامترهای سرعت پیشروی (۱/۰۸، ۱/۵۵، ۲/۰۸ متر بر ثانیه)، زاویه حمله (۱۵/۵، ۱۷/۵ و ۲۲/۵ درجه) و همچنین افزایش عمق کار (۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر) بر روی مقاومت به کشش و میزان جابه‌جایی خاک، نشان داد که با افزایش هر سه عامل ذکر شده مقاومت به کشش و میزان خاک جابه‌جا شده افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد درجه نرم شدن خاک با افزایش سرعت پیشروی و زاویه حمله افزایش می‌یابد. همچنین افزایش عمق کار موجب کاهش نرم شدن خاک گردید (Marakoglu and Carma, 2009). هرچه زاویه حمله افزایش یابد عمق نفوذ نیز افزایش پیدا می‌کند (Damora and Pandey, 1995). مقایسه شش نوع شیار بازکن (انواع یک دیسکی، دو دیسکی و بیلچه‌ای و عمیق کار) در خاک سیلتی لومی با محتوی رطوبتی پایین نشان داد، از لحاظ فشردگی کف شیار، تفاوتی بین شیاربازکن‌ها وجود ندارد، لیکن، نوع دو دیسکی و بیلچه‌ای فشردگی بیشتر روی بذر را نشان دادند، ولی رطوبت خاک در کف شیار به‌صورت معنی‌داری برای نوع عمیق کار و بیلچه‌ای بالاتر بود به همین دلیل بیشترین درصد سبز نیز در این نوع شیاربازکن دیده شد. نتایج نشان داد، میزان برهم‌زدن خاک و تغییرات عمق کاشت برای نوع دو دیسکی حداقل و بالاترین میزان برهم‌زدن خاک و نیز

همان طوری که در مقدمه ذکر شد، شکل هندسی و شرایط کاری، تنها فاکتورهای قابل دستکاری برای رسیدن به شرایط نهایی مختلف خاک می‌باشند. همچنین ابزار با زاویه نفوذ کوچک‌تر، عملکرد (بازده انرژی مصرفی) و نفوذ بهتری در خاک‌های خشک دارند. به همین دلایل، شیاربازکن بیلچه‌ای (که در حال حاضر نیز قریب به اتفاق بذرکارهای خطی کار در مناطق دیم به این شیاربازکن مجهز می‌باشند)، به منظور دستیابی به شیاربازکن مناسب برای خاک‌ورزی حفاظتی، به عنوان الگو انتخاب شد. سپس، از طریق کاهش شاخص رعنائی (نسبت عمق کار به عرض تیغه) که در ادوات خاک‌ورزی تا مقدار معینی باعث افزایش بازده انرژی مصرفی می‌شود (Godwin, 2007)، دو شیاربازکن نمونه، با اعمال تغییراتی روی شیاربازکن بیلچه‌ای (در جهت کاهش میزان خاک جابه‌جا شده)، با نام‌های O_1 و O_2 ساخته شدند. در شیاربازکن O_1 یک تیغه به عرض ۶ میلی‌متر به موازات حرکت (به صورت پیش‌بر) بر روی تیغه بیلچه‌ای و دو باله در طرفین آن اضافه شد (زاویه نفوذ باله با زاویه نفوذ تیغه یکی می‌باشد). در نمونه O_2 علاوه بر تغییرات قبلی عرض تیغه بیلچه‌ای به اندازه ۲۰ میلی‌متر کاهش و از یک دیسک بشقابی به قطر ۲۸ سانتی‌متر برای جای‌گذاری بذر در پهلوی شیاربازکن کود استفاده شد. به طوری که در سیستم O_2 تغییر مکان کود هم در عمق و هم در راستای افقی ممکن شد. در سیستم‌های قبلی موجود کود زیر بذر قرار می‌گرفت ولی در سیستم O_2 کود هم در زیر و هم در پهلوی بذر قرار می‌گیرد که برای اولین بار در کشور این سیستم طراحی و ساخته شد (شکل ۱).

