مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۰/ شماره ۱/سال ۱۳۸۸/ص ۸۰-۶۹

# ساخت و ارزیابی دستگاه کاشت مستقیم غلات در سیستم بی‌خاک‌ورزی مجهز به شیار بازکن فعال

اورنگ تاکی* و اردشیر اسدی**

* نگارنده مسئول، نشانی: اصفهان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ص. پ. ۱۹۹-۸۱۷۸۵، تلفن: ۷۷۶۰۰۶۱ (۰۳۱۱)، پیام‌نگار: orangtaki@yahoo.com

** به‌ترتیب استادیار پژوهش؛ و عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۷

## چکیده

**سیستم بی‌خاک‌ورزی در ایران به دلیل نبود ماشین کاشت مناسب جهت تأمین تماس کافی بذر با خاک، در بسیاری از موارد موفق نبوده است. معرفی دستگاهی که بتواند در زمین‌های‌سخت (شخم نخورده) و با وجود کلش محصول قبلی در زمین، بذر و کود را در داخل شیاری در دو عمق مختلف قرار دهد، اولین قدم در راه پیاده کردن طرح‌های پایلوت بی‌خاک‌ورزی و در نهایت ترویج آن در مناطق مستعد این روش کاشت است. در این تحقیق، ساخت و ارزیابی شیار بازکن دیسکی فعال که به مانند ارّه‌ای دوار می‌تواند شیاری در خاک ایجاد کند، در زمینی شخم نخورده و پوشیده از بقایای گیاهی ارزیابی شد. در آزمون‌های مقدماتی صفحهٔ برش (شیار بازکن فعال) در سرعت‌های دورانی مختلف و در شرایطی به‌کار گرفته شد که هم جهت یا خلاف جهت چرخ‌های تراکتور به حرکت در می‌آمد. نتایج این ارزیابی‌ها نشان داد که چرخش صفحهٔ برش در جهت خلاف چرخ‌های تراکتور نه تنها شیاری نسبتاً خالی از خاک پس از عبور به‌جا می‌گذارد بلکه باعث برش عمیق‌تر خاک نسبت به حالتی می‌شود که هم جهت با چرخ های تراکتور بچرخد. در این حالت، شیار بازکن توانست شیاری به عمق متوسط ۵/۵ سانتی‌متر و به عرض متوسط ۱/۵ سانتی‌متر بریده خاک آن را به سمت جلو و بالا پرتاب کند. در حالی که چرخش صفحهٔ برش در جهت چرخ‌های تراکتور منجر به پر شدن مجدد شیار ایجاد شده می‌شود. برای جلوگیری از پرتاب خاک به جلو و بالا، یک گلگیر محافظ تعبیه شد. این محافظ باعث شد که مقداری از خاک به سمت عقب واحد برش منحرف و از انتهای واحد برش مجدداً به داخل شیار ریخته شود و حدود یک چهارم عمق آن را پرکند. از این مقدار خاک برای ایجاد لایه‌ای از خاک بین کود و بذر استفاده شد. برای این منظور لولهٔ سقوط کود به فاصلهٔ نزدیکی در پشت صفحه برش (در ارتفاع ۵ سانتی‌متری سطح زمین) قرار داده شد تا قبل از پر شدن بخشی از شیار، کود را در کف آن جایگذاری کند. با نصب لوله‌های سقوط بذر در امتداد شیار ایجاد شده با فاصله‌ای از صفحهٔ برش در بالای سطح خاک بذر در داخل شیار نیمه پر جایگذاری و خاک نرم باقیمانده در طرفین شیار بر اثر پوشانندهٔ انتهایی روی بذر ریخته می‌شود. نتایج ارزیابی نهائی ماشین مجهز به چنین واحدهای کاشتی نشان می‌دهد که در صورت رعایت نسبت بهینه سرعت دورانی شیار بازکن به سرعت پیشروی، این ماشین می‌تواند در زمین شخم نخوردهٔ پوشیده از بقایای گندم با به هم زدن کمتر از ۱۰ درصد سطح خاک کود را در عمقی حدود ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از عمق مطلوب بذر قرار دهد و تماس کافی بذر با خاک را تأمین کند.**

## واژه‌های کلیدی

**بی‌خاک‌ورزی، شیار بازکن فعال، کاشت مستقیم**

## مقدمه

تبخیر سطحی زیاد در فاصلهٔ زمانی بین برداشت محصول و کاشت محصول بعدی و نبود مواد آلی در لایهٔ سطحی خاک باعث می‌شود که خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به حدی سفت شوند که اگر عملیات شخم اجرا نشود، شیار بازکن دستگاه‌های غلات کار و حتی

© 2012,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

بازوهای قوی دستگاه‌های عمیق کار نتوانند در آنها نفوذ کنند. در بسیاری از طرح‌های تحقیقاتی، برای اعمال سیستم بی‌خاک‌ورزی از دستگاه‌های غلات‌کاری استفاده شده است که با مشکل نفوذ شیار بازکن مواجه هستند یا در انواعی که نیروی زیاد برای نفوذ شیار بازکن‌ها به کار گرفته شده است به هم خوردگی در کل سطح خاک ایجاد شده که با اهداف بی‌خاک‌ورزی مغایرت دارد.

ناکارایی ماشین کاشت می‌تواند به عنوان یک محدودیت در سازگارکردن سیستم‌های کاشت مستقیم در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی مطرح شود (Van Doren *et al*., 1976). ماشین‌های کاشت مستقیم در سیستم بی‌خاک‌ورزی باید قادر به بریدن خاک شخم نخورده، عبور دادن بقایا از بین ساقه‌های شیار بازکن‌ها، و ایجاد تماس مناسب بین بذر با خاک باشند (Graham & Ellis, 1980). نوع بقایا و تراکم و میزان خردشدن آنها از عوامل مهم در طراحی شیار بازکن دستگاه کاشت مستقیم به‌شمار می‌آید. تحقیقات نشان می‌دهد که بهترین حالت برای عبور دادن بقایا از زیر ماشین‌کاشت حالتی است که به‌صورت ایستاده در زمین باقیمانده باشند. بقایای خرد شده ممکن است در جلو بازوهای ماشین جمع شوند و نیز تماس بذر با خاک را مختل سازند (Hemmat & Taki, 2001).

