مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۲/ شماره ۲/سال ۱۳۹۰/ص ۸۶-۶۹

بهبود سبز شدن کلزای آبی با ایجاد ترک‌های طولی درراستای خطوط کاشت با استفاده از شیاربازکن و چرخ فشار مناسب

عباس همت* و سید مجید عطایی**

* نگارنده مسئول، نشانی:اصفهان، دانشکده کشاورزی دانشکده صنعتی اصفهان، کد پستی: ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱، تلفن:۳۹۱۳۴۹۳-۰۳۱۱، پیام نگار: ahemmat@cc.iut.ac.ir

** به‌ترتیب: استاد گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و دانش آموخته سابق کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت:۸۹/۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲

چکیده

یکی از مشکلات اساسی که کشاورزان در مرکز ایران برای کاشت مکانیزه کلزا (*Brassica napus* L.) در خاک‌های حساس به سله با آن مواجه هستند، استقرار نامطلوب گیاه است. تحقیقات در مرکز ایران نشان داد که درصد سبز پنبه (گیاه دولپه‌ای) در کاشت به روش مسطح در خاک‌های انقباضی و حساس به سله را می‌توان بدون سله شکنی، با انتخاب شیاربازکن دودیسکی و چرخ فشار رویه صاف لاستیکی، که منجر به ایجاد ترک طولی خاک در راستای خطوط کاشت می‌شود، به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در آن تحقیق مشخص نشده بود که آیا شیاربازکن یا چرخ فشار، موجب ایجاد ترک طولی در راستای خطوط کاشت شده بود. بر این اساس، آزمایشی در یک خاک لوم به‌منظور بررسی تأثیر دو نوع شیاربازکن (دودیسکی و کفشکی) و چهار نوع چرخ فشار (میان باز، رویه صاف لاستیکی آج‌دار، مخروطی‌شکل و با برجستگی مخروطی‌شکل میانی) بر ایجاد ترک طولی در راستای خطوط کاشت و استقرار گیاه به صورت آزمایش فاکتوریل همراه با خطی‌کار مجهز به شیاربازکن تک دیسکی به‌عنوان تیمار شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بررسی شد. در این آزمایش، فراسنجه‌های درصد ترک مؤثر (ترک ایجاد شده در راستای ظهور گیاهچه‌ها)، شاخص استقرار، درصد سبز، و تعداد بوته در متر مربع قبل از زمستان‌گذرانی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که برای تمام فراسنجه‌ها، شیاربازکن دودیسکی میانگین بیشتری نسبت به کفشکی داشت. اثر چرخ فشار بر درصد ترک مؤثر و شاخص استقرار قبل از زمستان‌گذرانی معنی‌دار بود، ولی بر سایر فراسنجه‌ها اثر معنی‌داری نداشت. از نظر درصد ترک مؤثر و استقرارگیاه، از چهار نوع چرخ فشار ارزیابی شده، چرخ‌های فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی و میان باز به‌ترتیب مؤثرترین و نامناسب‌ترین چرخ فشار شناخته شدند. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان توصیه کرد که ردیف‌کار مناسب برای کاشت کلزا در خاک‌های حساس به سله باید مجهز به شیاربازکن دودیسکی و چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی باشد؛ زیرا که اولی در ایجاد گودی (شیار) v‌شکل و دومی در پایدار سازی آن نقش دارند. شیارهای v‌شکل پایدار پس از آبیاری غرقابی و در مرحله انقباض خاک موجب ایجاد ترک طولی در کف شیار می‌شوند.

واژه‌های کلیدی

چرخ فشار، سبز شدن، سله، شیاربازکن، کلزا

مقدمه

یکی از مشکلات اساسی در توسعه کلزا در مرکز ایران، درصد سبز پائین آن در خاک‌های حساس به سله می‌باشد. تشکیل سله در خاک‌های اصفهان، نفوذ آب به خاک و درصد سبز شدن را کاهش می‌دهد. سله خاک، مقاومت مکانیکی در برابر خروج گیاهچه از خاک را افزایش

می‌دهد. سبز شدن گیاهچه‌های چغندرقند در نتیجه تشکیل سله بعد از اولین آبیاری شیاری، به مقدار ۵۰ درصد کاهش یافت. علت این امر آن بود که قسمت بالای پشته‌ها (رأس پشته‌ها) به‌وسیله آب پوشیده می‌شد (Eghbal *et al.*, 1996). وقتی سله تشکیل می‌شود یا بایستی دائماً مرطوب نگه داشته شود و یا اینکه به‌صورت مکانیکی شکسته شود. استفاده از آب اغلب غیر اقتصادی است چون که در مناطق خشک و نیمه خشک محدودیت آبی وجود دارد و عملاً این کار خیلی پرهزینه است. در خاک‌هایی که پتانسیل تشکیل سله در آنها بالاست، بعد از انجام اولین آبیاری، سله در سطح خاک ظاهر می‌شود و به‌عنوان مانعی قوی در برابر خارج شدن گیاهچه از سطح خاک عمل می‌کند. تشکیل سله همراه با ترک‌هایی است که در سطح خاک به صورت چند وجهی‌های نامنظمی ظاهر می‌شود. مشاهدات مزرعه‌ای نشان داده است که گیاهچه‌های گیاهان دو لپه‌ای که هنگام سبز شدن لپه‌ها از خاک خارج می‌شوند (از قبیل گیاهچه پنبه) قادر نیستند که سله خاک را بشکنند، در نتیجه گیاهچه‌هایی که زنده می‌مانند در زیر سله خم می‌شوند و آنقدر به رشد افقی خود ادامه می‌دهند تا یک ترک پیدا کرده و از آن به طرف بالا رشد کنند. چنانچه بتوان تشکیل ترک را تحت کنترل در آورد، می‌توان با ایجاد آن در مجاورت محل کاشت بذر به سبز شدن آن کمک نمود. این هدف زمانی حاصل می‌شود که ترک به‌صورت طولی و دقیقاً در امتداد ردیف کاشت ایجاد شود. در این‌صورت گیاهچه هنگام خارج شدن از خاک، این ترک‌ها را به راحتی پیدا کرده و مقاومت خاک بر سر راه گیاهچه به‌دلیل وجود ترک به شدت کاهش می‌یابد و سبز شدن به بالاترین حد خود می‌رسد.

نوع شیاربازکن و چرخ فشار ماشین‌های کاشت می‌توانند در ایجاد ترک در امتداد ردیف کاشت در خاک‌های انقباضی مؤثر باشند. نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای در طول ۳ سال، گزارش شده توسط همت و اسدی خشوئی (Hemmat & Asadi Khashoei, 2003) نشان داد که در حالت بدون سله شکنی، فقط کارنده‌های مجهز به شیاربازکن دودیسکی و تک‌دیسکی به‌ترتیب باعث ایجاد خطوط ترک پهن و باریک در طول ردیف کاشت شدند. انقباض خاک موجب به‌وجود آمدن نیروهای کششی می‌شود که برای اینکه در خاک شکست اتفاق بیفتد بایستی این نیروها بر مقاومت کششی بین خاک‌دانه‌های خاک که در اثر غشاء آبی ایجاد شده غلبه کند (Taki & Godwin, 2006). نوع شیاربازکن بر روی شکل گودی یا شیار ایجاد شده روی سطح خاک و جهت انقباض خاک اثر می گذارد، به‌طوری که در هنگام انقباض خاک، اگر جهت انقباض و حرکت خاک‌دانه‌های در دوطرف کف شیار در جهت عکس هم باشد، موجب توسعه ترک‌ها در راستای کف شیار می‌شود. چنانچه شیاربازکن در خاک رسی همگن یک شیار با دیواره‌های فشرده ایجاد کند و سپس خاک به‌وسیله آبیاری غرقابی آبیاری شود، در حین انقباض خاک، تنش‌های کششی در هر دو طرف شیار افزایش می‌یابد و ذرات خاک در امتداد محل عبور شیاربازکن از هم جدا می‌شوند و یک خط ترک بوجود می‌آید. اگر خاک همگن باشد نیروهای ایجاد شده در اثر انقباض خاک و در هنگام خشک شدن آن به رشد ترک‌ها درهمان جهت کمک می‌کند (Horgan & Young, 2000). کشیده شدن و چرخش شیاربازکن‌های دودیسکی و تک‌دیسکی موجب ایجاد یک جریان خمیری (ماندگار) در دیواره‌های شیار به‌واسطه هل دادن ذرات خاک به دو طرف شیار می‌شود و گسستگی‌های خاک در دو طرف شیار را که می‌تواند منشاء ترک‌های نامنظم شود را می‌بندد، لذا پس از آبیاری و هنگام انقباض خاک، ترک‌های طولی در کف گودی ایجاد می‌شود (Hemmat & Asadi Khashoei, 2003). هالت و همکاران (Hallett, *et al.*, 1995) یک سری عکس در مورد انتشار ترک در هنگام خشک شدن

خاک ارائه کرد و نشان دادند که ترک‌ها از پیش ترک‌های ریز موجود در خاک رشد می‌کنند.