برای ارزیابی عملکرد شیاربازکن‌ها، اقدام به کشت گندم و بررسی وضعیت سبز و عملکرد محصول در شرایط مزرعه و همچنین نیروی افقی و عمودی وارد بر هر شیاربازکن در شرایط آزمایشگاهی (مخزن خاک) تعیین گردید (جهت مثبت را برای هر نیرو بیان کنید). لذا، سه شیاربازکن (شاهد همراه با دو شیاربازکن ساخته شده) در سه سرعت پیشروی ۱، ۱/۵ و ۲ متر بر ثانیه در شرایط آزمایشگاهی (مخزن خاک) در موسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی و همچنین از لحاظ تأثیر بر جوانه‌زنی و عملکرد محصول در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

آماده‌سازی خاک مخزن: برای مهیا کردن شرایط لازم برای آزمایش، ابتدا خاک درون مخزن به اندازه لازم (با توجه به عمق کار تیغه ۱۲ سانتی‌متر) جمع‌آوری سپس در سه مرحله لایه‌های ۵ سانتی‌متری به طول ۱۳ متر تهیه شد. برای هر لایه ۴ مرتبه غلطک زده شد. این عمل برای هر تیغه به‌طور یکسان تکرار گردید. خاک درون مخزن دارای بافت لومی رسی بوده و قبل از شروع آزمایش نمونه‌برداری از خاک آماده شده برای تعیین جرم مخصوص ظاهری و رطوبت خاک در سه تکرار انجام گرفت (جدول ۱).

پس از اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی خاک، شیاربازکن‌ها به

عمق ۱۰ سانتی‌متری برای گیاه لوبیا و تا ۲۰ سانتی‌متری برای گندم و نخود می‌شد. نتایج حاصله برتری این تیغه را بر انواع Inverted-T - Simple Narrow-Winged در سطح احتمال ۰/۰۱ تأیید کرد (Asoodar, 2004). طی تحقیقی در شرایط آزمایشگاهی مخزن خاک^۱، تأثیر نسبت عمق کار به پهنا (d/w) و پهنا تیغه (w) بر مقاومت کششی و سطح مقطع خاک به هم خورده در تیغه‌های باریک، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نسبت d/w بر مقاومت کششی تأثیر معنی‌دار داشته و بیشترین مقدار آن از نسبت $d/w = 5$ به دست آمد (Loghavi and Azizi, 2008). نتایج تحقیق انجام شده در کاشت مسقیم غلات با بذرکار مجهز به شیاربازکن دیسکی فعال نشان داد که در استفاده از این ماشین، سطح به هم خورده خاک، تنها ۱۰٪ کل سطح زمین بوده و نه تنها باعث کاهش انرژی مصرفی برای تهیه بستر بذر گردیده بود، بلکه تحریک بذر علف‌های هرز و قرار گرفتن آن‌ها در عمق مطلوب سبز شدن را به حداقل رساند (Taki and Asadi, 2008). در بررسی تأثیر شکل هندسی و سرعت پیشروی شیاربازکن بر میزان و جهت حرکت خاک شیار مشخص شد که شکل هندسی در میزان جابه‌جایی خاک در سطح افق و قائم مؤثر بوده و همچنین با افزایش سرعت پیشروی میزان خاک جابه‌جا شده افزایش می‌یابد (Seidi et al., 2011). نتایج تحقیق اصلاح و بهینه‌سازی بر روی دستگاه دیم‌کار غلات برای شرایط دیم‌زارهای استان خوزستان به منظور کشت مستقیم گندم نشان که مصرف سوخت و زمان مورد نیاز کاهش و درصد سبز شدن بذرها افزایش می‌یابد، ولی با این وجود مشکلاتی نظیر عدم یکنواختی در نفوذ پیش‌برها در خاک، کاهش پوشش مناسب بذرها در شرایط سنگلاخی و گیر کردن بقایا در میان پیش‌برها مشاهده شد (Habibi asl et al., 2011). به دلیل هزینه بالای تهیه کارنده‌های خارجی و همچنین احتمال عدم تطابق آن کارنده با شرایط اقلیمی در کشور ما و از طرفی عدم کارایی دستگاه‌های بذرکار و حتی بازوهای قوی دستگاه‌های عمیق کار برای نفوذ در خاک سفت در زمان کاشت به خصوص در اراضی دیم، هنوز در بیشتر مناطق روش مرسوم تهیه زمین و کاشت ادامه دارد. لذا به منظور دستیابی به کارنده مناسب برای کشت مستقیم در شرایط دیم (از طریق ساخت شیاربازکن با توان کار در خاک دست نخورده) در این تحقیق، شکل هندسی شیاربازکن بیلچه‌ای تغییر و تأثیر آن بر مقاومت به کشش در شرایط کنترل شده (مخزن خاک) و همچنین عملکرد محصول گندم در تناوب با حبوبات در شرایط مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