در بین انواع شیار بازکن‌ها، نوع بیلچه‌ای دارای بیشترین نفوذ در خاک‌های سخت و خشک است ولی باعث برهم زدن لایهٔ سطحی خاک و مخلوط شدن بقایا با این لایه می‌شود (Hofman *et al*., 1988). با افزایش تقاضا برای استفاده از سیستم بی‌خاک‌ورزی در دنیا، شیار بازکن‌های دیسکی به علت به هم زدن حجم کم خاک، مورد توجه بسیار واقع شده‌است. این خصوصیت باعث به حداقل رسیدن جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز، کاهش مخلوط شدن بقایا با لایهٔ سطحی خاک، و حفظ رطوبت در خاک می‌شود. تناسب آنها با سرعت‌های بالای کاشت (به عنوان مثال پاشش کم خاک به طرفین) و توانایی عبور از روی بقایا بدون مشکل جمع شدن بقایا در جلو ساقه‌ها، از خصوصیات دیگر این نوع شیار بازکن‌هاست. شیار بازکن‌های بشقابی در شکل‌های گوناگونی ساخته می‌شوند. هر یک از این شکل‌ها، در شرایط خاص قابلیت کار دارد. انتخاب شکل، طرز قرار گرفتن شیاربازکن‌های بشقابی با توجه به شرایط خاک و الگوی کاشت مهم‌ترین مسئله در طراحی ماشین کاشت مستقیم با شیار بازکن بشقابی به شمار می‌آید. شیار بازکن‌های بشقابی با اشکال صاف، مضرس[1]، مواج[2]، و کنگره‌دار[3] جهت اجرای وظایف مختلف در ماشین‌های کاشت مستقیم به‌طور وسیع کاربرد دارند. نوع صاف این شیار بازکن زمانی که با زاویه‌ای نسبت به جهت حرکت تراکتور قرار می‌گیرد قابلیت فرو رفتن در خاک و بازکردن شیار نسبتاً پهن را دارد. شیار بازکن بشقابی مضرس حتی بدون داشتن زاویه نسبت به جهت حرکت، به راحتی در خاک نفوذ می‌کند و اطراف شیار را به صورت دست نخورده باقی می‌گذارد؛ لبهٔ دندانه اره‌ای آن به راحتی بقایا را می‌بُرد و خاصیت خود تیز شوندگی دارد. شیار بازکن بشقابی نوع مواج می‌تواند در سرعت‌های بالا به‌کار گرفته شود و بدون به هم زدن خاک، شیاری سست و پهن‌تر ایجاد کند. نوع کنگره‌دار آن همراه با یک تیغهٔ کاردی شکل که در پهلوی آن واقع می‌شود برای قرار دادن کودهای خشک و مایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. کنگره‌های بشقاب به راحتی بقایا را می‌بُرد و شیار بسیار باریک با حداقل به هم خوردگی در خاک ایجاد می‌کند. سرعت پیشروی نیز عامل مهم دیگری در عملکرد شیار بازکن‌ها به شمار می‌رود. به‌طورکلی، هرچه عرض کار شیار بازکن‌های دیسکی بیشتر باشد عملکرد آنها بیشتر تحت تاثیر سرعت پیشروی قرار می‌گیرد (Anon, 2004).

مقدار فشار اعمال شده روی هر شیار بازکن، از دیگر عوامل مهم در طراحی ماشین کاشت مستقیم مجهز به

1- Ripple 2- Wave 3- Notched

شیار بازکن بشقابی است. شاید اولین اختلاف بین ماشین‌کاشت مورد استفاده در سیستم خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی، در وزن آنها باشد. شیار بازکن‌های مورد استفاده در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی باید در خاک شخم نخورده فرو روند و بقایا را برش دهند، و از این رو فشار بیشتری جهت فرو رفتن در خاک طلب می‌کنند که این امر مخصوصاً در خاک‌های سخت و دارای بقایای خشبی عامل افزایش بیش از حد وزن ماشین می‌شود. از راهکارهای جلوگیری از افزایش وزن دستگاه، استفاده از شیار بازکن‌های فعال است که حرکت چرخشی آنها برش را تسهیل کند. در این خصوص، دیسک‌های چرخانی طراحی شد که در خلاف جهت پیشروی ماشین دوران می‌کردند و از آنها به عنوان شیار بازکن ماشین کاشت مستقیم استفاده شد (Townsend & Bethge, 1984). در این طراحی خاک بر اثر دیسک‌های دندانه‌دار بالا می‌آید و به دو جریان جداگانه تقسیم می‌شود و سپس هر دو جریان به داخل شیار ایجاد شده هدایت می‌شوند. نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی نمونه اولیه ماشین نشان داد که کود و بذر در زیر دو لایهٔ خاک با فاصلهٔ ۱۸ میلی‌متر قرار می‌گیرند. شیار بازکن‌ها در زمین سخت به راحتی نفوذ می‌کنند و بقایای سطحی را با کمترین مشکل برش می‌دهند. این شیار بازکن می‌تواند با مصرف ۲/۶ کیلو وات ساعت، زمانی که در سرعت دورانی ۵۴۰ دور در دقیقه با سرعت ۵/۲ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کند شیاری به عمق ۵۰ میلی‌متر در زمینی که بر اثر چرخ کمباین کوبیده شده است ایجاد کند.

شیار بازکن‌های فعال را شرکت جان‌دیر نیز در ماشین‌های کاشت مستقیم[1] در مراتع به‌کار گرفته شده است. این ماشین که برای بذرکاری ترمیمی در مراتع استفاده می‌شود مجهز به شیار بازکن‌هایی است که در جهت پیشروی می‌چرخند و برش باریکی در بین بوته‌های موجود ایجاد می‌کنند. گزارش ارزیابی این دستگاه که با همکاری‌های مشترک مرکز تحقیقات ماشین‌های کشاورزی آلبرتا و انستیتو ماشین‌های کشاورزی پرایری[2] تهیه شده است حاکی از عملکرد مطلوب دستگاه در شرایطی‌است که ارتفاع گیاهان تا حد امکان کوتاه باشد. در این گزارش آمده است در صورت بلندبودن ارتفاع بوته‌ها، ساقه‌های آن به دور دیسک‌ها می‌چرخند که گیرکردن دستگاه را به دنبال دارد. این دستگاه کاشت با عرض کار ۲۴۰ سانتی‌متر به توانی معادل ۹۰ اسب بخار نیاز دارد (Anon, 2006).