از ایجاد ترک‌های طولی در راستای خطوط کاشت با استفاده از جویچه‌ساز کوچک در جلو شیاربازکن ماشین کاشت همراه با چرخ فشار مخروطی لاستیکی به‌منظور بهبود سبز شدن پنبه در خاک‌های حساس به سله در منطقه اصفهان استفاده شده است (Asadi *et al*., 2009). نتایج آنها نشان داد که با این ترکیب می‌توان درصد سبز مطلوب و توزیع یکنواخت‌تر بوته‌ها نسبت به روش مرسوم منطقه را همراه با کاهش بذر مصرفی و حذف عملیات سله شکنی و تنک دستی به‌دست آورد.

هدف از این تحقیق افزایش درصد سبز و استقرار کلزا به‌ویژه در خاک‌های حساس به سله همراه با استفاده از مقدار بذر مناسب بود. برای حصول چنین هدفی، از نتایج تحقیقات همت و اسدی خشوئی (Hemmat & Asadi Khashoei, 2003) که در خصوص استقرار پنبه در کشت مسطح به‌دست آمد استفاده شد. تحقیقات ایشان نشان داده بود که ردیف‌کار مجهز به شیاربازکن دو دیسکی و چرخ فشار رویه صاف لاستیکی در ایجاد ترک طولی در راستای خطوط کاشت پنبه موفق بوده است، ولی نقش شیاربازکن و چرخ فشار در ایجاد ترک طولی مشخص نشده بود. با توجه به نتایج آنها، می‌توان با انتخاب شیاربازکن و چرخ فشار مناسب، راستای انقباض عرضی (عمود بر جهت ردیف کاشت) و نشست عمودی خاک را پس از اولین آبیاری طوری کنترل نمود که منجر به توسعه ترک طولی در راستای ردیف کاشت گردد. به‌عنوان مثال، شیاربازکن‌های دیسکی به خاطر ایجاد شیاری با دیواره‌های فشرده و پایدار می‌توانند به تشکیل ترک طولی روی ردیف کاشت کمک کنند، مشروط بر اینکه حرکت چرخ فشار، دیواره شیارها را ناپایدار ننماید. پس از آبیاری غرقابی، دیواره‌های ناپایدار در اثر حرکت آب در شیارتخریب شده و شیارها با خاک پر شوند و از تشکیل ترک جلوگیری به‌عمل می‌آید (Taki & Godwin, 2006). از این ایده برای طراحی، ساخت و ارزیابی چرخ‌های فشار مناسب استفاده شد. برای جدا کردن اثر نوع شیاربازکن و چرخ فشار در ایجاد ترک طولی در راستای خطوط کاشت، ترکیب دو نوع شیار بازکن با چهار نوع چرخ فشار در ایجاد ترک طولی و درصد سبز کلزا مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق اثر دو نوع شیاربازکن (دیسکی و کفشکی) و چهار نوع چرخ فشار (میان باز، رویه صاف لاستیکی آجدار، مخروطی‌شکل و با برجستگی مخروطی‌شکل میانی) بر سبز شدن کلزای پائیزه مورد بررسی قرار گرفت تا اثر هر کدام از آنها به‌طور جداگانه و همچنین بهترین تلفیق آنها با یکدیگر مشخص شود.

مواد و روش ها

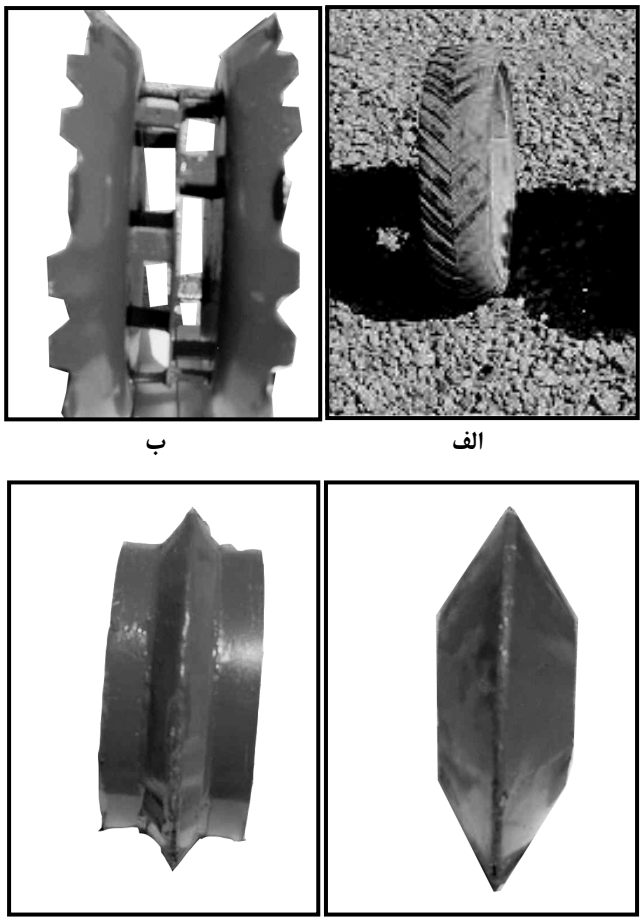
خاک و شرایط اقلیمی ایستگاه

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در قریه جوزدان نجف آباد اجرا گردید. این مزرعه در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر و بر اساس تقسیم بندی کوپن[1] دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های خنک و خشک می‌باشد (Karimi, 1987). بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی نجف آباد، میانگین دراز مدت بارندگی و درجه حرارت سالیانه منطقه به‌ترتیب ۱۴۰/۵ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه سلسیوس است. خاک محل آزمایش بر اساس مطالعات گذشته، جزء تحت گروه تیپیک هاپل آرجید[2] و در سری خاک خمینی شهر قرار می‌گیرد و جزء فامیل فاین، لومی، میکسد، ترمیک تیپیک هاپل آرجید[3] است (Lakzian, 1989).

1-Koppan
2-Typic Haplargids
3-Fine-loamy, mixed, thermic Typic Haplargids

طرح آماری آزمایش

در این تحقیق، اثر دو نوع شیاربازکن متداول در ردیف‌کارها همراه با چهار نوع چرخ فشار دهنده خاک بر سبز شدن و استقرار کلزا مورد مطالعه قرار گرفت. از یک ماشین خطی‌کار با شیاربازکن تک‌دیسکی نیز به‌عنوان تیمار شاهد استفاده شد. این تحقیق با به‌کارگیری آزمایش فاکتوریل ۴×۲ و همراه با تیمار شاهد (جمعاً ۹ تیمار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. انواع شیاربازکن‌ها به‌عنوان فاکتور اول عبارت بودند از: ۱) شیاربازکن کفشکی در ردیف‌کار سنابل، ۲) شیاربازکن دو دیسکی در ردیف‌کار جاندیر مدل T_{71}. چهار نوع چرخ فشار به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد و عبارت بودند از: ۱) چرخ فشاری که روی ردیف کاشت را تحت فشار قرار می‌دهد (چرخ فشار رویه صاف لاستیکی آجدار؛ شکل ۱-الف)، ۲) چرخ فشاری که فقط دو طرف ردیف کاشت را تحت فشار قرار می‌دهد و هیچ‌گونه فشاری روی ردیف کاشت ایجاد نکند (چرخ فشار دو قسمتی میان باز؛ ۱-ب)، ۳) چرخ فشاری که از طریق لبه تیز خود گودی v- شکلی روی ردیف کاشت ایجاد می‌کند (چرخ فشار مخروطی شکل؛ شکل۱-ج) و ۴) چرخ فشاری که علاوه بر ایجاد یک شیارv- شکل روی ردیف کاشت، عمق شیار را نیز محدود می‌کند (چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی؛ شکل۱- د). در جدول ۱ مشخصات فنی ماشین‌های کاشت آورده شده است.