دنده لازم برای هریک از سرعت‌های مورد نظر مشخص گردید. داده‌ها در یک دستگاه ثبت داده (شکل ۲) ذخیره و سپس به کامپیوتر منتقل گردید.

دستگاه متصل و آماده اندازه‌گیری شد. دستگاه مجهز به یک لودسل ۸ وجهی بود که قادر بود همزمان نیروی افقی و نیروی عمودی را اندازه‌گیری نماید (شکل ۳). کل سیستم به یک دستگاه تراکتور مسی فرگوسن ۳۹۹ وصل بود که قبل از شروع اندازه‌گیری دور موتور و



شکل ۱- شیار بازکن شاهد در مقایسه با دو نمونه شیار بازکن ساخته شده (O₁, O₂)

Fig.1. Check furrow opener (Ch) in comparison with two new-designed prototype furrow openers (O₁, O₂)



شکل ۳- نحوه اتصال شیار بازکن به لودسل ۸ وجهی در مخزن خاک

Fig. 3. Furrow opener connection to orthogonal load cell in soil bin



شکل ۲- دستگاه ثبت داده

Fig.2. Data logger

طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه آماری قرار گرفت. برای ارزیابی در شرایط مزرعه‌ای، در قطعه زمینی که در سال قبل زیر کشت نخود بوده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به روش آماری اسپلیت پلات با ۹ تیمار در چهار تکرار (۳×۳×۴) در کرت‌هایی به طول ۲۲ متر (برای هر شیار بازکن ۲ خط) گندم کشت شد. تیمارها شامل سه شیاربازکن (شاهد، نمونه ۱ و نمونه ۲) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه سرعت پیشروی (۲/۸، ۲/۲ و ۱/۴ متر بر ثانیه) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند (توضیح اینکه به دلیل محدودیت طول مخزن خاک، سرعت‌های اعمال شده در ارزیابی آزمایشگاهی اندکی کمتر بود). برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، محصول به‌صورت کف‌بر برداشت و پس از توزین با ترازو (دقت یک گرم) عمل کوبش انجام و عملکرد

جدول ۱- میانگین جرم مخصوص ظاهری و رطوبت در خاک مخزن

Table 1- The means values of soil bulk density and moisture content in soil bin

عمق نمونه‌برداری Soil depth (cm)	رطوبت moisture (%)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr cm ⁻³)
0-15	6.37	1.58

داده‌های خام ثبت شده در یک نرم افزار به نیرو تبدیل و سپس در برنامه آماری جن استات^۱ از لحاظ یکنواختی بررسی و براساس

1- Gen stat

نتایج نشان داد که اثر شکل هندسی و اثر متقابل شکل هندسی و سرعت پیشروی بر روی نیروی افقی و عمودی معنی‌دار می‌باشد، ولی سرعت پیشروی تنها بر نیروی افقی اثر معنی‌دار داشته‌است (جدول ۲).

دانه در هر پلات مشخص و پس از بررسی یکنواختی داده‌ها عمل تجزیه واریانس انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۲- تجزیه واریانس نیروی افقی و عمودی در سه شیاربازکن و سه سرعت پیشروی

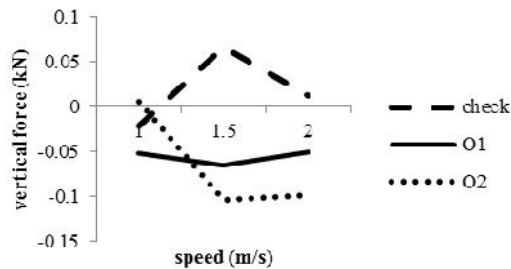
Table 2- Analysis of variance of data on horizontal and vertical forces in three furrow openers and three forward speeds