بنابراین، به نظر می‌رسد استفاده از شیار بازکن‌های فعال جهت برش همزمان خاک و بقایا در خاک‌های سخت ایران به ایجاد شیار لازم و تماس مطلوب بذر با خاک کمک کند. به همین منظور در تحقیق حاضر ماشین کاشت با شیار بازکن بشقابی طراحی و ساخته و کارایی آن در سیستم بی‌خاک‌ورزی بررسی شد.

## مواد و روش‌ها

### طراحی واحد کاشت

در طراحی ماشین، اولین قدم انتخاب شکل صفحهٔ برش در نظر گرفته شد که وظیفهٔ شیار بازکن واحد کاشت را بر عهده دارد در نظر گرفته شد. با الگوبرداری از ماشین‌های برش آسفالت که جهت ایجاد یک شیار باریک در عملیات حفاری به کار می‌روند، یک صفحهٔ مدور دندانه‌دار مطابق شکل ۱ ساخته شد. این صفحهٔ مدور شباهت زیادی به شیار بازکن‌های دستگاه مشابه ساخت شرکت جان‌دیر دارد که در مقدمه گفته شد. این صفحه باید قادر به بازکردن شیاری جهت قراردادن کود و بذر در عمق مناسب باشد. در روش بی‌خاک‌ورزی از آنجایی که خاک زیرورو نمی‌شود پخش سطحی کودهای فسفره و پتاسه در عمق مناسب با توجه به قابلیت انحلال و سرعت انتشار کم آنها مؤثر نیست بلکه باید به روش جایگذاری با ماشین توزیع شوند. در این روش معمولاً کود در عمقی

1- Power-Till Seeder John Deere 1500

2- Prairie Agricultural Machinery Institute

پایین‌تر از محل قرارگیری بذر قرار داده می‌شود تا تجمع املاح در مجاورت آنها در جوانه‌زنی و سبزشدن بذر اختلالی ایجاد نکند.

با در نظرگرفتن عمق ۲ تا ۴ سانتی‌متر برای کاشت بذر غلات و لزوم قراردادن کود به میزان حداقل ۲ سانتی‌متر پایین‌تر از بذر، شیار بازکن باید قادر به بازکردن شیاری به عمق ۴ تا ۶ سانتی‌متر باشد که بدین معنی است که با توجه به غیریکنواختی سطح خاک صفحهٔ برش در بعضی نقاط تا عمق ۸ سانتی‌متری نیز نفوذ می‌کند. به لحاظ آنکه حداکثر عمق نفوذ صفحه برش نباید بیش از یک چهارم قطر آن باشد، حداقل قطر صفحه برش در این ماشین چهار برابر عمق کار یعنی ۳۶ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بنابراین یک صفحه مدور به قطر ۳۶ سانتی‌متر و به ضخامت ۸ میلی‌متر جهت ایجاد دندانه‌هایی در محیط آنها انتخاب شد. روی محیط این صفحه، ۲۱ دندانه به گونه‌ای که زاویه هر دندانه عمود به محیط دایره باشد مطابق شکل ۱ ایجاد شد. سپس قطعاتی از جنس مقاوم به سایش (الماس صنعتی) به ابعاد ۱۲×۱۲ میلی‌متر بر نوک دندانه‌ها که در معرض برخورد و سایش شدید با خاک هستند جوش داده شد. این تعداد دندانه، امکان به‌کارگرفتن همزمان چهار دندانه جهت ایجاد برش در عمق حداکثر را فراهم می‌آورد تا ضربات و نوسانات گشتاور را در زمان برش به حداقل برساند. افزایش تعداد دندانه‌ها منجر به کاهش فاصلهٔ بین آنها می‌شود و احتمال پرشدن آنها را در خاک‌های مرطوب افزایش می‌دهد. این تعداد (۲۱ دندانه) به عنوان یک فرض اولیه تجربی در این طراحی در نظر گرفته شد و به‌کارگیری آن در آزمایش اولیه نیز از نظر پرشدن با خاک مرطوب و یا ایجاد ضربه در حین برش اشکالی به وجود نیاورد.

با قرار دادن دو صفحه برش روی یک محور به فاصلهٔ ۱۸ سانتی‌متر و نصب آن روی دو بازوی نگهدارنده در طرفین محور، یک واحد دوبل (دو تایی) ساخته شد که وظیفه برش دو شیار مجاور را بر عهده دارد (شکل ۱- الف). با ساخت شش واحد دوبل و نصب آنها در کنار یکدیگر با اتصالات لولایی روی دیرک افزار یک غلات کار مجهز به مخازن مجزای کود و بذر، یک ماشین با عرض کار ۲۱۶ سانتی‌متر تشکیل شد. برای انتقال نیرو به صفحات برش از محور محرک سراسری استفاده شد که به موازات شاسی دستگاه و در بالای بازوهای حامل واحدهای کارنده روی چهار یاتاقان نصب شده بود. برای انتقال نیرو از محور سراسری محرک به صفحات برش، بهترین گزینه استفاده از تسمه و پولی در نظر گرفته شد تا روغن‌کاری بی‌نیاز باشد و به عنوان کلاچ ایمنی نیز در موارد بیش باری بتواند از آسیب رسیدن به قطعات متحرک ماشین جلوگیری کند. با تعویض چرخ زنجیرهای انتقال نیرو از محور بالایی به پایین نیز قابلیت تغییر در دور صفحهٔ برش عملی بود (شکل ۱- ب). در این حالت نیرو با دو تسمه از طرفین محور واحد برش که صفحات برش روی آن قرار گرفته‌اند انتقال می‌یابد و هر دو صفحه برش هم چون یک واحد، ناهمواری‌های زمین را دنبال می‌کند.

