طراحی، ساخت و ارزیابی کارنده حفره‌ساز با موزع بادی و پوشاننده بشقابی

مجید دولتی و سید حسین کارپرورفرد[1]

چکیده

در این تحقیق اقدام به طراحی و ساخت یک واحد کارنده حفره‌ساز از نوع بیلچه‌ای با موزع بادی و پوشاننده دو بشقابی گردید. این کارنده ابتدا حفره‌هایی با فاصله و عمق یکسان در زمین ایجاد نموده، سپس در داخل هر حفره یک بذر قرار می‌دهد و روی آنرا می‌پوشاند. این نوع کارنده ها علاوه بر تامین عمق و فاصله دقیق بذرها، موجب حذف هزینه تنک کردن و کاهش میزان بذر موردنیاز می‌گردند و همچنین در اراضی سنگلاخ و شخم نخورده براحتی کار می‌کنند.

دستگاه پس از ساخت در آزمایشگاه و مزرعه ارزیابی گردید. در ارزیابی آزمایشگاهی که از گریس‌بلت استفاده شد، اثر سطوح مختلف سرعت پیشروی بر شاخص چندکاشتی، شاخص کیفیت تغذیه، شاخص نکاشت، دقت و میزان قرارگیری بذرها در درون دایره‌های مشخص شده روی گریس‌بلت مورد بررسی قرار گرفت. در ارزیابی دستگاه در مزرعه، اثر سرعت پیشروی و شرایط سطحی زمین بر شاخص‌های فوق و همچنین میانگین عمق کاشت، مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام تحقیق در آزمایشگاه از طرح کاملا تصادفی با ٦ سطح سرعت و در ٨ تکرار استفاده شد. جهت انجام تحقیق در مزرعه از آزمایش فاکتوریل ۵×۳ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی، شامل ۵ سطح سرعت(۱/۷، ۲/۸، ٤، ۵/۵ و ۷ کیلومتر در ساعت) و سه شرایط سطحی زمین (زمین شخم و دیسک خورده، زمین با بقایای گیاهی گندم و زمین خاک‌ورزی نشده) با ۵ تکرار در خاک شنی و رسی سنگریزه‌دار استفاده شد. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمونها (در مزرعه و آزمایشگاه) بطور خلاصه می‌توان گفت که افزایش سرعت پیشروی باعث افزایش شاخص‌های چندکاشتی، دقت و نکاشت وکاهش شاخص کیفیت تغذیه،میزان قرارگیری بذرها در درون حفره‌ها و میانگین عمق کاشت گردید. همچنین نتایج آزمایش‌ها نشان داد که شرایط زمین روی پارامترهای مورد بررسی تاثیری ندارد ومی‌توان گفت که کارنده در هر سه شرایط زمین مورد آزمایش می‌تواند بخوبی کار کند. بعلاوه سرعت پیشروی در هر سه شرایط زمین، ۵/۵ کیلومتر در ساعت توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: دقیق‌کار، حفره‌ساز، بادی، پوشاننده

مقدمه

در سالهای اخیر خاک‌ورزی حفاظتی بعنوان راه حلی برای کنترل فرسایش خاک انتخاب شده و توجه به سیستمهای کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی افزایش یافته تا بدین وسیله مخارج تولید محصولات کاهش یافته و شرایط خاک اصلاح گردد (۱۲). برای کشت در سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی کلشی، بقایای گیاهی

۱- به ترتیب عضو هیئت علمی بخش ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی جیرفت، دانشگاه شهید باهنر کرمان و استادیار بخش ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