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	نیروی عمودی Vertical force	نیروی افقی Horizontal force
شیاربازکن (Furrow opener)	2	1.225**	1.099**	
سرعت پیشروی (Forward speed)	2	8.789**	0.062 ^{ns}	
شیاربازکن × سرعت پیشروی Furrow opener × Forward speed	4	1.262**	0.471**	
خطا (Error)	1497	0.04	0.038	
ضریب تغییرات (CV (%))		11	576	

ns, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد
ns, ** Non-significant and Significant at 1% level, respectively

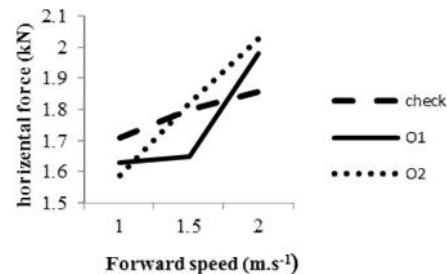
یابد. این کاهش در شیاربازکن O₁ تا سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه نیز ادامه دارد ولی در سرعت ۲ متر بر ثانیه، در هر دو شیاربازکن ساخته شده، نیروی افقی نسبت به شاهد افزایش یافته است. کمترین و بیشترین نیروی افقی متعلق به شیاربازکن O₂ می‌باشد. کمترین مقدار با میانگین ۱/۵۹ کیلو نیوتن در سرعت یک متر بر ثانیه و بیشترین مقدار با میانگین ۲/۰۳ کیلو نیوتن در سرعت ۲ متر بر ثانیه به دست آمده است (جدول ۳).

مقاومت به کشش: مقایسه میانگین‌ها نشان داد، در هر سه شیاربازکن با افزایش سرعت پیشروی مقاومت به کشش افزایش می‌یابد (شکل ۴). افزایش مقاومت به کششی با افزایش سرعت توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Wheeler and Godwin, 1996; Astafford, 1979). این نتیجه نشان می‌دهد که تغییرات اعمال شده بر روی شیاربازکن بیلچه‌ای باعث شده تا مقاومت به کشش در سرعت پیشروی ۱ متر بر ثانیه به شکل معنی‌دار کاهش



شکل ۵- تغییرات نیروی عمودی در سه شیاربازکن و سه سرعت پیشروی

Fig. 5. Vertical force variations in three furrow openers at three forward speeds



شکل ۴- تغییرات نیروی افقی در سه شیاربازکن در سه سرعت پیشروی

Fig. 4. Horizontal force variations in three furrow openers at three forward speeds

جدول ۳- میانگین نیروی افقی (کیلو نیوتن) در سه شیار بازکن و سه سرعت پیشروی
Table 3- Mean values of horizontal force (kN) in three openers at three forward speeds

	سرعت پیشروی (متر بر ثانیه) Forward Speed (m s ⁻¹)		
	1	1.5	2
شاهد (Control)	1.71	1.80	1.86
O ₁	1.63	1.65	1.98
O ₂	1.59	1.82	2.03
حداقل اختلاف معنی‌داری (%۵) LSD 5%	(شیار بازکن = ۰/۰۲۶) (سرعت پیشروی = ۰/۰۲۹) (اثر متقابل = ۰/۰۵۵) (Farrow opener=0.026), (Forward speed= 0.029), (Interactions effects=0.05)		

وارد از طرف خاک به تیغه بشقابی کم شده، این نتیجه به دلیل عدم نیاز برای اعمال نیروی بیشتر جهت نفوذ در شیار بازکن O₂ مطلوب می‌باشد.

جوانه‌زنی و عملکرد محصول: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شیار بازکن بر جوانه‌زنی، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد ولی تأثیر سرعت پیشروی و اثر متقابل شیار بازکن در سرعت پیشروی بر روی این صفات معنی‌دار نیست (جدول ۴).