الف ب

ج د

شکل ۱- چرخ فشار الف) رویه صاف لاستیکی آجدار، ب) میان باز، ج) مخروطی‌شکل و د) با برجستگی میانی مخروطی‌شکل

جدول ۱- مشخصات فنی ماشین‌های کاشت

نوع ماشین	مشخصات
ردیف‌کار جاندیر(مدل T_{71})	سوار، دارای چهار واحد کارنده، موزع از نوع صفحه‌ای با حفره‌های محیطی که در کف مخزن بذر و بالای لوله سقوط قرار دارد. جدا کن بذر از نوع میله‌ای و تک‌کن از نوع چرخ ستاره‌ای، شیاربازکن از نوع دودیسکی و پوشاننده بذر از نوع چرخ فشاردهنده لاستیکی است. برای کاهش ریزش بذر، سوراخ‌های موزع این ماشین به صورت یک در میان توسط گچ پر شدند تا مقدار ریزش بهبود یافت.
ردیف‌کارسنابل	سوار، دارای چهار واحد کارنده، موزع از نوع انگشتی گیرنده بذر که به‌صورت مورب در کف محفظه در زیر مخزن بذر قرار گرفته و با چرخش موزع از داخل توده بذر موجود در پایین محفظه، هر انگشتی بذور را دریافت کرده و در داخل لوله سقوط قرار می‌دهد. برای جدا کردن بذور اضافی از داخل انگشتی‌ها، از یک برس مویی استفاده شده است. شیار بازکن از نوع کفشکی و پوشاننده بذر از نوع چرخ فشار دهنده فلزی دوقسمتی میان خالی است. در این ردیف‌کار به‌دلیل فاصله نسبتاً زیاد بین موزع انگشتی‌دار و کف محفظه، بذور با قرارگیری در این محفظه در حین چرخش موزع به شدت خرد می‌شد. برای رفع این نقص، یک ورق فلزی به ضخامت نیم میلی‌متر ساخته شد و در بین موزع و کف محفظه قرار داده شد. به این صورت مشکل خرد شدگی بذور رفع شد.
خطی‌کار هاسیا مدل (DU_{100})	سوار، ۱۹ردیفه، فاصله بین دو ردیف کاشت مجاور ۱۶ سانتی‌متر، موزع از نوع استوانه‌ای شیاردار، تنظیم ریزش بذر توسط اهرم واقع در پشت مخزن بذر (از طریق استفاده از تمام یا قسمتی از عرض استوانه شیاردار)، زبانه‌های کشویی در زیر موزع‌ها و کشویی‌های ریزش بذر در پشت مخزن بذر کنترل می‌شود. لوله‌های سقوط از نوع خرطومی‌های تلسکوپی، شیار بازکن از نوع تک دیسکی، پوشاننده از نوع هرس دندانه انگشتی.

روش تعیین قوه نامیه بذور قبل و بعد از عبور از داخل ماشین‌های کاشت

رقم کلزا مورد آزمایش، رقم پائیزه SLM046 بود. برای محاسبه درصد سبز، نیاز به دانستن قوه نامیه بذور است. با توجه به اینکه بذور مورد استفاده با سه ماشین کشت می‌شدند لازم بود که علاوه بر اندازه‌گیری قوه نامیه بذور، یکبار بذور به‌طور جداگانه از موزع هر کدام از ماشین‌ها عبور داده شود و سپس قوه نامیه آنها اندازه‌گیری شود. بذور به‌طور کاملاً جداگانه از هر یک از موزع‌ها عبور داده شد و ملاحظه شد که در هر دسته تعدادی دانه شکسته شده قابل رویت است. سپس هر کدام از نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت و قوه نامیه آنها اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که چون درصد شکستگی دانه‌ها در هر ماشین بسیار پایین بود، لذا در نمونه‌برداری از هر گروه فقط بذوری که به نظر سالم می‌آمد انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفت.

عملیات خاک‌ورزی

عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه شامل شخم عمیق با گاوآهن برگرداندار به عمق ۳۰ سانتی‌متر، دو دیسک عمود بر هم، رتیواتورزنی، غلتک کمبریج، مرزکشی با مرزکش بشقابی و نهرکنی بود. تمامی کود فسفره (۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار) و پتاسه (۱۰۰ کیلو گرم سولفات پتاسیم در هکتار) و یک سوم کود نیتروژنه (۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) قبل از رتیواتور زنی به خاک اضافه شد.

کاشت و داشت

نرخ بذرکاری ۱۸/۷۵ کیلوگرم در هکتار بود. هر واحد آزمایشی از یک کرت به طول ۱۵ متر و عرض ۴ متر تشکیل شده بود. در هر کرت با توجه به نوع کارنده‌ها (ردیف‌کارها) که مجهز به چهار واحد کارنده بودند، چهار ردیف کشت شد. در خطی‌کار هاسیا برای دستیابی به

فاصله بین خطوط کاشت مناسب، دریچه‌های موزع بذر ردیف جلو خطی‌کار بسته شدند و فاصله بین خطوط کاشت مورد نظر (۳۲ سانتی‌متر) به‌دست آمد. با توجه به اینکه خطی‌کار هاسیای مورد استفاده ۱۹ ردیفه بود بعد از بستن دریچه‌ها به‌صورت یک در میان، ۱۰ ردیف کاشت به‌صورتی که دریچه‌های دو طرف ماشین باز بودند، به‌دست آمد. در ردیف‌کار جاندیر و سنابل به خاطر محدودیتی که هر واحد کارنده داشت، حداقل فاصله بین خطوطی که امکان‌پذیر بود فراهم شد که این فاصله خطوط کاشت برای ماشین جاندیر و سنابل به‌ترتیب ۳۴ و ۳۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. عمق کاشت برای تمام ماشین‌ها ۲ تا ۳ سانتی‌متر باشد. عملیات کاشت در ۱۰ مهرماه انجام گرفت. به‌منظور ایجاد شرایط یکسان برای کلیه کرت‌ها، آبیاری کلیه کرت‌ها در یک روز انجام گرفت. از زمان کاشت تا آخر اسفند ماه ۶ نوبت آبیاری شد.

فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده پس از سبز شدن گیاه

درصد ترک مؤثر

این شاخص حدود دو هفته پس از کاشت (۲۴ مهرماه) پس از دومین آبیاری اندازه‌گیری شد. درصد ترک مؤثر عبارت است از مقدار طول ترک در امتداد خطوط کاشت که گیاهچه از آن خارج می‌شود. لذا مقدار طول ترکی که گیاهچه‌ها از آن خارج نشده باشند جزء ترک مؤثر محسوب نمی‌شوند. از رابطه ۱ برای تعیین درصد ترک مؤثر استفاده شد.

$$C = \left[\frac{T}{S}\right] \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن،

C=درصد ترک مؤثر؛ T= طول ترک ایجاد شده منطبق بر خط کاشت که گیاهچه از آنجا سبز شده‌اند بر حسب سانتی‌متر؛ و S= طول مورد اندازه‌گیری بر حسب سانتی‌متراست. اندازه‌گیری‌ها در ۴ متر از دوخط وسط هر کرت انجام گرفت.

شاخص یکنواختی استقرار گیاه

این شاخص همزمان با اندازه‌گیری درصد ترک مؤثر (۲۴ مهرماه) اندازه‌گیری شد. با توجه به فاصله بین ردیف‌های کاشت (۳۵ سانتی‌متر) و همچنین با توجه به حداقل تعداد بوته قابل قبول در متر مربع (۶۰ بوته)، فاصله بین بوته‌ها در روی هر ردیف کاشت بایستی حداکثر ۵/۵ سانتی‌متر باشد. لذا فاصله بین بوته‌ای بیش از ۵/۵ سانتی‌متر به‌عنوان فاصله نامناسب (نامطلوب) به‌حساب می‌آید. شاخص استقرار از رابطه ۲ به‌دست آمد:

$$IE = \left[\frac{(L - D)}{L}\right] \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن،

IE= شاخص یکنواختی استقرار گیاه بر حسب درصد، L= مسافت مورد اندازه‌گیری روی ردیف کاشت، و D= مجموع فواصل بین بوته‌ای بیش از ۵/۵ سانتی‌متر در طول مسافت اندازه‌گیری است. ضمناً این شاخص در تاریخ ۱۹ آبان ماه (قبل از زمستان‌گذرانی) نیز تعیین شد.

درصد سبز مشاهده‌ای

این شاخص حدود ۲۰ روز پس از کاشت (۳۰ مهرماه) و پس از سومین آبیاری اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این شاخص از روش مشاهده‌ای برای تعیین درصد سبز شدن استفاده شد. به‌این‌صورت که به هر تکرار هر تیمار توسط سه نفر با در نظر گرفتن درصد بوته‌ای سبز شده، نمره داده شد (با مشاهده مقدار پوشش در هر کرت) و

پس از آن از سه عدد داده شده به هر تکرار میانگین‌گیری شد و برای هر تکرار یک عدد که نماینده درصد سبز برای آن تیمار باشد به‌دست آمد.