و خاک سخت معمولا مزاحم عملکرد صحیح شیاربازکنهای مرسوم که در کارنده‌های معمول بکار می‌روند، می‌شود و ضمنا عمق کاشت و پوشانده شدن بذرها اغلب نامنظم است(۱۵). از طرفی دیگر با توجه به تحقیقات انجام شده، حتی بهترین کارنده‌های ذرت دارای ۲۰ الی ۳۰ درصد خطا در فواصل بین بذرهای کاشته شده می‌باشد(۱۹). یکی از روش‌های موردقبول برای کشت دقیق بذر در چنین شرایطی، کشت به شیوه پانچی یا بعبارت بهتر استفاده از دقیق‌کار حفره‌ساز[۱] است(۵). طرز کار این نوع کارنده بدین صورت است که ابتدا حفره‌هایی با فاصله و عمق یکسان در زمین ایجاد می‌کند وسپس(و یا همزمان با ایجاد حفره) بذر را بصورت تکدانه در این حفره‌ها قرار می‌دهد. استفاده از چنین ماشینی برای کشت محصولاتی مانند ذرت که به فاصله دقیق کاشت حساس هستند بسیار مناسب است، زیرا مشکل غیریکنواخت بودن فواصل بذرها که در اثر پرش بذرها در داخل شیارهای ایجاد شده بوسیله شیاربازکن در هنگام کشت بوجود می‌آید، رفع می‌گردد(۱۹).

بررسی منابع

کارنده‌های حفره‌ساز با توجه به شیوه ایجاد حفره و نحوه قرار دادن بذر در خاک به سه گروه اصلی کارنده‌های حفره‌ساز دلوی[۲]، کارنده‌های حفره‌ساز بیلچه‌ای[۳] و کارنده‌های حفره‌ساز شیاری[۴] تقسیم می‌شوند(۵). کارنده‌های حفره‌ساز بیلچه‌ای، با توجه به زمان انتقال بذر به حفره، به دو گروه با دو نوع بیلچهٔ متفاوت تقسیم می‌شوند. در نوع اول، همزمان با ایجاد حفره و قبل از خروج بیلچه از خاک، بذر نیز در داخل حفره قرار می‌گیرد. در نوع دوم، بیلچه حفره‌ای در خاک ایجاد کرده و بعد از خروج بیلچه از خاک، بذر در داخل حفره قرار داده می‌شود و به همین دلیل به هماهنگی مناسبی بین موزع بذر و حفره‌های ایجاد شده در زمین نیاز است تا بذرهای منفرد در درون حفره‌ها قرار گیرند.

جعفری و فارنسترام(۸) یک دستگاه کارنده حفره‌ساز بیلچه‌ای جهت کشت چغندرقند طراحی کردند. موزع طراحی شده برای این کارنده نوعی موزع سانتریفوژی بود. این موزع بذر را با سرعتی مساوی با سرعت پیشروی دستگاه به سمت عقب پرتاب می‌کرد و بذر به صورت سقوط آزاد در داخل حفره ایجاد شده می‌افتاد. آزمایشهای آنها نشان داد که که در خاک لوم رسی، اگر سطح مزرعه خشک نباشد، خاک به مخروطها خواهد چسبید.

اَدکویا و بوشِل(۲) یک کارنده حفره‌ساز بیلچه‌ای را جهت کشت ذرت و بذرهای مشابه طراحی کردند. آزمایشها در سرعت‌های ۰/۸، ۱/٤، ۱/۸ و ۲/۲ متر در ثانیه انجام گرفت. تجزیه آماری نشان داد که با افزایش سرعت پیشروی تعداد حفره‌های دارای یک بذر، کاهش می‌یابد. مثلا در سرعت ۰/۸ متر در ثانیه، ۹۱ درصد و در سرعت ۲/۲ متر در ثانیه، ۵۹ درصد از حفره‌ها دارای یک بذر بودند. ایکِل و سی‌برِتْز(٦) یک کارنده حفره‌ساز جهت کشت ذرت در مالچ طبیعی، طراحی نمودند. دقت توریع بذر در آزمایشگاه و مزرعه بترتیب ۸٤ و ۸۰ درصد بدست آمد.

مولین و آگوستینی(۱٦) یک کارنده حفره‌ساز بیلچه‌ای دستی با موزع صفحه‌ای افقی برای شرایط خاک‌های سنگ‌دار طراحی نمودند.