عمق کار صفحات برش با دو اسکی قابل تنظیم است که در طرفین واحدهای برش تعبیه شده‌اند. این اسکی‌ها که می‌تواند عمق‌های کاشت متفاوتی را برای صفحات برش انتخاب کنند در نزدیکی صفحه برش و کمی جلوتر از آن نصب می‌شوند تا ضمن محافظت از برخورد صفحات برش با موانع، تأخیر در تنظیم ارتفاع صفحهٔ برش را در هنگام عبور از روی ناهمواری‌ها به حداقل برساند. شکل این اسکی‌ها به گونه‌ای طراحی شد که فاصلهٔ آنها تا صفحهٔ برش بسیار ناچیز بود تا ضمن جلوگیری از ورود کلش به فاصلهٔ بین صفحهٔ برش و شاسی، کلش‌های بالا آورده شده توسط دندانه‌های صفحه برش را نیز در هنگام برخورد با آن بریده یا به بیرون هدایت کند. وزن هر یک از واحدهای‌کاشت دوبل به‌طور

متوسط ۳۸ کیلوگرم اندازه‌گیری شد. فاصلهٔ بین شیارهای ایجادشده در این حالت با تغییر محل قرارگیری صفحات برش روی محور هر واحد در دامنهٔ ۱۵ تا ۱۸ سانتی‌متر قابل تغییر است. یک محافظ (گلگیر) فلزی به همراه قسمت‌های لاستیکی نیز جهت جلوگیری از پرتاب خاک برای هر واحد تعبیه شد. این محافظ باید به گونه‌ای طراحی می‌شد که از پرتاب ذرات خاک و کلش به جلو و بالا جلوگیری‌کند و از برخورد ذرات خاک با قطعات متحرک انتقال نیرو به واحد برش- شامل محور سراسری، تسمه‌ها، و پولی‌های طرفین واحدها- نیز ممانعت کند. برای جایگذاری کود در کف شیار ایجاد شده، لوله‌های سقوط کود به گونه‌ای که در شکل ۱- الف نشان داده شده است روی دنباله‌های متصل که به شاسی واحد سوار شدند. در این طراحی، چنین فرض شد که با قراردادن لولهٔ سقوط کود در نزدیکی واحد برش بتوان از خاک پرتاب‌شده از عقب واحد برش برای پوشش دادن کود استفاده کرد. قراردادن لوله سقوط کود در کنار واحد برش این امکان را فراهم می‌سازد که بتوان خروجی آن را به صفحه برش نزدیک کرد و کود را قبل از ریخته‌شدن خاک به داخل شیار در کف شیار قرار داد. تمهیداتی برای تغییر مکان افقی و عمودی لوله‌ها روی دنباله شاسی در نظر گرفته شد.

برای نصب لوله‌های سقوط بذر و پوشاننده نهایی، یک دیرک افزار اضافی در انتهای دستگاه تعبیه شده (شکل ۲- الف). برای پوشاندن بذر از یک پوشاننده میله‌ای (شاخکی) عقب سو متصل به یک بازوی فنری استفاده شد که در انتهای دستگاه وظیفه ریختن‌خاک به داخل شیارها را بر عهده دارد (شکل ۲- ب).

## آزمون عملکرد واحد برش

برای انتخاب جهت گردش صفحه برش و تعیین سرعت دورانی بهینهٔ آن نسبت به سرعت پیشروی ماشین، عملکرد واحد برش دستگاه در حالت‌های مختلف ارزیابی شد. بدین منظور با انتخاب یک سرعت پیشروی ثابت معادل ۰/۶ متر بر ثانیه، سرعت دورانی نظری صفحه برش برای کندن ذرات خاک کوچک‌تر از ۳ میلی‌متر تعیین شد. این اندازه ذرات برای پوشش بذر مطلوب گزارش شده است (Stephens & Johnson, 1993; Nasr & Selles, 1994). پس از تعیین سرعت دورانی نظری، سه سرعت دورانی مختلف در محدوده ۲۰ درصد بالاتر و پایین‌تر از سرعت نظری محاسبه شده، جهت مقایسه و ارزیابی انتخاب شدند.

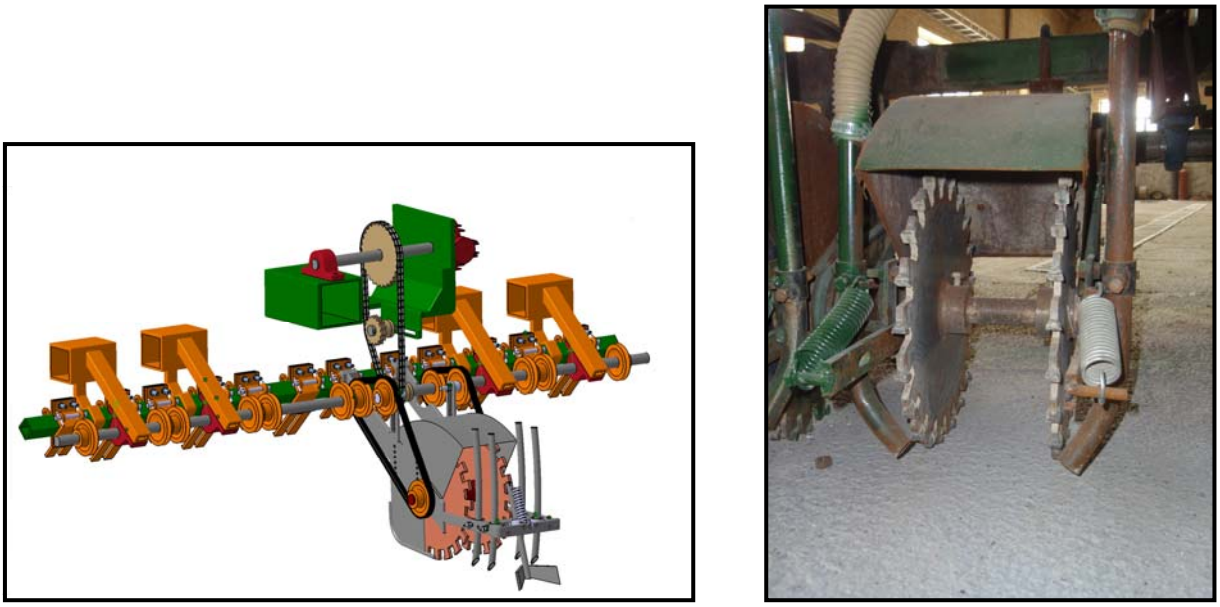
به‌طور نظری، تعداد دور مورد نیاز صفحه برش ۲۱ دندانه‌ای برای بریدن یک متر طول خاک (۱۰۰۰ میلی‌متر)، به گونه‌ای که هر دندانه a میلی‌متر از خاک را جدا کند، برابر است با:

$$\frac{1000}{a} \div 21 = \frac{1000}{21a} \qquad (۱)$$

اگر سرعت پیشروی تراکتور $V$ متر بر ثانیه در نظر گرفته شود تعداد دور صفحهٔ برش در واحد زمان (برحسب دور در ثانیه) برابر خواهد بود با:

$$N = \frac{1000V}{21a} \qquad (۲)$$

بنابراین، به‌طور نظری سرعت دورانی صفحهٔ برش برای ایجاد قطعات کوچک‌تر از ۳ میلی‌متر، در سرعت پیشروی ۰/۶ متر بر ثانیه ۵۷۱ دور در دقیقه محاسبه شد و مبنای انتخاب دامنهٔ مورد آزمایش سرعت دورانی صفحهٔ برش قرار گرفت.



(ب) (الف)

**شکل ۱- الف) یک واحد برش دوتایی مجهز به دو شیار بازکن فعال هم محور، ب) شماتیک مسیر انتقال نیرو به واحد برش**

(ب) (الف)

**شکل ۲- الف) نصب یک دیرک افزار در انتهای ماشین جهت نصب لوله‌های سقوط بذر و پوشاننده‌های شاخکی، ب) لوله‌های سقوط بذر متصل به بازوهای فنری نصب شده روی دیرک‌افزار عقب**

سرعت دورانی صفحهٔ برش، با تغییر چرخ زنجیرهای انتقال نیرو بین محور بالایی (خروجی جعبه دنده) و محور سراسری پایین تغییر می‌کند. آزمایش در سه سرعت دورانی ۴۸۰، ۵۸۰، و۷۰۰ دور در دقیقه برای حالتی که صفحه برش هم جهت و مخالف با جهت حرکت چرخ‌های تراکتور دوران می‌کرد اجرا شد. از آنجا که فرم دندانه‌ها و قطعات مقاوم به سایش در صفحات برش به گونه‌ای است که تنها در یک جهت می‌توانند برش را عملی کنند. برای تغییر جهت دوران صفحهٔ برش قبل از تغییر جهت نسبت به پشت و رو کردن آنها اقدام می‌گردید.

برای تغییر جهت دوران صفحهٔ برش از چرخش پوسته جعبه دنده به اندازه ۱۸۰ درجه استفاده شد. در این حالت محور خروجی جعبه‌دنده با تغییر جهت ۱۸۰ درجهٔ نیرو را به‌جای سمت راست ماشین، به سمت چپ ماشین انتقال می‌داد و قادر به ایجاد چرخش معکوس در محور سراسری بود.

آزمون مزرعه‌ای واحدهای برش در یک زمین شخم نخورده پوشیده از بقایای ایستاده گندم (بقایای خروجی از کمباین از زمین بیرون برده شده بود) و با رطوبت متوسط ۶ درصد (بر پایهٔ خشک) در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری انجام پذیرفت. متوسط عمق نفوذ شیار بازکن، میزان پرشدن مجدد شیار با خاک کنده شده، و درصد وزنی ذرات بزرگ‌تر از ۳ میلی‌متر برای ارزیابی واحدها از نظر دستیابی به یک شیار نسبتاً خالی از خاک با عمق یکنواخت اندازه‌گیری شد.

### ارزیابی کلی عملکرد واحد کاشت

پس از انتخاب جهت و سرعت صفحهٔ برش، عملکرد واحد کاشت از نظر عمق برش خاک، یکنواختی عمق قرارگیری‌کود و بذر، عمق خاک بین کود و بذر و میزان پوشش یافتن بذر با خاک در مناسب‌ترین سرعت صفحه برش ارزیابی شد.

این ارزیابی در خاک با بافت لوم‌رسی‌سیلتی در بقایای ایستادهٔ گندم (۷/۵ تن در هکتار) در دو قطعه با مقادیر مختلف رطوبت خاک شامل ۷ و ۱۴/۵ درصد اجرا شد (۷ درصد میزان رطوبت معمول پس از برداشت غلات در تابستان در مناطق خشک است). برای تعیین عمق قرارگیری کود و بذر، پس از آبیاری، یک طول ۱۰ متری از خط کاشت به صورت تصادفی انتخاب شد. سپس با ایجاد پروفیل‌هایی در ۴۰ نقطه از این طول، محل قرارگیری کود و بذر نسبت به سطح خاک توسط خط‌کش تعیین شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد واحدهای برش

مقایسهٔ عملکرد واحد برش در دو حالت چرخش صفحهٔ برش در جهت و خلاف جهت حرکت چرخ‌های تراکتور نشانگر بروز دو مشکل در حالتی است که صفحهٔ برش هم جهت با چرخ‌های تراکتور دوران می‌کند. مشکل اول نفوذ نیافتن صفحهٔ برش به عمق‌کار مطلوب در نظر گرفته شده (۶ سانتی‌متر) است که علل آن را می‌توان مقاومت بیشتر خاک در برابر کنده شدن به سمت پایین نسبت به بالا و همچنین عبور خاک کنده شده از زیر صفحه برش دانست که به بالا راندن آن کمک می‌کرد. عامل دیگر، جهت و راستای نیروی واکنش خاک روی تیغه است که در حالت گردش صفحهٔ برش در جهت چرخ‌های تراکتور به سمت بالاست و موجب بالا آوردن صفحه برش و کم کردن عمق کار می‌شود در حالی‌که به هنگام گردش در خلاف جهت حرکت تراکتور این نیرو تمایل به سمت پایین دارد و موجب افزایش نفوذ تیغه می‌شود. دومین مشکل، پر شدن شیار ایجاد شده با خاک پرتاب شده به سمت عقب قبل از قرار گرفتن بذر و کود در شیار است که نیاز به تخلیهٔ مجدد شیار را با ابزاری دیگر ضروری می‌سازد.