نیروی عمودی: تغییرات نیروی عمودی در هر شیار بازکن در سه سرعت پیشروی در شکل نشان داده شده است. تغییرات داده شده در شیار بازکن شاهد، موجب تغییر جهت نیروی عمودی وارد بر تیغه شده است که این مسئله مخصوصاً در شیار بازکن O₂ به دلیل استفاده از تیغه بشقابی در این شیار بازکن، دور از انتظار نبود. در کل مقادیر نیرو عمودی قابل توجه نمی‌باشد. هر چند انتظار می‌رفت مقدار این نیرو در شیار بازکن O₂ بیشتر باشد. به نظر می‌رسد به دلیل ایجاد شیار توسط تیغه جلویی (بیلچه‌ای تغییر شکل یافته) در شیار بازکن O₂، نیروی

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات نوع و سرعت پیشروی شیار بازکن بر عملکرد بیولوژیکی و دانه

Table 4- Analysis of variance of the effects of furrow opener type and forward speed on biomass and grain yield

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات Mean square		
		عملکرد بیولوژیکی Biomass	عملکرد دانه Yield	تعداد بوته سبز No. of germinated plant
تکرار (Replication)	3	25.678 ^{ns}	2.925 ^{ns}	166
شیار بازکن (Opener)	2	49.744**	6.267**	1608**
اشتباه (Residual)	6	0.721	0.101	45
سرعت پیشروی (Forward speed)	2	0.702 ^{ns}	0.071 ^{ns}	211 ^{ns}
شیار بازکن × سرعت پیشروی Furrow opener × Forward speed	4	0.506 ^{ns}	0.04 ^{ns}	70 ^{ns}
اشتباه (Error)	18	4.317	0.602	65
ضریب تغییرات CV (%)		26	29	17

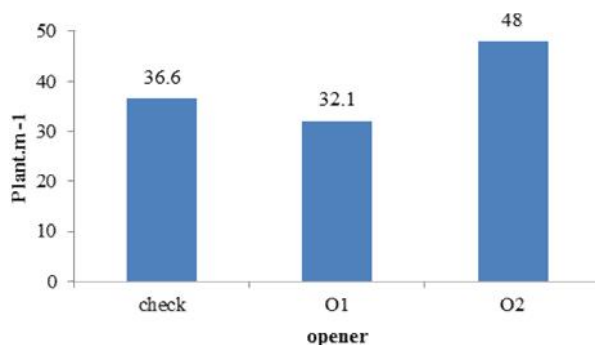
^{ns}, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد
 ns, ** Non-significant and Significant at 1% level, respectively

مستقیم نسبت به روش متداول، مقدار بذری مصرفی مازاد جهت جبران ضعف جوانه زدن در سیستم کشت مستقیم است (Koocheki and Hosseini, 1994). بررسی نتایج نشان داد که شیار بازکن O₂ با

نوع شیار بازکن در بی خاک‌ورزی تأثیر مهم و مستقیمی بر مقدار جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای قرار گرفته در شیار دارد (Tessier et al., 1991). از طرفی یکی از واردات انرژی به سیستم‌های کشت

است (Kushwaha and Foster, 1993). ملاحظه می‌شود میزان سبز محصول در شیاربازکن O₁ نسبت به شاهد کمتر می‌باشد، اگرچه این کاهش غیر معنی‌دار می‌باشد. کاهش درصد سبز محصول در شیار بازکن بیلچه‌ای بالداری نسبت به بیلچه‌ای قبلاً گزارش شده است (Altikat et al. 2013).

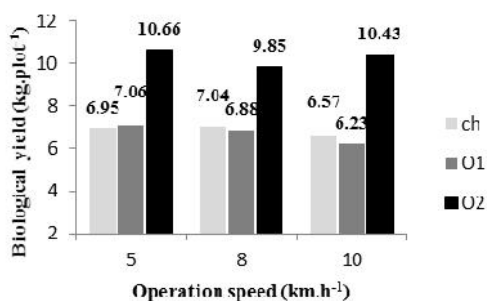
میانگین ۴۸ بوته در متر نسبت به شیاربازکن شاهد ۲۴ درصد و نسبت به شیاربازکن O₁، ۳۳ درصد افزایش سبز محصول داشته است (شکل ۶). احتمالاً افزایش درصد سبز در شیاربازکن O₂ به دلیل استفاده از تیغه بشقابی در این شیاربازکن باشد. افزایش درصد سبز در شیاربازکن‌های بشقابی به‌عنوان یک مزیت برای آنها گزارش شده