---

[۱] Punch planter
[۲] Bucket-Punch Planter
[۳] Dibble-Punch Planter
[٤] Spade-Punch Planter

آزمایشات مزرعه‌ای در دو سرعت ۰/۵ و ۰/۷ متر بر ثانیه انجام گرفت. نتایج حاکی از آن بود که تعداد حفره‌های دارای بذر واحد در دو سرعت مختلف تغییر محسوسی نداشته‌اند. مشکل عمده‌ای که این کارنده داشت، این بود که دریچه‌ها در خاکهای مرطوب با گل مسدود می‌شدند.

مولین و همکاران(۱۷)یک کارنده حفره‌ساز شیاری با موزع خلائی (با بشقاب عمودی) طراحی کرده و آنرا بصورت آزمایشگاهی و مزرعه‌ای ارزیابی نمودند. آزمایش‌ها در سه سرعت ۱، ۲ و ۳ متر در ثانیه انجام گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش سرعت پیشروی، شاخص چندکاشتی، شاخص نکاشت و شاخص دقت افزایش یافته و شاخص کیفیت تغذیه کاهش می‌یابد. همچنین مقادیر بدست آمده برای شاخص‌ها در سرعت ۳ متر در ثانیه، حاکی از آن بود که این کارنده قابلیت کشت در این سرعت را ندارد. این کارنده دارای ساختمان بسیار پیچیده‌ای بود.

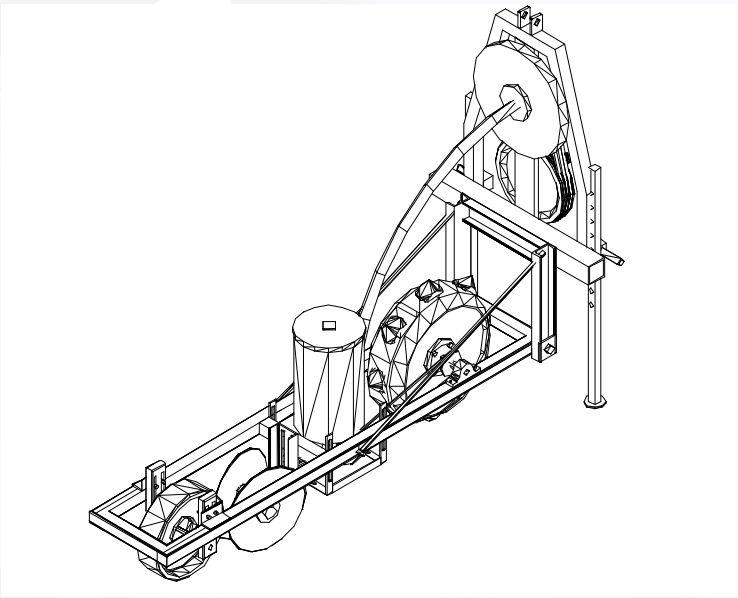
شیدویلر(۱۸) یک کارنده حفره‌ساز شیاری دامی[۱] (ADSP) طراحی کرد. این کارنده برای شرایط کم‌خاکورزی و کشت در بقایای گیاهی طراحی شد و بصورت مزرعه‌ای و آزمایشگاهی ارزیابی گردید. این محقق با استفاده از ADSP تراکم گیاه را تا ٤٠ درصد بالاتر از کارنده مرسوم دستی برد و سبز شدن درمقایسه با کارنده دستی مرسوم حدود ۱۰ درصد افزایش یافت.

با بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه کارنده‌های حفره‌ساز می‌توان گفت، کارنده‌های حفره‌سازی که تا کنون ابداع شده، معمولا دارای ساختاری پیچیده و قیمت بالا بوده و جهت استفاده از آنها کشاورز به تخصص ویژه‌ای در این زمینه نیاز دارد(١٤)، همچنین مکانیزم حفره‌ساز انواع دلوی دارای قطعات متحرک زیادی بوده و معمولا هنگام کار در مزرعه، مسدود می‌شوند. از طرف دیگر موزع‌های بکار رفته در کارنده‌های حفره‌ساز ضمن داشتن قطعات متحرک زیاد و پیچیدگی نسبتا بالا، دقت کافی در مقایسه با موزع‌های بادی را ندارند. لذا با توجه به مزایای ذکر شده در مورد خاکورزی حفاظتی و کارنده‌های حفره‌ساز و مطالعه تحقیقات انجام گرفته در این زمینه، اهدف پژوهش حاضر عبارت بودند از : ساخت دقیق‌کار حفره‌ساز بیلچه‌ای با موزع بادی و پوشاننده بشقابی و ارزیابی دستگاه در آزمایشگاه و مزرعه.

مواد و روشها

در این تحقیق سعی بر آن بوده است که با در نظر گرفتن تمام مزایا و فواید این کارنده‌ها، حتی‌الامکان طراحی آنها طوری صورت گیرد که دارای ساختاری ساده و مشابه کارنده‌های معمول بوده و قیمت تمام شدهٔ دستگاه نیز پایین باشد. لذا در تحقیق حاضر اقدام به ساخت و ارزیابی دقیق‌کار حفره‌ساز از نوع بیلچه‌ای با موزع بادی (بشقاب خلاء) و پوشاننده بشقابی گردید و جهت کشت ذرت دانه‌ای بکار گرفته شد. لازم به ذکر است که غالب کشاورزان ایران با طرز کار موزع بادی تقریبا آشنا بوده ونسبت به موزع های پیچیده ای که تاکنون در کارنده های حفره ساز بکار گرفته شده، راحت تر می‌توانند از آن استفاده کنند. دستگاه مورد نظر طبق اصول مهندسی طراحی شد، نقشه سه‌بعدی آن بکمک نرم‌افزار اتوکد ترسیم گردید (شکل ۱) و نهایتا ، طبق نقشه تهیه شده، یک دستگاه یک واحدی آن ساخته شد. دستگاه ابتدا در آزمایشگاه روی گریس‌بلت ارزیابی گردید و در نهایت به مزرعه انتقال داده شده و مورد ارزیابی قرار گرفت.

[۱] Animal-drawn revolving spade-punch planter



شکل(۱). نقشه کلی کارنده موردنظر که با استفاده از نرم‌افزار Autocad ترسیم گردیده است.

اجزاء کارنده حفره‌ساز

قسمتهای مختلف دستگاه عبارتند از : شاسی، واحد حفره‌ساز، موزع بادی و پروانه مکنده، بشقابهای پوشاننده، چرخ فشار دهنده و سیستم انتقال توان.

واحد حفره‌ساز: بمنظور ایجاد حفره‌هایی با عمق و فواصل یکسان نیاز به وسیله‌ای بود که بتواند در شرایط مختلف زمین، مخصوصاً در زمین خاکورزی نشده به اندازه کافی نفوذ نماید. برای این منظور از یک چرخ حفره‌ساز استفاده گردید. با توجه به اینکه مناسب‌ترین عمق کاشت برای ذرت دانه‌ای حدود ٦ سانتی‌متر است، جهت ایجاد حفره در زمین از مخروطهایی با ارتفاع ٦ سانتی‌متر استفاده گردید.

با توجه به تحقیقات انجام شده، زاویه راس مخروطی‌ها باید مساوی ۹۰ درجه انتخاب شوند، زیرا مخروطی‌هایی با زوایای کمتر از ۹۰ درجه، هنگام خروج از زمین، بهم خوردگی خاک و در نتیجه پر شدن حفره‌های ایجاد شده را بهمراه خواهند داشت. از طرف دیگر، مخروطی‌هایی با زاویه بزرگتر از ۹۰ درجه، حفره‌هایی با دهانه خیلی باز ایجاد می‌کنند که مطلوب نخواهد بود. لذا بهترین زاویه راس برای مخروطی‌ها ۹۰ درجه است (۸). جهت بهبود نفوذ مخروطها یا پانچ‌ها در زمین، سطح مقطع پانچ‌ها (بوسیلهٔ تراشیدن قسمتی از قاعدهٔ آنها) کاهش داده شد (شکل ۲).