مقادیر شاخص‌های تعیین شده برای ارزیابی عملکرد

واحد برش در جدول ۱ خلاصه شده است. متوسط عمق نفوذ تیغه در این حالت ۴/۷ سانتی‌متر برای سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه و ۲/۴ سانتی‌متر برای سرعت ۴۸۰ دور در دقیقه اندازه‌گیری شده‌است. همچنین، پر شدن شیار با خاک پرتاب شده از عقب صفحهٔ برش حتی در دور بالا که خاک با سرعت زیاد به سمت عقب پخش می‌شود به میزان قابل توجهی اتفاق افتاده است. علت این امر آن است که خاک دقیقاً در شیار ایجاد شده پرتاب می‌شود. در این حالت، افزایش سرعت دورانی صفحهٔ برش پرتاب بیشتر ذرات خاک را در جهات مختلف سبب شده و میزان پرشدن شیار را کاهش داده است. با این همه در نهایت ریزش مجدد خاک به داخل شیار از ۶۵ درصد عمق شیار کمتر نبوده است.

چرخش صفحهٔ برش در جهت عکس چرخ‌های تراکتور امکان ایجاد شیار نسبتاً تمیز و خالی از خاک را فراهم می‌سازد (شکل ۳) که می‌توان با قراردادن لوله‌های سقوط کود و بذر نسبت به جایگذاری این دو اقدام کرد. مقایسهٔ سرعت‌های مختلف چرخشی صفحهٔ برش نشان داد که در هر دو دور (۵۸۰ و ۷۰۰ دور دقیقه) واحد برش می‌تواند به راحتی خاک را بریده به سمت بالا پرتاب کند و شیاری نسبتاً تمیز از خود به جا گذارد. در همین حال، متوسط عمق نفوذ صفحهٔ برش در سرعت ۵۸۰ دور در دقیقه، به ۶/۲ سانتی‌متر و در ۷۰۰ دور در دقیقه به ۶/۸ سانتی‌متر رسیده است. مزیت ایجاد شیار با عمق بیشتر در حالتی که قرار گرفتن کود در عمقی پایین‌تر از محل قرارگیری بذر مطلوب باشد با اهمیت است. به کارگیری صفحهٔ برش در سرعت ۴۸۰ دور در دقیقه منجر به ایجاد شیاری به عمق متوسط ۳/۵ سانتی‌متر شده است.

پرشدن مجدد شیار در حالتی که جهت گردش صفحهٔ برش خلاف جهت چرخ‌های تراکتور است، به علت جریان خاکی است که در اثر برخورد ذرات پرتاب شده به سمت بالا به گل‌گیر و تغییر مسیر آن به سمت عقب واحد برش ایجاد می‌شود. بررسی مقدار این شاخص در جدول ۱ نشان می‌دهد که افزایش دور صفحهٔ برش، میزان پرشدن مجدد شیار را افزایش داده است ولی به‌طورکلی در این جهت چرخش، این مقدار از ۲۰ درصد فراتر نرفته است. افزایش سرعت دورانی صفحه برش باعث می‌شود که خاک مسیر طولانی‌تری را به دنبال صفحه برش طی کند و در نتیجه درصد ذراتی که به سمت بالا پاشیده می‌شود بیشتر شود. این شاخص می‌تواند تابع مقدار چسبندگی ذرات خاک به دندانه‌ها نیز باشد.

**جدول ۱- شاخص‌های اندازه‌گیری شده در آزمون واحد برش***

| جهت چرخش صفحه برش | سرعت دورانی صفحهٔ برش (دور در دقیقه) | میزان پرشدن شیار با خاک کنده شده (درصد) | درصد ذرات بزرگ‌تر از ۳ میلی‌متر | متوسط عمق نفوذ صفحهٔ برش (سانتی‌متر) |
|---|---|---|---|---|
| هم جهت با چرخ‌های تراکتور | ۴۸۰ | ۸۰ | ۱۴/۵ | ۲/۴ |
| | ۵۸۰ | ۷۵ | ۷/۸ | ۳/۵ |
| | ۷۰۰ | ۶۵ | ۵/۱ | ۴/۷ |
| مخالف با جهت چرخ‌های تراکتور | ۴۸۰ | ۱۴ | ۲۳ | ۳/۵ |
| | ۵۸۰ | ۱۸ | ۲۱ | ۶/۲ |
| | ۷۰۰ | ۲۰ | ۱۷ | ۶/۸ |

* در خاک با رطوبت ۶ درصد (بر پایهٔ خشک) و بافت لوم‌رسی‌سیلتی

**شکل ۳- شیار ایجاد شده با شیار بازکن دوتایی در حالتی که چرخش صفحه برش در خلاف جهت چرخ‌های تراکتور باشد.**

مشاهدات مزرعه‌ای نشان داد که با افزایش رطوبت خاک جریان خاک پرتاب شده از عقب گل‌گیر نیز افزایش می‌یابد. شکل و اندازهٔ گل‌گیر نیز می‌تواند نقش مهمی در حجم خاک پرتاب شده از عقب آن داشته باشد.

در جدول ۱ همچنین درصد ذرات ایجاد شدهٔ بزرگ‌تر از ۳ میلی‌متر در حالت‌های مختلف آورده شده است. ذرات درشت ایجاد شده در اثر کار صفحه برش می‌تواند اختلالاتی در تماس بذر با خاک ایجاد کند. از آنجا که سرعت دورانی تئوری صفحهٔ برش (۵۷۱ دور در دقیقه) بر مبنای ایجاد ذرات ۳ میلی‌متری محاسبه شده است وجود ذرات بزرگ‌تر از آن را در سرعت‌های ۵۸۰ و ۷۰۰ دور در دقیقه می‌توان مربوط به کنده‌شدن ذرات درشت‌تر در زمان خروج صفحهٔ برش از شیار دانست. این مقادیر مخصوصاً در زمانی که صفحه برش در خلاف جهت چرخ‌های تراکتور دوران می‌کند قابل توجه هستند. در این حالت، دندانه‌های صفحهٔ برش که از پایین به بالا در حرکت‌اند در زمان خروج از خاک قطعات خاک در لبه‌های شیار را که هیچ‌گونه نیروی عمودی بر آنها وجود ندارد می‌کنند و به بالا پرتاب می‌کنند.