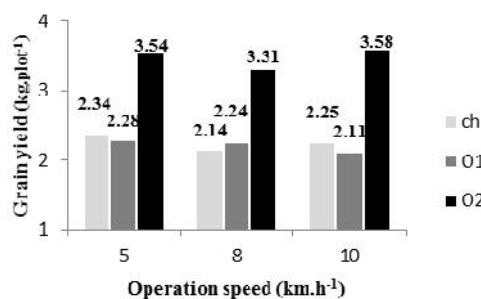
شکل ۶- تعداد بوته سبز شده در یک متر
Fig. 6. Number of germinated plants per one meter row

کیلوگرم دانه گندم ۳۴۶۰ کیلوکالری و یک کیلوگرم کاه گندم ۲۲۱۰ کیلوکالری می‌باشد (Koocheki and Hosseini, 1994). اگر اختلاف مقاومت به کشش بین تیمار O₂ و شاهد (۰/۰۴ کیلونیوتن) نادیده گرفته شود، با توجه به یکسان بودن انرژی‌های ورودی (بذر، کود، سوخت و غیره) در تمام تیمارها، تیمار O₂ با افزایش ۱/۲۴۰ کیلوگرم دانه و ۲/۲۲۰ کیلوگرم کاه نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش ۹۱۹۶ کیلوکالری انرژی ستانده شده است. با توجه به تعریف کارایی انرژی (نسبت انرژی ستانده به انرژی ورودی) می‌توان نتیجه گرفت که شیاربازکن O₂ موجب افزایش کارایی انرژی شده است.

عملکرد محصول: براساس نتایج، شیاربازکن O₂ با میانگین عملکرد دانه ۳/۴۸ کیلوگرم در کرت نسبت به دو شیاربازکن O₁ و شاهد (ch) (که از نظر آماری در یک کلاس قرار دارند) به ترتیب ۳۶/۵ و ۳۵/۶ درصد افزایش دارد. همچنین شیاربازکن O₂ از نظر عملکرد بیولوژیکی با میانگین ۱۰/۳۱ کیلوگرم در کرت نسبت به شیاربازکن O₁، ۳۴/۸ درصد و نسبت به شاهد ۳۳/۵ درصد افزایش داشته است (شکل ۷ و ۸). افزایش عملکرد در شیاربازکن O₂ نسبت به دو شیاربازکن دیگر احتمالاً به دلیل استفاده از تیغه بشقابی در این شیاربازکن باشد، به طوری که بیشترین سبز محصول و یکنواختی عمق کشت نیز در این شیاربازکن به‌دست آمده است. انرژی تولیدی یک



شکل ۸- میانگین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف
Fig. 8. Mean values of biomass yield in different treatments



شکل ۷- میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف
Fig. 7. Mean values of grain yield in different treatments

نتیجه‌گیری

تیغه بشقابی برای بذر به صورت افست، که O_2 نامیده شد) موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه زنی و عملکرد محصول شد ولی نیروی افقی وارد بر شیاربازکن هرچند اندک، ولی افزایش یافت. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت شیاربازکن O_2 به دلیل افزایش عملکرد محصول، موجب افزایش راندمان انرژی شده و می‌تواند جایگزین بهتری برای شیاربازکن شاهد برای کشت مستقیم گندم بعد از حبوبات در شرایط دیم (مشابه محل تحقیق) باشد.

تغییر شکل هندسی شیاربازکن بیلچه‌ای (اضافه کردن باله و یک پیشانی کم عرض در جلوی تیغه، که O_1 نامیده شد) موجب کاهش نیروی افقی مورد نیاز شد ولی این تغییرات موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و عملکرد محصول هرچند به شکل غیر معنی‌دار، نسبت به شاهد شد.