تعداد بوته در مترمربع

این شاخص حدود ۴۰ روز پس از کاشت (۱۹ آبان ماه؛ قبل از زمستان‌گذرانی) و پس از چهارمین آبیاری اندازه‌گیری شد. برای تعیین این شاخص تعداد بوته‌های موجود در دو طول دو متری در روی دو ردیف کاشت وسطی شمارش شد و سپس با توجه به فاصله بین ردیف‌های کاشت، تعداد بوته در مترمربع محاسبه گردید.

روش آماری تحلیل داده‌ها

داده‌ها به دو روش مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت: ۱) برای تعیین تأثیر عوامل آزمایش (شیاربازکن و چرخ فشار) بر فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده، از آزمایش فاکتوریل ۴×۲ استفاده شد و ۲) برای مقایسه فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده هر ردیف‌کار (ترکیب شیاربازکن و چرخ فشار) با تیمار شاهد (خطی‌کار هاسیا)، ۹ تیمار، شامل ۸ تیمار حاصل از ترکیب دو شیاربازکن و چهار چرخ فشار، همراه با تیمار شاهد (خطی‌کار هاسیا) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هم مقایسه شدند. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار آماری SAS استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن F هر عامل آزمایش، میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد به روش LSD با هم مقایسه شدند. در صورت معنی‌دار بودن برهمکنش عوامل آزمایش، برای مقایسه میانگین‌های آنها، از نرم افزار MSTAT-C استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های بذر

وزن هزاردانه کلزا ۳/۷۵ گرم بود. درصد جوانه‌زنی اولیه بذور ۶۹ درصد بود. درصد جوانه‌زنی بذور عبور کرده از داخل ماشین‌ها به‌طور معنی‌داری و به اندازه ۱۹ درصد نسبت به درصد جوانه‌زنی اولیه بذور (عبور نکرده از داخل ماشین‌ها) کاهش نشان داد (جدول ۲).

همانطور که ملاحظه می‌شود بین درصد جوانه‌زنی بذور عبور کرده از داخل ماشین‌ها، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و بنابراین، هرسه ماشین تأثیر مشابه‌ای بر کاهش قوه نامیه بذور داشتند. کاهش در درصد جوانه‌زنی بذر عبور داده شده از داخل ماشین‌ها احتمالاً به‌علت اندازه کوچک و حساسیت بذرکلزا به فشار و ضربه وارده به آن در حین حرکت از مخزن بذر به موزع و سپس به لوله سقوط باشد. ضمناً قوه نامیه اولیه بذر نیز احتمالاً در طول دوره انبارداری کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. بنابراین در صورت بالاتر بودن قوه نامیه اولیه بذر، می‌توان مقدار بذر کمتری در کاشت مکانیزه کلزا استفاده نمود.

جدول ۲- درصد قوه نامیه بذور عبور کرده از ماشین‌های کاشت و مقایسه آن با درصد قوه نامیه اولیه بذر مورد آزمایش

بذور عبور نکرده از ماشین	نوع ماشین		
	هاسیا	سنابل	جاندیر T_{71}
۶۹a	۵۵b	۵۸b	۵۵b

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

تأثیر نوع شیاربازکن و چرخ فشار بر فراسنجه‌های اندازه‌گیری شده

درصد ترک مؤثر

درصد ترک مؤثر عبارت است از درصدی از طول ترک در امتداد خط کاشت که گیاهچه‌ها از میان آن خارج شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شیاربازکن و چرخ فشار بر درصد ترک مؤثر معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود، ولی برهمکنش اثر آنها بر این شاخص معنی‌دار نبود. شیاربازکن دودیسکی نسبت به کفشکی درصد ترک مؤثر را به اندازه ۲۷ درصد افزایش داد (جدول ۳). تحقیقات تاکی و همکاران (Taki *et al.*, 2006) نشان داده است که اگر در خاک، شیاری ایجاد شود و این شیار پس از آبیاری غرقابی با خاک پر نشود، با انقباض خاک، در کف شیار ترک طولی ظاهر می‌شود. شیاربازکن دودیسکی، شیارهای v- شکل و پایدارتری نسبت به شیاربازکن کفشکی در خاک ایجاد می‌کنند. بنابراین، شانس بسته شدن آنها در اثر نیروهای اعمال شده توسط چرخ فشار کم است. تاکی و گادوین (Taki & Godwin, 2006) با ایجاد شیارهای v- شکل کم عمق در سطح خاک و سپس آبیاری غرقابی خاک، گزارش نمودند که پایش حرکت خاک‌دانه‌ها در حین زهکشی، نشان داد که در نتیجه مکش رطوبتی زیادتری که در پشته‌های دو طرف شیار ایجاد شد، خاک‌دانه‌های موجود در دو طرف رویه‌های شیب‌دار شیار، در دو جهت مخالف حرکت نمودند، و این منجر به ایجاد ترک در کف شیار شد. نتایج آزمایش‌های آنها نشان داد که بردار جابجایی خاک‌دانه‌های در دو طرف شیار v- شکل صرفاً عمودی نبوده، بلکه عمود بر سطوح شیب‌دار دو طرف پشته می‌باشد. این بدین معنی است که انقباض پشته یک جابجایی کاملاً عمودی نبوده، بلکه رویه‌های پشته انقباض شعاعی دارند. بنابراین، حتی در زمان فاز انقباض نرمال، حرکت خاک‌دانه‌ها روی یک سطح شیب‌دار همیشه دارای یک مؤلفه افقی است که منجر به انقباض افقی خاک می‌شود. در نقطه تلاقی[1] دیواره‌ها در کف شیار، جهت مؤلفه افقی حرکت طوری تغییر می‌کند که خاک‌دانه‌ها در طرف سمت چپ نقطه تلاقی به سمت چپ، و خاک‌دانه‌ها در طرف سمت راست نقطه تلاقی به سمت راست حرکت می‌کنند. زمانی که جابجایی افقی نسبی (کرنش) بیشتر از جابجایی نسبی در حد پارگی خاک شود، تشکیل ترک حتمی است.

درصد ترک مؤثر در چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی (۹۴/۴ درصد) و میان باز (صفر درصد) به‌ترتیب بیشترین و کمترین بود. هرچند که تفاوت درصد ترک مؤثر برای سه چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی، مخروطی و رویه صاف لاستیکی آجدار از نظر آماری معنی‌دار نبود، ولی هر سه چرخ با چرخ فشار میان باز، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲). چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی و مخروطی‌شکل موجب کامل‌تر شدن ایجاد شیار v- شکل در خاک می‌شوند. چرخ با رویه صاف لاستیکی موجب پایدار شدن شیار ایجاد شده توسط شیاربازکن در خاک می‌شود و در نتیجه از ریزش دیواره‌ها و پرشدگی شیارها پس از آبیاری غرقابی جلوگیری می‌شود.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که خطی‌کار هاسیا نیز هم‌چون ردیف‌کار سنابل با چرخ فشار میان باز دارای صفر درصد ترک مؤثر بود. درصد ترک مؤثر در ردیف‌کار جاندیر با چرخ فشار رویه صاف لاستیکی، با برجستگی مخروطی‌شکل میانی و مخروطی شکل و ردیف‌کار سنابل مجهز به چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند و دارای بیشترین مقدار ترک مؤثر بودند. از طرف دیگر، سه تیمار ردیف‌کار جاندیر (با شیاربازکن دودیسکی و) با چرخ فشار میان باز، ردیف‌کار سنابل (با شیاربازکن کفشکی و) با چرخ فشار میان باز و خطی‌کار هاسیا (با شیاربازکن تک‌دیسکی و پوشاننده هرس دندانه انگشتی)

1-Turning point

در یک گروه آماری قرار داشتند و دارای صفر درصد ترک مؤثر بودند. بنابراین، صرفنظر از نوع شیاربازکن، چرخ فشار میان باز، به‌علت ایجاد پشته بر روی ردیف کاشت و از بین رفتن شیار ایجاد شده به‌وسیله شیاربازکن، از ایجاد و توسعه ترک در راستای خطوط کاشت در اثر انقباض خاک جلوگیری نمود (شکل ۲-الف). لبه‌های چرخ فشار میان باز به‌صورت پره‌ای بوده و موجب پرتاب خاک روی خطوط کاشت می‌شد. تاکی و گادوین (Taki & Godwin, 2006) مشاهده نمودند که شکل اولیه شیارها پس از آبیاری سطحی می‌تواند تخریب شده و در جاهایی که قسمتی از شیار با رسوبات پرشود و شیار زاویه تیزی خود را در قاعده از دست دهد، ترک در کف شیار ایجاد نمی‌شود و اگر ترک ایجاد شود در جاهایی غیر از کف شیار v- شکل ظاهر می‌شود. ضمناً در خطی‌کار هاسیا که مجهز به شیاربازکن تک دیسکی بود، بر خلاف گزارش همت و اسدی خشوئی (Hemmat & Asadi Khashoei, 2003) نیز ترک در راستای خطوط کاشت، مشاهده نشد. در تحقیقات همت و اسدی از پوشاننده بذر استفاده نشد، ولی در این تحقیق از پوشاننده هرس دندانه انگشتی استفاده شد که با پخش خاک روی شیار ایجاد شده توسط شیاربازکن، از امکان ظهور ترک در اثر انقباض خاک (همانند چرخ فشار میان باز) جلوگیری نمود.