این امر در زمانی که حرکت صفحهٔ برش در جهت حرکت چرخ‌های تراکتور است به علت حرکت از بالا به پایین دندانه‌ها و وجود نیروهای مقاومت برشی منجر به برش قطعات به‌جای کنده شدن آنها می‌شود و کاهش قابل توجهی را در این شاخص باعث شده است. مشاهدات مزرعه همچنین نشان داد که چرخش صفحهٔ برش در خلاف جهت پیشروی به بریدن بهتر بقایا کمک می‌کند.

قرارگرفتن اسکی‌های کنترل عمق در نزدیکی صفحهٔ برش (به فاصلهٔ ۲ میلی‌متر از آن) نه تنها از ورود بقایا به فاصله بین شیار بازکن و بازوهای حامل جانبی جلوگیری می‌کند، بلکه به مانند یک چاقوی ثابت در برابر صفحهٔ برش به بریدن بقایایی کمک می‌کنند که صفحهٔ برش آنها را به سمت بالا هدایت می‌کند. اندازه‌گیری عرض شیار در اعماق مختلف نشان داد که شیار ایجاد شده با متوسط عرض ۱۵ میلی‌متر در بالا عریض‌تر و در پایین باریک‌تر است.

به‌طورکلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری‌کرد که واحد برش طراحی‌شده درصورتی‌که با سرعت دورانی حدود ۵۸۰ تا ۷۰۰ دور در دقیقه و در خلاف جهت چرخ‌های

تراکتور بچرخد، می‌تواند شیاری با عمق مطلوب در زمین سخت و شخم نخورده و در حضور بقایا ایجاد کند.

## ارزیابی عملکرد کارنده در جایگذاری کود و بذر

در جدول ۲ پارامترهای عملکردی واحد کاشت خلاصه شده است. با در نظر گرفتن محدودهٔ عمق برش در این جدول، می‌توان دریافت که قرارگرفتن اسکی‌ها با فاصلهٔ کمی (۲ میلی‌متر) در طرفین صفحات برش نه تنها از ورود بقایا و گیرکردن آنها در بین شاسی و صفحهٔ برش جلوگیری کرده، بلکه عمق پایین رفتن صفحهٔ برش را نیز به خوبی محدود ساخته است به طوری که عمق پایین رفتن صفحه برش را در محدوده ۴/۵ تا ۶/۵ سانتی‌متر در هر دو رطوبت خاک حفظ کرده است. تغییرات ۲ سانتی‌متری عمق را می‌توان ناشی از ناهمواری‌های سطح خاک و نوسانات عمودی صفحه برش در اثر عبور از روی سطح غیر یکنواخت دانست. قرارگرفتن لوله‌های سقوط در کنار صفحات برش، عبور بقایا از انتهای واحد برش را امکان‌پذیر ساخته و کود را در عمق مطلوب به خوبی جایگذاری کرده است. پرتاب خاک از عقب صفحه برش و ریزش خاک اطراف شیار توانسته است پس از جایگذاری کود، یک لایه خاک به ضخامت ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر در حالت خشک و ۰/ ۵ تا ۲/۵ سانتی‌متر در حالت مرطوب بین کود و بذر قرار دهد و از تماس کود با بذر جلوگیری کند. با مقایسهٔ این اعداد می‌توان دریافت که خاک مرطوب به علت چسبندگی بیشتر به دندانه‌های صفحه برش به مقدار بیشتری به عقب پرتاب می‌شود و ضخامت لایهٔ بین کود و بذر را به نحو مطلوب‌تری تأمین می‌کند. مشاهدات مزرعه‌ای نشان داد که قرار گرفتن لوله‌های سقوط بذر (که در حدود ۵ سانتی‌متر از زمین بالاتر هستند) و پوشاننده با فاصله‌ای حدود ۲۰ سانتی‌متر در پشت آنها (روی یک دیرک‌افزار) اختلالی در عبور بقایا از بین آنها ایجاد نکرده است. نوع پوشاننده (میله‌ای شاخکی) به‌طورکلی جهت عبور از روی بقایا مناسب ارزیابی شد اما در هر دو رطوبت مورد آزمایش، هنوز درصدی از بذرها (هر چند ناچیز) پوشیده نشده باقی مانده‌اند. علت این امر بنا به مشاهدات مزرعه‌ای تماس نیافتن کامل شاخک‌های پوشاننده با خاک در اثر ناهمواری‌های جزئی سطح است.

**جدول ۲- مقادیر مربوط به پارامترهای عملکردی واحد کاشت**

| درصدبذرهای پوشیده شده با خاک | عمق لایهٔ خاک بین کود و بذر (سانتی‌متر) | دامنهٔ عمق قرارگیری بذر (سانتی‌متر) | دامنهٔ عمق قرارگیری کود (سانتی‌متر) | متوسط عمق برش (سانتی‌متر) | محدوده عمق برش (سانتی‌متر) | رطوبت خاک (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ٪۹۷ | ۰/۵-۱/۵ | ۲/۵-۴/۵ | ۴-۶ | ۵/۸ | ۴/۵-۶/۵ | ۷ |
| ٪۹۶ | ۰/۵-۲/۵ | ۲-۴/۵ | ۳/۵-۶ | ۵/۹ | ۴/۵-۶/۵ | ۱۴/۵ |

## نتیجه‌گیری

به‌طورکلی دستگاه کشت مستقیم طراحی‌شده، که از ترکیب شش واحد دو گانه کاشت (۱۲ردیف با فواصل ۱۸سانتی‌متر) مجهز به شیار بازکن‌های فعال تشکیل شده است، می‌تواند در کشت بدون خاک‌ورزی غلات به عنوان روشی جدید در ایران معرفی شود. در استفاده از این ماشین سطح به هم خوردهٔ خاک تنها ۱۰ درصد کل سطح زمین است و این امر نه تنها انرژی مصرفی را برای تهیهٔ بستر تقلیل می‌دهد، تحریک بذر علف‌های هرز و قرارگرفتن آنها را در عمق مطلوب سبز شدن به حداقل می‌رساند. این ماشین به نحوی مطلوب کود و بذر را در دو عمق مختلف جایگذاری می‌کند و پوشش یکنواختی از