موزع: موزع مورد استفاده در این طرح، از نوع بادی (موزع بشقاب خلاء) بود. برای اجرای این طرح، یک بشقاب ۸ سوراخه با سوراخهایی بقطر ۵/۵ میلیمتر تهیه گردید. مکش یا خلاء مورد نیاز برای کار موزع، از طریق یک پروانه که با محور توانده‌ی تراکتور کار می‌کرد، تامین گردید.

بشقابهای پوشاننده: پوشانندهای که برای کارنده موردنظر ساخته شد، شامل دو بشقاب به ضخامت ۵ میلیمتر و قطر ۳٤۰ ملیمتر و لبه‌های صاف و تیز شده از دوطرف، بود. بشقابها با زاویه ۲۵ درجه

نسبت بهم، روی قطعه L شکلی نصب شدند(شکل ۲). قطعهL شکل بصورت کشویی ساخته شد تا عمق نفوذ بشقابها را بتوان تنظیم نمود.چرخ فشار دهنده: بمنظور فشرده کردن خاک روی بذرها و تا حدودی حمل انتهای دستگاه و خنثی نمودن ارتعاشات طولی آن از چرخ فشاردهنده لاستیکی بقطر ۳۸۰ میلیمتر که ارتفاع آن نسبت به شاسی دستگاه قابل تنظیم بود استفاده گردید(شکل۱).

سیستم انتقال توان: جهت بگردش درآوردن موزع، از چرخ و زنجیر با نسبت یک به یک، که از محور چرخ حفره‌ساز نیرو می‌گرفت استفاده شد.

شکل۲- بشقاب‌های پوشاننده (سمت راست)،پانچ طراحی شده جهت نصب بر محیط چرخ حفره‌ساز(شکل وسط)، نمایی از چرخ حفره‌ساز (سمت چپ).

شکل (۳). تصویری از کارنده سمبه‌ای ساخته شده در حالت توقف.

طرز کار کارنده حفره‌ساز

طرز کار این دستگاه بدین صورت است که ابتدا واحد حفره‌ساز (چرخ حفره‌ساز) به وسیله هشت عدد پانچ مخروطی مستقر بر روی چرخی به قطر ۵۰ سانتی‌متر، حفره‌هایی به فاصله ۲۵ سانتی‌متر و عمق ٦ سانتی‌متر در زمین ایجاد می‌کند. سپس موزع بادی با بشقاب خلاء که مکش (خلاء) آن از طریق یک پروانه مکنده تامین می‌گردد، بذرها را از مخزن جدا می‌کند. بشقاب موزع حرکت خود را بکمک مکانیزم چرخ زنجیری از چرخ حفره‌ساز می‌گیرد. از آنجائیکه تعداد پانچهای روی چرخ حفره‌ساز ۸ عدد است، روی بشقاب موزع نیز هشت عدد سوراخ ایجاد شده است. بنابراین نسبت دنده‌ای بکار رفته، یک به یک است. موزع طوری روی شاسی سوار شده است که موقعیت آن می‌تواند در سه جهت X و Y و Z نسبت به چرخ حفره‌ساز و یا حفره‌های ایجاد شده تغییر نماید. بعد از قرار گیری بذرها در انتهای حفره، پوشاننده دو بشقابی روی حفره‌ها و بذور را بخوبی می‌پوشاند و پس از آن به منظور فشرده کردن خاک روی بذرها، چرخ فشار دهنده لاستیکی از روی نوار کشت عبور کرده و خاک روی بذرها را تا حد مطلوب فشرده می‌نماید. دستگاه بصورت سوار شونده ساخته شده و به اتصال سه نقطه تراکتور متصل می‌گردد. پروانه مکنده، نیروی گردشی خود را از طریق یک کاردان، از محور تواندهی تراکتور با دور ٥٤٠ دور در دقیقه، می‌گیرد(شکل ۳).