ردیف‌کار جاندیر (با شیاربازکن دودیسکی) و با چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی و یا رویه صاف لاستیکی بیشترین درصد ترک مؤثر را داشتند. همت و اسدی خشوئی (Hemmat & Asadi Khashoei, 2003) در کاشت پنبه بیشترین درصد سبز شدن را با شیاربازکن دو دیسکی و چرخ فشار رویه لاستیکی گزارش نمودند که در نتیجه آن خطوط ترک در طول ردیف‌های کاشت توسعه پیدا کرد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که شیاربازکن دودیسکی توام با یکی از چرخ‌های فشار (با برجستگی مخروط‌شکل میانی، مخروط‌شکل یا رویه لاستیکی)، مؤثرترین وسیله از نظر کمک به ایجاد شرایط برای ترک خوردن خاک در طول خط کاشت در اثر انقباض خاک می‌باشد.

همانطور که شکل ۲-ب نشان می‌دهد ترک ایجاد شده روی ردیف کاشت توسط ردیف‌کار جاندیر با چرخ فشار رویه لاستیکی دقیقاً در محل مرکز چرخ بود. این ترک دارای پهنا و عمق کمتری نسبت به ترک ایجاد شده توسط چرخ‌های مخروطی‌شکل (شکل ۳-الف) و یا با برجستگی مخروطی‌شکل میانی (شکل ۳-ب) بود. ابتدا در اثر عبور شیاربازکن دو دیسکی در خاک یک بازشدگی (گودی) در خاک ایجاد می‌شود که با عبور چرخ فشار رویه لاستیکی آجدار این شیار در خاک استحکام می‌یابد. کشیده شدن و چرخش شیاربازکن‌های دودیسکی و تک‌دیسکی موجب ایجاد یک جریان ماندگار در دیواره‌های شیار به‌واسطه فشردن ذرات خاک به دو طرف شیار می‌شود و گسستگی‌های اولیه خاک را که می‌تواند منشاء ترک‌های نامنظم پس از انقباض خاک باشد را مسدود می‌نماید (Hemmat & Asadi Khashoei, 2003). پیش‌ترک‌ها به‌عنوان سطوح ضعیف شده می‌توانند به ترک‌های اصلی تبدیل شوند، مشروط به اینکه ظهور ترک‌های ناخواسته در نزدیک آنها، این فرایند را مختل نسازد (Taki & Godwin, 2006). لذا هنگام انقباض خاک، توسعه ترک‌های طولی در محل عبور شیاربازکن ظهور می‌یابد. توجیه دیگر این است که انقباض در خاک، ناشی از حرکت آب در خاک است. به‌عبارت دیگر، این حرکت آب در خاک است که جهت انقباض و به تبع آن جهت توسعه ترک در خاک را تعیین می‌کند. از طرفی نشان داده شده است (Taki *et al.*, 2006) که انقباض خاک بر روی دیواره‌های شیب‌دار یک شیار v- شکل به‌صورت شعاعی است.

بر همین اساس، تنش‌های انقباضی از دو مؤلفه افقی و عمودی تشکیل می‌شوند. مؤلفه عمودی منجر

به نشست عمودی خاک شده، ولی این مؤلفه افقی است که منجر به ایجاد ترک می‌شود. نقطه شروع ترک در خاک از جایی شروع می‌شود که در آن نقطه، دو مؤلفه افقی، هم‌راستا ولی در خلاف جهت یکدیگر هستند (و آن کف شیار ایجاد شده در خاک توسط شیاربازکن می‌باشد).

جدول ۳- اثر شیاربازکن و چرخ فشار بر میانگین درصد ترک مؤثر، شاخص یکنواختی استقرار گیاه و درصد سبز مشاهده‌ای در اولین نمونه‌برداری (۲۴ مهرماه)

عوامل آزمایش	ترک مؤثر (درصد)	شاخص یکنواختی استقرار گیاه (درصد)	سبز مشاهده‌ای (درصد)
شیاربازکن			
دودیسکی	۷۴/۳a*	۶۰/۳a	۹۰/۵a
کفشکی	۵۸/۴b	۲۹/۵b	۴۹/۴b
چرخ فشار			
با برجستگی مخروطی‌شکل میانی	۹۴/۴a	۴۶/۸a	۷۲/۴a
مخروطی‌شکل	۸۵/۸a	۵۱/۶a	۷۸/۳a
رویه صاف لاستیکی آجدار	۸۵/۳a	۴۷/۰a	۶۳/۰a
میان باز	۰۰/۰b	۳۴/۲a	۶۵/۹a

* اعداد هر عامل آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

البته نباید اثر چرخ فشار را نادیده گرفت، چرا که چرخ فشار رویه لاستیکی نیز لبه‌های بالایی دو طرف شیار ایجاد شده را تحت فشار قرار می‌دهد و همین امر به استحکام شیار ایجاد شده در خاک کمک می‌کند. در تیمارهای مربوط به ردیف‌کار جاندیر با چرخ‌های مخروطی و با برجستگی مخروطی‌شکل میانی نیز خط ترک دقیقا بر روی ردیف کاشت ایجاد شد، ولی پهنا و عمق این ترک از ترک ایجاد شده توسط ردیف‌کار جاندیر مجهز به چرخ فشار رویه لاستیکی به مراتب بزرگتر بود. علت این امر را می‌توان در نوع چرخ فشار دانست. این دو نوع چرخ، به‌واسطه لبه مخروطی خود در شیار ایجاد شده توسط شیاربازکن دخالت می‌کنند و شیار را عمیق‌تر و پایدارتر و دو طرف آن را فشرده و مقاوم می‌سازند (شکل ۳-ب) و روی زاویه‌ای که دو دیواره شیار با هم می‌سازند تأثیر می‌گذارد. تاکی و گادوین (Taki & Godwin, 2006) اعلام می‌دارند که انحناء گودی در نقطه تلاقی دو دیواره شیار یک عامل تعیین‌کننده در وقوع دقیق ترک در امتداد خط کف شیار می‌باشد.

شاخص یکنواختی استقرار بوته‌ها پس از سبزشدن کامل گیاه

مقدار این شاخص هم به چگونگی توزیع یکنواخت بذر در طول شیار و هم به چگونگی سبز شدن آنها بستگی دارد. عامل اول مربوط به عملکرد موزع ماشین کاشت و عامل دوم بستگی به عملکرد شیاربازکن و پوشاننده بذر دارد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع شیاربازکن بر شاخص یکنواختی استقرار گیاه پس از سبز شدن معنی‌دار (P <۰/۰۱) بود، در حالی‌که تأثیر چرخ فشار و

برهمکنش شیاربازکن و چرخ فشار بر این شاخص معنی‌دار نبود. شاخص یکنواختی استقرار گیاه برای شیاربازکن دودیسکی بیش از ۲ برابر شیاربازکن کفشکی بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که کلیه تیمارهای مربوط به ردیف‌کار جاندیر (شیار بازکن دودیسکی با هر چهار نوع چرخ فشار) و خطی‌کار هاسیا (شیار بازکن تک دیسکی) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند و با بیشترین مقدار شاخص یکنواختی استقرار گیاه، در یک گروه قرار دارند. از طرف دیگر، کلیه تیمارهای مربوط به ردیف‌کار سنابل (شیاربازکن کفشکی با هر چهار نوع چرخ فشار) با کمترین مقدار این شاخص در یک گروه قرار دارند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ردیف‌کار جاندیر، شاخص یکنواختی استقرار بیشتری نسبت به ردیف‌کارسنابل داشت. در ردیف‌کار سنابل، برای جلوگیری از خردشدن بذرها، زیر موزع انگشتی‌دار آن ورق فلزی به ضخامت نیم میلی‌متر قرار داده شد. این صفحه، چرخش راحت موزع را با مشکل روبرو می ساخت، بنابراین، در عمل مشاهده شد که چرخش صفحه موزع در بعضی نقاط با مشکل روبرو شد و ریزش بذر کمتر از حد نرمال شد. بنابراین، فاصله بین بوته‌ها افزایش یافت و موجب کاهش شاخص یکنواختی استقرار بوته‌ها شد.