خاک نرم و بقایا را روی خطوط کاشت باقی می‌گذارد که به‌ترتیب در تماس مطلوب بذر با خاک و حفظ رطوبت خاک نقش بسزایی دارند. بر خلاف شیار بازکن‌های دیسکی غیر فعال، در این شیار بازکن پدیده فرو بردن بقایا در شیار ایجاد شده (Hair pinning effect) که مزاحمت زیادی برای تماس بذر با خاک ایجاد می‌کند، وجود ندارد. از مزیت‌های دیگر این ماشین آن است که با وزن حدود یک سوم ماشین‌های مجهز به دیسک‌های غیرفعال می‌تواند خاک و بقایای گیاهی را تا عمق مطلوب بریده و شیار مطلوبی ایجاد کند. این امر باعث می‌شود که توان لازم برای بلند کردن و حرکت چرخشی ماشین ۱۲ ردیفه به عرض ۲۱۶ سانتی‌متر را بتوان با یک تراکتور ۷۵ اسب بخار به راحتی تأمین کرد. میزان گرد و خاک ایجاد شده در زمان کار با توجه به فعال بودن شیار بازکن‌ها، در خاک خشک قابل توجه هست ولی در مقایسه با کمبینات غلات کمتر تخمین‌زده می‌شود. میزان پرتاب خاک و سنگ به سمت جلو ماشین بسیار ناچیز است و خاک پرتاب شده از عقب صفحات برش نیز تا فاصله حداکثر ۵۰ سانتی‌متری از ماشین به زمین ریخته می‌شود. بدین ترتیب ایمنی راننده و افراد نزدیک ماشین از نظر برخورد سنگ و خاک به آنها تأمین است. از معایب قابل ذکر ماشین می‌توان به محدودیت در سرعت پیشروی و استهلاک زیاد قطعات واحد برش اشاره کرد.

## قدردانی

**بدین وسیله از جناب آقای دکتر ارژنگ جوادی هماهنگ کنندهٔ طرح و از آقای مهندس مختار میران‌زاده به خاطر ارائهٔ دیدگاه‌های ارزشمندشان در طراحی ماشین سپاسگزاری می‌شود.**

## مراجع

**Anon. 2004. The leading edge, a publication dedicated to maximizing yield potential. Yetter Manufacturing Inc. In: www.yetterco.com**

**Anon. 2006. Evaluation Report of John Deere 1500 Power-Till Seeder. A Co-operation Program Between Alberta Farm Machinery Research Centre and Prairie. Agricultural Machinery Institute. In: www. agric. gov.ab.ca**

**Graham, J. P. and Ellis, F. B. 1980. The merits of precision drilling and broadcasting for the establishment of cereal crops in Britain. ADAS Quarterly Review. No. 38. 160-169.**

**Hemmat, A. and Taki, O. 2001. Grain yield of irrigated winter wheat as affected by stubble-tillage management and seeding rates in central Iran. Soil & Tillage Res. 63, 57-64.**

**Hofman, V., Fanning, C. and Deibert, E. 1988. Reduced tillage seeding equipment for small grains. North Dakota State Univ. Ext. Serv. Bull. AE-826.**

**Nasr, H. M. and Selles, F. 1995. Seedling emergence as influenced by aggregate size, bulk density and penetration resistance of the seed bed. Soil & Tillage Res. 34, 61-76.**

**Stephens, L. E. and Johnson, R. R. 1993. Soil strength in the seed zone of several planting systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 57, 481-484.**

**Townsend, J. S. and Bethge, J. M. 1984. Furrow opener for proper seed and fertilizer placement in no-till. Proceeding of American Society of Agricultural Engineering Conference. 84, 1511-1518.**

**Van Doren, D. M., Triplet, J. R. and Henry, J. E. 1976. Influence of long term tillage, crop rotation and soil type combinations on corn yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 40, 100-105.**

*Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.10/No.1/2009/P: 69-80*

# Direct Drill with Active Openers for No-Tillage Systems

**O. Taki* and A. Asadi**

* Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center, P. O. Box: 81785-199, Esfahan, Iran. E-mail: orangtaki@yahoo.com

No tillage systems can reduce operating costs, enhance soil organic matter, ameliorate soil structure and prevent environmental damage caused by stubble burning. However, the lack of an appropriate direct drill for the hardened soil of arid areas reduces adequate soil-seed contact and, thus, the system has shown contradictory results in past tests. Developing a direct drill to place the seed and fertilizer at different depths, then cover the seed with a layer of fine soil without incorporating stubble into it is the first step in applying the no tillage system in pilot experiments. In this study, an active notched coulter (PTO driven) acting as a circular saw that cuts a groove on the soil surface was installed on a grain drill and was evaluated in hardened soil covered by wheat residue mulch. The active coulter operated at different rotary speeds in the forward and backward directions (with or against the rotation of the tractor wheels). Preliminary experiments showed that the backward rotation of the coulter cut a deeper groove at a given speed and left a relatively clean, empty groove than did the forward rotation, which nearly refilled the groove. A cutting unit, therefore, was designed based on the backward rotation of an active coulter at 580-700 rpm. The coulter cut a 15 mm wide groove to an average depth of 55 mm as it moved forward, throwing the soil forward and upward. This necessitated placement of a mudguard over the coulter to prevent or redirect the upward flow of soil toward the end of the cutting unit. The soil particles thrown off of the end of the mudguard then refill about 20% of groove depth, the amount of soil required to create a layer of soil between the fertilizer and seed. The fertilizer tube was installed immediately behind the coulter (50 mm above the soil surface) before the soil flow partly refilled the groove. The seed pipe was then installed far enough behind the cutting unit along the groove to allow the seeds to be placed on the partially-filled groove. Finally, a fork coverer filled the groove with fine particles of cut soil spread alongside the groove. Evaluation of the procedure showed that the direct drill equipped with such a cutting unit was able to place the fertilizer granules about 20 mm beneath the seeds in a hardened dry soil covered with stubble while cutting less than 10% of the soil surface.

**Key Words**: Active Opener, Direct Drill, No-Tillage