نحوه ارزیابی در آزمایشگاه

جهت ارزیابی دستگاه در آزمایشگاه از طرح کاملا تصادفی با هشت تکرار استفاده گردید. در این آزمایش، از ٦ سطح سرعت استفاده شد. بمنظور بررسی عملکرد کارنده در آزمایشگاه از دستگاه گریس بلت ٣٦ سرعته استفاده گردید. سرعت خطی تسمه بیانگر سرعت پیشروی تراکتور در مزرعه می‌باشد. بنابراین با قراردادن دنده‌های گیربکس گریس بلت در شش موقعیت مختلف، شش سرعت مورد نظر(۲/۸، ۳/۷، ٤/٦، ٥/٥، ٦/٤ و ۷/۳ کیلومتر در ساعت) بدست آمد که سرعت‌های انتخاب شده، نزدیک‌ترین سرعت به سرعت‌های پیشروی واقعی تراکتور در مزرعه بودند. برای انجام ارزیابی آزمایشگاهی نیازی به وجود چرخ حفره‌ساز، بشقابهای پوشاننده و چرخ فشاردهنده نبود، لذا فقط موزع و مخزن روی گریس بلت سوار شدند. برای تامین مکش یا خلا لازم برای موزع، کارنده مورد نظر به اتصال سه نقطه تراکتور متصل گردید و پروانه آن از طریق محور تواندهی تراکتور بگردش درآمد. برای انتقال خلاء ایجاد شده به موزع، تا حد امکان تراکتور به نزدیک دستگاه گریس بلت هدایت شد. خلا ایجاد شده در پروانه از طریق یک شلنگ طویل‌تر به موزع انتقال داده شد. برای جلوگیری از پراکندگی بذرها در هنگام سقوط روی تسمه، سطح تسمه به گریس آغشته شد. حدود ٦ متر از طول ۱۳/۸ متری تسمه، بین دو پولی واقع می‌شد که برای سقوط بذر بر روی آن مورد استفاده قرار گرفت. برای شروع عمل ریزش بذر، ابتدا سطح گریس‌بلت کاملاً صاف می‌گردید. سپس بکمک گاز دستی، دور موتور تراکتور در حد مطلوب تنظیم می‌شد و اهرم محور تواندهی که در موقعیت موتورگرد قرار داده شده بود، درگیر می‌شد تا مکش مورد نیاز موزع توسط پروانه کارنده تامین گردد. دنده گیربکس گریس بلت در

موقعیت مورد نظر قرار داده می‌شد و با درگیر کردن کلاچ گیربکس تسمه حرکت می‌کرد. موزع که نیروی خود را از طریق چرخ و زنجیر از غلتک تسمه می‌گرفت شروع به‌چرخش کرده و بذرها را روی تسمه آغشته به گریس می‌انداخت. پس از اینکه قسمت گریس خورده تسمه از زیر موزع عبور می‌کرد، با خلاص کردن اهرم کلاچ گیربکس، تسمه متوقف می‌شد. پس از قرارگیری بذرها روی گریس بلت، ۳ متر از طول تسمه گریس خورده بطور تصادفی انتخاب شد(شکل ٤).