شاخص یکنواختی استقرار گیاه با درصد ترک مؤثر همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۴۳*) را نشان داد. پس انتظار است که تیمارهایی که در ایجاد ترک روی خط کاشت موفق بودند، شاخص یکنواختی استقرار بالایی را نیز نشان دهند که همین نتیجه نیز حاصل شد. تنها تفاوت در اینجا به خطی‌کار هاسیا مربوط می‌شود که با وجود عدم ایجاد ترک، ولی در این شاخص موفقیت نسبتاً خوبی داشته است.

می‌توان گفت که با وجود پوشش شیار ایجاد شده با خاک توسط پوشاننده‌ها، ولی به خاطر کاشت سطحی بذر (مشاهدات مزرعه ای) و پوشش کم خاک روی بذر و پایین نگه داشتن مقاومت خاک بالای خطوط کاشت، با دو بار آبیاری، گیاهچه‌ها توانستند در این مدت از خاک خارج شوند. ضمناً توزیع بذر در شیارهای ایجاد شده توسط موزع خطی‌کار یکنواخت بود.

درصد سبز مشاهده‌ای

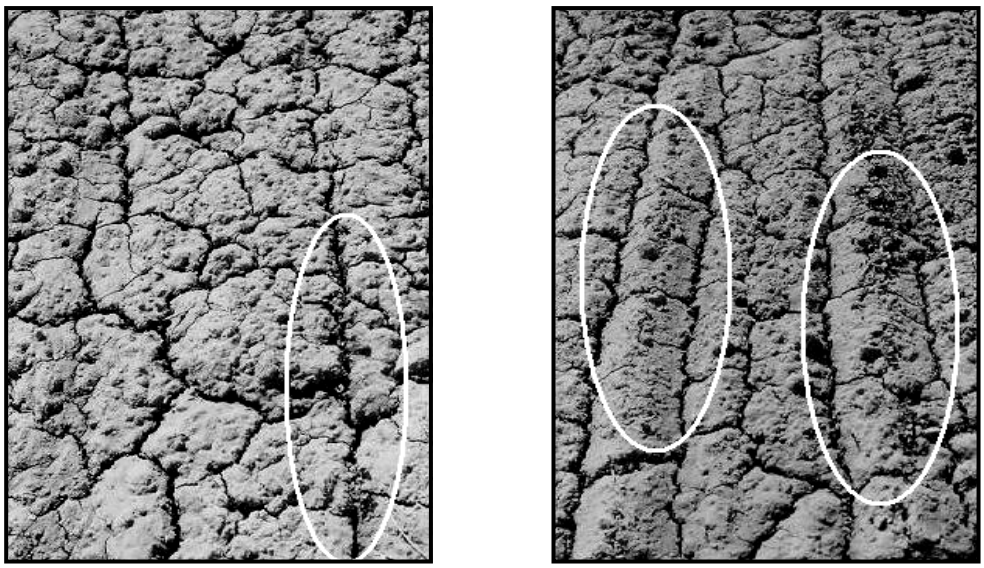
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع شیاربازکن بر درصد سبز مشاهده‌ای در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی تأثیر نوع چرخ فشار و برهمکنش شیاربازکن و چرخ فشار بر این شاخص معنی‌دار نبود. شیاربازکن دودیسکی با میانگین ۹۰/۵ درصد و کفشکی با میانگین ۴۹/۴ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). افزایش در درصد سبز با شیار بازکن دودیسکی نسبت به شیار بازکن کفشکی به علت ایجاد شرایط لازم برای ترک خوردن خاک در اثر انقباض خاک توسط شیار بازکن دودیسکی می‌باشد.

با مشاهده جدول ۴ مشخص می‌شود که کلیه تیمارهای وابسته به ردیف‌کار جاندیر با قرارگیری در یک گروه آماری بیشترین مقدار شاخص درصد سبز مشاهده‌ای را دارا بودند و از طرف دیگر کلیه تیمارهای وابسته به ردیف‌کار سنابل با قرارگیری در گروه دیگر، کمترین مقدار این شاخص را دارا بودند و تیمار مربوط به خطی‌کار هاسیا بینابین این دو گروه قرار گرفت. در این تقسیم‌بندی ردیف‌کار جاندیر با چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی مؤثرترین وسیله در افزایش درصد سبز به این روش منظور گردید.

جدول ٤- مقایسه تأثیر ۹ تیمار آزمایشی بر میانگین درصد ترک مؤثر، شاخص یکنواختی استقرار گیاه و درصد سبز مشاهده‌ای در اولین نمونه‌برداری (٢٤ مهرماه)

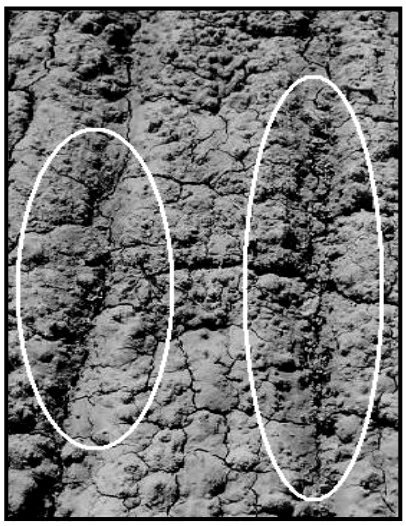
تیمار	ترک مؤثر (درصد)	شاخص یکنواختی استقرار گیاه (درصد)	سبز مشاهده‌ای(درصد)
جاندیر مجهز به شیار بازکن دو دیسکی و چرخ فشار			
با برجستگی مخروطی‌شکل میانی	۱۰۰/۰a*	۶۹/۶a	۹۶/۱a
مخروطی‌شکل	۹۷/۲a	۶۲/۷ab	۹۴/۱a
رویه صاف لاستیکی آجدار	۱۰۰/۰a	۶۲/۰ab	۹۱/۰a
میان باز	۰۰/۰c	۴۷/۰abc	۸۰/۶ab
سنابل مجهز به شیار بازکن کفشکی و چرخ فشار			
با برجستگی مخروطی‌شکل میانی	۸۸/۸ab	۲۴/۰dc	۴۸/۸dc
مخروطی‌شکل	۷۴/۴b	۴۰/۵bcd	۶۲/۵bc
رویه صاف لاستیکی آجدار	۷۰/۶b	۳۱/۸dc	۳۵/۰d
میان باز	۰۰/۰c	۲۱/۳d	۵۱/۳dc
خطی‌کار هاسیا	۰۰/۰c	۴۷/۲abc	۶۵/۰bc

* اعداد در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.