تغییر شکل شیاربازکن بیلچه‌ای (اضافه کردن باله و یک پیشانی کم عرض در جلوی تیغه و همچنین کاهش عرض تیغه و استفاده از

References

- Altikat, S., A. Celik, and Z. Gozubuyuk. 2013. Effects of various no-till seeder and stubble condition on sowing performance and seed emergence of common Vetch. *Soil and Tillage Research* 126: 72-77.
- Asoodar, M. A. 2004. New sowing point design for early root growth. *Agroenviron-Udin Italy* 20-24.
- Bahri, A., and R. K. Bansal. 1993. Evaluation of different combination of furrow openers and press wheels for no till seeding. *Agricultural Engineering Abstracts* 18: 226.
- Choudhary, M. A., Y. G. Pei, and C. J. Baker. 1985. Seed placement effects on seedling establishment in direct drilled fields. *Soil and Tillage Research* 6: 79-83.
- Choudhary, M. A. 1988. A new multi crop inverted T seeder for upland crop establishment. *AMA* 19: 37-42.
- Damora, D. P., and K. P. Pandey. 1995. Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills. *Soil and Tillage Research* 34: 127-139.
- Freebairn, D. M., L. D. Ward, A. L. Clarke, and G. D. Smith. 1986. Research and development of reduced tillage systems for vertisols in Queensland. Australia. *Soil and Tillage Research* 8: 211-229.
- Gebresenbet, G., and H. Jonsson. 1992. Performance of seed drill coulters in relation to speed, depth and rake angles. *Journal of Agricultural Engineering Research* 52: 121-145.
- Godwin, R. J. 2007. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement force. *Soil and Tillage Research* 97: 331-340.
- Habibi asl, J., N. Lovaymi, and S. M. J. Afzali. 2011. Optimization of cereal planter for Khoozestan dryland condition. Research report. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Agricultural Engineering Research Institute. 90/217. (In Farsi).
- Koocheki, A., and M. Hosseini. 1994. Energy efficiency in agricultural ecosystems. Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi).
- Kumar, V., Y. S. Saharawat, M. K. Gathala, A. Sing jat, N. Chaudhary, and M. L. Jat. 2013. Effect of different tillage and seeding methods on energy use efficiency and productivity of wheat in the Indo-Gangetic plain. *Field Crop Research* 142: 1-8.
- Kushwaha, R. L., and R. K. Foster. 1993. Field evaluation of grain drill furrow openers under conservation and conventional tillage system. *Canadian Agricultural Engineering* 35: 253-260.
- Loghavi, M., and H. Azizi Aliabadi. 2008. The effect of aspect ratio (D/W) of narrow tools on draft, soil disturbed area and soil loosening efficiency. *Journal of Soil and Water* 22: 36-47. (In Farsi).
- Marakoglu, T., and K. Carma. 2009. Effects of design parameters of a cultivator share on draft and soil loosening in soil Bin. *Journal of Agronomy* 8: 21-26.
- Seidi, E., Sh. Abdollahpour, A. Javadi, and A. Moghaddam. 2011. Soil movement in the seed slot created a new No-tillage furrow opener. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 21: 34-40. (In Farsi).
- Solhjou, A., J. M. A. Desbiolles, and J. M. Fielke. 2013. Soil translocation by narrow openers with various blade face geometries. *Biosystems Engineering* 114: 259-266.
- Stafford, J. V. 1979. The performance of a rigid tine in relation to soil properties and speed. *Journal of*

- Agricultural Engineering Research 24: 41-56.
19. Tabatabaeefar, A., H. Emamzadeh, M. Gasemi, R. Rahimzadeh, and M. Karimi. 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. *Energy* 34: 41-45.
 20. Taki, O., and A. Asadi. 2008. Development and evaluation direct cereal seed drill in No-tillage system Equipped with active opener. 5th agricultural machinery and mechanization engineering national conference. Mashhad, Mashhad Ferdosi University. (In Farsi).
 21. Tessier, S., K. E. Saxton, R. I. Papendick, and G. M. Hyde. 1991. Zero tillage furrow opener effects on seed environment and wheat emergence. *Soil and Tillage Research* 21: 347-360.
 22. Wheeler, P. N., and R. J. Godwin. 1996. Soil dynamics of single and multiple tines at speed up to 20 km/h. *Journal of Agricultural Engineering Research* 63: 243-249.
 23. Wilkins, D. E., G. A. Muilenburg, R. R. Allmaras, and C. E. Johnson. 1983. Grain drill opener effects on wheat emergence. *Transactions of the ASAE* 26: 651-655.