الف ب

شکل ۲- کاشت کلزا با الف) ردیف کار سنابل با شیاربازکن کفشکی و چرخ فشار فلزی میان باز (توجه : ایجاد پشته روی ردیف کاشت و توسعه ترک در محل عبور دو لبه کنگره ای چرخ فشار فلزی میان باز) و ب) ردیف‌کار جاندیر با شیاربازکن دو دیسکی و چرخ فشار رویه لاستیکی (توجه : توسعه ترک در امتداد خط کاشت)



الف

ب

شکل ۳- کاشت کلزا الف) با ردیف کار سنابل با شیاربازکن کفشکی و چرخ فشار فلزی مخروطی (توجه: ایجاد ترک در راستای خطوط کاشت و ریزش دیواره‌های شیار ایجاد شده توسط چرخ فشار پس از آبیاری) و ب) با ردیف‌کار سنابل با شیاربازکن کفشکی و چرخ فشار با برجستگی مخروطی-شکل میانی (توجه: توسعه یکنواخت ترک در امتداد خطوط کاشت و یکنواختی دیواره‌های شیار ایجاد شده توسط چرخ فشار)

شاخص یکنواختی استقرار گیاه قبل از زمستان‌گذری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شیاربازکن ها بر شاخص یکنواختی استقرار گیاه قبل از زمستان‌گذری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر چرخ‌های فشار در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. برهمکنش شیاربازکن و چرخ فشار بر این شاخص معنی‌دار نبود. شیاربازکن دودیسکی و کفشکی با میانگین ۷۴ و ۳۲ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار شاخص یکنواختی استقرار گیاه قبل از زمستان‌گذری را داشتند (جدول ۵). این موضوع بیانگر این حقیقت است که تفاوت در شرایطی که این دو نوع شیاربازکن برای خروج گیاه‌چه از خاک (سبزشدن) در زمان کاشت در خاک ایجاد نموده بودند (جدول ۳)، آثار آن پس از گذشت حدود یک ماه کماکان در زمان استقرار نیز قابل مشاهده بود. همچنین جدول ۵ نشان داد که مقادیر این شاخص برای سه چرخ فشار مخروطی، رویه لاستیکی و میان‌باز از نظرآماری تفاوت معنی‌داری ندارند و در یک گروه قرار دارند. این نشانگر این واقعیت است که تأثیر چرخ فشار در کمک به بهتر سبزشدن گیاه با گذشت زمان تغییر نکرده‌است (مقایسه مقادیر جدول ۵ با جدول ۳). شاخص یکنواختی استقرار گیاه قبل از زمستان‌گذرانی برای چرخ فشار مخروطی به طور معنی‌داری بیشتر از چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی بود.

در مقایسه عملکرد ردیف‌کارها با خطی‌کار هاسیا مشخص شد که ردیف‌کار جاندیر با چرخ فشار مخروطی مؤثرترین وسیله و ردیف‌کار سنابل با چرخ فشار با برجستگی میانی، نامناسب‌ترین وسیله در افزایش شاخص یکنواختی استقرار گیاه قبل از زمستان‌گذری بودند (جدول ۶). همچنین ملاحظه می‌شود که چهار تیمار مربوط به ردیف‌کار جاندیر به انضمام تیمار خطی‌کار هاسیا، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند ودر یک گروه قرار دارند. این امر بیانگر این است که صرفنظر از نوع چرخ فشار، شیاربازکن دودیسکی بهترین وسیله در افزایش هر چه

بیشتر این شاخص است و خطی‌کار هاسیا نیز به سبب ماهیت دیسکی بودن شیاربازکنش (تک دیسکی) نتایج بسیار نزدیکی با ردیف‌کار جاندیر داشت.

مقایسه شاخص یکنواختی استقرار گیاه اندازه‌گیری شده در تاریخ‌های ۲۴ مهرماه و ۱۹ آبان ماه (جداول۳ و ۵) نشان می‌دهد که اگر چه میانگین شاخص یکنواختی استقرار گیاه مربوط به عامل‌های شیاربازکن و چرخ فشار، هر کدام با اندازه ۱۸ درصد افزایش یافت، ولی میانگین شاخص یکنواختی استقرار گیاه مربوط به ردیف‌کار جاندیر و سنابل در این مدت به‌ترتیب به اندازه ۲۳ و ۱۰ درصد افزایش یافت. شاخص یکنواختی استقرار خطی‌کار هاسیا نیز به اندازه ۲۳ درصد افزایش یافت.

جدول ۵- اثر شیاربازکن و چرخ فشار بر میانگین شاخص یکنواختی استقرار گیاه، درصد سبزشدن، تعداد بوته در طول یک متر و تعداد بوته در متر مربع قبل از زمستان‌گذرانی (۱۹ آبان)

عوامل آزمایش	شاخص یکنواختی استقرار گیاه	تعداد بوته در متر مربع	درصد سبز شدن
شیاربازکن			
دودیسکی	۷۴a*	۲۳۴a	۷۳a
کفشکی	۳۲b	۶۱b	۲۲b
چرخ فشار			
با برجستگی مخروطی‌شکل میانی	۴۰b	۱۴۸a	۴۷a
مخروطی‌شکل	۶۶a	۱۷۵a	۵۶a
رویه صاف لاستیکی آج‌دار	۵۷ab	۱۵۱a	۵۰a
میان باز	۴۸ab	۱۱۶a	۳۷a

* اعداد هر عامل آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

تعداد بوته در متر مربع قبل از زمستان‌گذرانی

این شاخص بیان کننده تعداد بوته استقرار یافته در متر مربع قبل از زمستان گذرانی است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شیاربازکن بر این شاخص معنی‌دار ($p<0/01$) بود، اما تأثیر چرخ فشار و برهمکنش شیاربازکن در چرخ فشار بر این شاخص معنی‌دار نبود. شیاربازکن دودیسکی با میانگین ۲۳۴ بوته و کفشکی با میانگین ۶۱ بوته به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد بوته در متر مربع را داشتند (جدول ۵).

این اختلاف زیاد حاکی از آن دارد که شیاربازکن دودیسکی در استقرار بوته به‌مراتب نسبت به شیاربازکن کفشکی (حدود ۴ برابر) موفق‌تر بود. نوع چرخ فشار تأثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت.

جدول ٦- مقایسه تأثیر ۹ تیمار آزمایشی بر میانگین شاخص یکنواختی استقرار گیاه، درصد سبز شدن و تعداد بوته در متر مربع قبل از زمستان‌گذرانی (۱۹ آبان)

تیمار	شاخص یکنواختی استقرار گیاه (درصد)	تعداد بوته در متر مربع	درصد سبز شدن
جاندیر مجهز به شیار بازکن دودیسکی و چرخ فشار			
با برجستگی مخروطی‌شکل میانی	۷۱/۸ab*	۲۵۳a	۷۹/۱a
مخروطی‌شکل	۸۱/۳a	۲۴۹a	۷۷/۴a
رویه صاف لاستیکی آجدار	۶۹/۰abc	۲۳۰a	۷۱/۹a
میان باز	۷۲/۸ab	۲۰۳ab	۶۳/۴a
سنابل مجهز به شیار بازکن کفشکی و چرخ فشار			
با برجستگی مخروطی‌شکل میانی	۸/۸e	۴۲d	۱۴/۴dc
مخروطی‌شکل	۵۱/۳bc	۱۰۱dc	۳۴/۷bc
رویه صاف لاستیکی آجدار	۴۵/۹dc	۷۱d	۲۸/۲dc
میان باز	۲۳/۵ed	۲۹d	۱۰/۰d
خطی‌کار هاسیا	۷۱/۳abc	۱۴۸bc	۵۷/۹ab

* میانگین‌ها در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

جدول ۶ نشان می‌دهد که تمام تیمارهای مربوط به ردیف‌کار جاندیر با قرارگیری در یک گروه آماری بیشترین تعداد بوته در متر مربع را دارا بودند که از این میان ردیف‌کار جاندیر با چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی بیشترین مقدار این گروه و میان باز کمترین مقدار این گروه را دارا بودند. همچنین خطی‌کار هاسیا نیز با ردیف‌کار جاندیر با چرخ فلزی میان باز (ضعیف‌ترین ماشین گروه قبل) از نظر آماری در یک گروه قرار داشتند. نکته قابل توجه اینکه، تمام تیمارهای مربوط به ردیف‌کار سنابل مجددا با قرار گیری در یک گروه آماری کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند. نتایج فوق بیان می‌کند که صرفنظر از نوع چرخ فشار، عامل مؤثر در افزایش تعداد بوته در متر مربع، نوع شیاربازکن است.

همچنین جدول ۶ نشان می‌دهد که خطی‌کار هاسیا برای این شاخص، میانگین ۱۴۸ بوته را داراست که با توجه به تراکم مناسب ۲۰۰-۶۰ بوته برای کلزا (Anon., 1994) این تعداد منطقی و مناسب به نظر می‌رسد. این جدول همچنین نشان داد که به جز ردیف‌کار سنابل با چرخ فشار فلزی میان باز و چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی، تعداد بوته در واحد سطح در تمام تیمارها از حداقل قابل قبول (۶۰ بوته در متر مربع) بیشتر بود.

این شاخص با شاخص یکنواختی استقرار گیاه پس از سبز شدن کامل و شاخص یکنواختی استقرار گیاه قبل از زمستان‌گذری به‌ترتیب با ضرایب همبستگی ساده $r=۰/۸۵^{**}$ و $r=۰/۸۶^{**}$ همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد.

درصد سبزشدن

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که نوع شیاربازکن بر درصد سبزشدن در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت، ولی تأثیر چرخ فشار برهمکنش شیاربازکن در چرخ فشار بر این شاخص معنی‌دار نبود. شیاربازکن دودیسکی در

مقایسه با کفشکی درصد سبزشدن را بیش از سه برابر افزایش داد (جدول ۵). نوع چرخ فشار تأثیر معنی‌داری بر درصد سبزشدن نداشت.

مقایسه درصد سبز ردیف‌کارها با خطی‌کار هاسیا (تیمار شاهد) نشان داد که درصد سبزشدن ردیف‌کار جاندیر بدون توجه به نوع چرخ فشار نصب شده بر روی آنها و خطی‌کار هاسیا از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت که از این میان ردیف‌کار جاندیر با چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی بیشترین مقدار درصد سبز را به خود اختصاص داد، ولی کلیه تیمارهای مربوط به ردیف‌کار سنابل حتی پس از خطی‌کار هاسیا قرار گرفتند که از این میان ردیف‌کار سنابل با چرخ فشار مخروطی‌شکل بیشترین مقدار درصد سبز را به خود اختصاص داد (جدول ۶). این مطلب بیانگر آن است که صرفنظر از نوع چرخ فشار، عامل تعیین‌کننده در افزایش درصد سبز شدن گیاه، احتمالاً نوع شیاربازکن است و خطی‌کار هاسیا به‌دلیل ماهیت دیسکی بودن شیاربازکنش نتایج مشابهی با ردیف‌کار جاندیر داشت، ولی همچنان شیاربازکن کفشکی بر بهبود درصد سبز ناتوان بود. نکته قابل توجه دیگر اینکه مجدداً ترکیب ردیف‌کار سنابل با چرخ فشار میان باز به‌عنوان ضعیف‌ترین وسیله در ایجاد درصد سبز مطلوب شناخته شد. درصد سبز شدن با شاخص یکنواختی استقرار گیاه قبل از زمستان‌گذری همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=۰/۸۸^{*}$) را نشان داد.

نتیجه‌گیری

با توجه به ویژگی خاک‌های ایران (خاک ها با مواد آلی کم) که تمایل به سله بستن دارند و به ویژه در منطقه مرکزی ایران (خاک‌های با بافت نیمه سنگین و سنگین و ساختمان با پایداری کم) ضروری است که به‌منظور کاهش مصرف بذر و آب و دستیابی به یک بستر یکنواخت و عملکرد مناسب کلزا، در انتخاب ماشین کاشت به نکات زیر توجه شود:

۱- در خاک‌های حساس به سله و در صورت محدود بودن آب در زمان سبز شدن گیاه، استفاده از روش ایجاد ترک طولی در امتداد خطوط کاشت می‌تواند درصد سبز شدن و استقرار مناسب را احتمالاً با تعداد آبیاری کمتر تأمین کند.

۲- به‌نظر می‌رسد برای ایجاد شرایط مناسب جهت ظهور ترک در راستای خطوط کاشت، بایستی ترکیبی از شیاربازکن و چرخ فشار انتخاب گردد که منجر به ایجاد یک گودی پایدار در راستای خطوط کاشت گردد.

۳- شیاربازکن دودیسکی وسیله‌ای مؤثر در ایجاد ترک طولی در راستای ردیف کاشت می‌باشد.

۴- باید چرخ فشار دهنده‌ای در ردیف‌کار انتخاب نمود که از پر شدن شیار ایجاد شده توسط شیاربازکن به‌وسیله رسوبات در حین آبیاری جلوگیری شود. بنابراین استفاده از چرخ‌های فشار با برجستگی مخروطی شکل میانی، مخروطی‌شکل و رویه لاستیکی آجدار روی ردیف‌کارها برای پایدار نمودن شیار (گودی) و بنابراین کمک به ایجاد ترک طولی در طول ردیف کاشت توصیه می‌شود.

۵- بهترین ترکیب شیاربازکن و چرخ فشار برای ردیف‌کار مناسب کاشت کلزا از نظر درصد سبز و یکنواختی فاصله بین بوته‌ها (شاخص استقرار) استفاده از شیاربازکن دودیسکی و چرخ فشار با برجستگی مخروطی‌شکل میانی است.

قدردانی

بدین‌وسیله از اعضاء محترم شورای پژوهش‌های

علمی کشور و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی به خاطر تصویب و تأمین اعتبار این تحقیق در قالب پروژه پژوهشی ویژه توسعه کشور (توتک)- برنامه ملی تحقیقات کشور، تشکر و قدردانی می‌شود. ضمناً از مسئولین محترم دانشگاه و دانشکده کشاورزی به‌ویژه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه و دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر همکاری صمیمانه آنها در تمام مراحل، سپاسگزاریم. از زحمات کارشناسان و کارکنان گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و کارشناس محترم مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی که در اجرا و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی همکاری نمودند متشکریم.

مراجع

Anon. 1994. Crop establishment, In: Canola Growers Manual: Grow with canola. Canola Council of Canada. Ch. 8.

Asadi, A., Taki, O., Miranzadeh, M. and Ghazvini, H.R. 2009. Creation of longitudinal cracks in planting rows to enhance seedling emergence using a modified row crop planter. J. Agric. Eng. Res. 9, 57-70. (in Farsi)

Eghbal, M.K., Hajabbasi, M.A. and Golsefidi, H.T. 1996. Mechanism of crust formation on a soil in central Iran. Plant Soil. 180, 67-73.

Hallett, P.D., Dexter, A.R. and Seville, J.P.K. 1995. The application of fracture mechanics to crack propagation in dry soil. Eur. J. Soil Sci. 46, 591-599.

Hemmat, A. and Khashoei, A. A. 2003. Emergence of irrigated cotton in relation to furrow opener type and crust–breaking treatment for cambisoils in central Iran. Soil Till. Res. 70, 153-162.

Horgan, G.W. and Young, I.M. 2000. An empirical stochastic model for the geometry of two-dimensional crack growth in soil (with discussion). Geoderma. 96, 263-289.

Karimi, M. 1987. Climate in central Iran. Isfahan University of Technology Publication, Isfahan. Iran. (in Farsi)

Lakzian, A. 1989. Genesis and classification of Lavark soil. Unpublished M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. Isfahan. Iran. (in Farsi)

Taki, O. and Godwin, R. J. 2006. The creation of longitudinal cracks in shrinking soils to enhance seedling emergence. Part II. The effect of surface micro-relief. Soil Use and Manage. 22, 305-314.

Taki, O., Godwin, R. J. and Leeds-Harrison, P.B. 2006. The creation of longitudinal cracks in shrinking soils to enhance seedling emergence. Part I. The effect of soil structure. Soil Use and Manage. 22, 1-10.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.12/No.2/2011/P: 69-86*

Enhanced Irrigated Canola Seedling Emergence with Longitudinal Cracks along Seed Rows from a Furrow Opener and Press Wheel

A. Hemmat[*] and S. M. Ataie

* Corresponding Author: Professor, Department of Farm Machinery, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan. P.O Box: 84156-8311. E-mail: ahemmat@cc.iut.ac.ir
Received: 13 April 2010, Accepted: 22 January 2011

Poor stand establishment of canola (*Brassica napus* L.) under flatland mechanized planting and crust-forming soil is a major problem for farmers in central Iran. Previous research there showed that irrigated cotton emergence on crust-forming soils under flatland planting can be significantly improved using a double-disk planter with zero-pressure press wheel tires and no crust-breaking. In that research, it was not clear whether the furrow opener or the press wheel caused the development of the crack line along the seed rows. In the present study, field testing was conducted in loamy soil to study the effects of two furrow openers (runner, double-disk) and four press wheels (zero-pressure pneumatic, V-shaped edge, single conical rib, open-center concave steel press wheels) on canola emergence using a randomized complete block design in a factorial arrangement (2×4) with four replications. Effective crack (crack line developed along emerging seedlings) percentage, stand establishment uniformity, percentage of emergence, and plant density before onset of winter were measured. The results showed that, for all parameters, the double-disk opener had significantly higher values compared with the runner opener. The press wheel had a significant effect on the effective crack percentage and the stand establishment uniformity index before the onset of winter. However, the other parameters were not significantly affected. Planters with a single-conical rib and open-center press wheels had the best effective crack percentage and lowest index of stand establishment uniformity. Based on the results from this study, the best planter for canola production for the soil and climate of central Iran is a double-disk planter with a single conical rib and open-center concave steel press wheels. The single conical rib creates a v-shaped depression and the steel press wheels stabilize the depression. This creates a crack along the deepest line of the depression after flood irrigation and during soil shrinkage, causes creation of crack along the deepest line of depression.

Keywords: Canola, Crust, Emergence, Furrow Opener, Press Wheel