Increasing energy efficiency by geometric modification of hoe-type furrow opener

R. Rahimzadeh^{1*} - Y. Ajabshichi² - S. Abdollahpour³ - A. Sharifi⁴ - N. Sartipi⁵ - A. Mohammadi⁶

Received: 28-09-2014

Accepted: 18-02-2015

Introduction

Direct planting becomes more common in the recent years, because it conserves soil and water as well as it saves energy and time. However, this technology needs special implements such as seed planter. Given that direct planting is practiced in undisturbed lands, so it was needed to design a special furrow opener. In order to obtain a suitable furrow opener this experiment was conducted in rain-fed Agricultural Research Institute in Maragheh.

Materials and Methods

Most of seed planters that are used for cultivation in rain fed conditions are equipped by hoe-type furrow opener. Hoe-type furrow openers have good penetration in hard and dry soils. However, they do not have the ability for direct planting. Hoe-type furrow opener was chosen as a model. Then by changing the geometric form of the depth to width ratio (d/w), the two openers were designed. In the first design, which was called O_1 two wings and a narrow blade acting as a coulter were added in front of the hoe-type furrow opener. In the second design, which was called O_2 , in addition to the O_1 modification, furrow opener width was decreased and a disk blade was added for seed sowing (Fig. 1).

The performance of O_1 and O_2 openers were compared with the conventional hoe-type furrow opener (check) in soil bin and in field conditions. At three different forward speeds (1, 1.5 and 2 $m\ s^{-1}$) with 3 replications, the effects of the openers designs of vertical and horizontal soil forces were evaluated in soil-bin conditions. In order to evaluate the performance of the furrow opener in field conditions, an experiment was conducted using a split plot design based on RCBD at 4 replications. Furrow openers formed the main plots and forward speeds formed the sub plots. Each plot size was 22 meters long in two rows for each treatment. After germination of wheat crop, the numbers of seedlings in two rows were counted (along a one meter). After crop maturity, all plots were harvested by hand and grain and biological yield was measured. ANOVA test, uniformity test and mean comparison were conducted by using Genstat software.

Results and Discussion

The soil bin test results showed that opener design and forward speed both have significant influences on the horizontal force ($P < 0.01$). Horizontal force was increased with increasing of forward speeds. The same result was reported by Wheeler and Godwin, 1996 and Astafford, 1979. The lowest horizontal force (average 1.66 kN) occurred at 1 $m\ s^{-1}$ and the highest (average 1.94 kN) occurred at 2 $m\ s^{-1}$ forward speeds. Horizontal force increased in O_2 (2.8%) and decreased in O_1 (3.4%) compared with the control (average 1.77 kN). Moreover, openers had significant influence on the vertical force ($P < 0.01$). Vertical force values were negative in O_1 (average -0.05 kN) and O_2 (average -0.07 kN) in comparison with positive value in the control (average +0.01 kN). The effect of forward speed on vertical force was not statistically significant. The field results showed that

1- Ph.D Student of Biosystems Department, Tabriz University

2- Professor of Biosystems Department, Tabriz University

3- Associate Professor of Biosystems Department, Tabriz University

4- Member of Scientific Board of Agricultural Engineering Institute

5- Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Maragheh Iran

6- Professor of plant Breeding Department. Tabriz University

(*-Corresponding Author Email: rezarahimzadeh42@yahoo.com)

there were significant differences among the openers in the numbers of seedling, grain and biological yield ($P < 0.01$). The O_2 opener (with the average of 48 seedlings per one meter row) had 33% and 24% more seedlings in comparison with O_1 and check furrow openers, respectively. Probably, using dick bald in O_2 design leads to increased seed germination. Increasing of seed germination by using disk furrow opener as an advantage is reported by Kushwaha and Foster, 1993. The O_2 furrow opener would also increase grain yield about 36% compared with both O_1 and check furrow openers.

Conclusions

It can be concluded that the newly designed furrow opener (O_2) could improve the energy efficiency with increasing crop yield. Hence, O_2 furrow opener could be recommended for direct planting in rain-fed farming.

Keywords: Direct planting, Dryland farming, Energy efficiency, Farrow opener, Wheat