مهمترین متغییر اندازه‌گیری شده، فاصله هر بذر تا نزدیکترین بذر مجاور آن برای محاسبه شاخص‌های موردنظر بود. در تحقیق حاضر علاوه بر اندازه‌گیری این شاخص‌ها، لازم بود تا موقعیت بذرها را نسبت به مرکز دایره‌هایی که دارای شعاع مشخصی هستند نیز تعیین نمود. برای این منظور، لازم بود تا روی تسمه گریس خورده، مساحتی به اندازه سطح مقطع پانچ‌ها، به همان شکل و با فاصله مرکز به مرکز ۲۵ سانتی‌متر از هم مشخص شود. با توجه به اینکه شعاع پانچ‌ها ۵ سانتی‌متر است، با استفاده از یک پرگار، دوایری به مرکز نقاط مشخص شده و به شعاع ۵ سانتی‌متر روی تسمه گریس خورده مشخص شد. هر بذری که در داخل محدوده مشخص شده قرار داشت، در مزرعه نیز در داخل حفره ایجاد شده توسط پانچ‌ها قرار می‌گیرد، بعلاوه بذوری که در داخل این محدوده واقع بوده ولی دقیقاً در مرکز آن نبودند، در مزرعه بخاطر شیب ٤٥ درجه‌ای که حفره‌ها دارند، غلت خورده و در انتهای حفره قرار می‌گیرند. بطورکلی در ارزیابی دستگاه در آزمایشگاه، اثر سرعت پیشروی بر شاخص چندکاشتی[۱]، شاخص نکاشت[۲]، شاخص کیفیت تغذیه[۳]، دقت[٤] و میزان قرارگیری بذرها در دایره‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

[۱] Multiples Index
[۲] Miss Index
[۳] Quality of Feed Index
[٤] Precision

شکل (٤). نمایی از آزمایش دستگاه روی گریس‌بلت.

نحوه ارزیابی در مزرعه

برای انجام تحقیق مزرعه‌ای از آزمایشات فاکتوریل ۵×۳ در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی، شامل ۱۵ تیمار (بصورت ترکیبهایی از سطوح مختلف ۳ شرایط زمین و ۵ سرعت پیشروی) و ۵ تکرار(در مجموع ۷۵ کرت) استفاده گردید. بمنظور مقایسه بین میانگینها از آزمون دانکن استفاده گردید.

آزمایشهای مزرعه‌ای در سه قطعه از زمینهای واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در ۱۵ کیلومتری شمال غربی شیراز در منطقه باجگاه اجرا گردید. بافت خاک هر سه قطعه تقریبا یکسان بوده و شنی و رسی سنگریزه‌دار(٤٠٪ شن، ۲۹٪ سیلت درشت، ۷٪ سیلت ریز و ٢٤٪ رس) بود (۱). شرایط سه قطعه مورد استفاده عبارت بودند از:

۱- زمین شخم خورده و دیسک خورده ۲- زمین خاک‌ورزی نشده (بایر) ۳- زمین با بقایای گیاهی (دارای کاه و کلش به میزان ۱/٤٥ تن در هکتار).

در این تحقیق طول هر کرت ۱۰ متر و بذر مورد استفاده،بذرذرت رقم ۷۰٤ بود. از آنجایی که این دستگاه با محور تواندهی کار می‌کند می‌بایست دور موتور ثابت نگهداشته می‌شد، لذا در پنج دنده مختلف تراکتور مسی‌فرگوسن ۲۸۵، سرعتهای ۱/۷، ۲/۸، ٤، ۵/۵ و ۷ کیلومتر در ساعت بدست آمد و آزمایشها در این پنج سرعت صورت گرفت.

تعریف شاخص‌های مورد اندازه‌گیری

در زیر تعدادی از پارامترهایی که بر مبنای فاصله تئوری(X_{ref}) هستند، تعریف می‌شود. بطورکلی فاصله تئوری مبنای بدست آوردن شاخص چندکاشتی، شاخص نکاشت، شاخص کیفیت تغذیه و دقت را شکل می‌دهد و برای تقسیم

فواصل مشاهده شده به چند ناحیه استفاده می‌شود است. فاصله تئوری مـوردنظر در ایـن تحقیـق ۲۵ سانتیمتر بود. نواحی عبارتند از:

[۰/۵X_{ref} تا ۰]، [۱/۵X_{ref} تـا ۰/۵) ،[۲/۵X_{ref} تـا ۱/۵) ، [۳/۵X_{ref} تـا ۲/۵) و (∞ تـا ۳/۵) کـه بترتیب نواحی اول تا پنجم نامگـذاری مـی‌شـوند. جایی که [a,b) مورد نظر است، a نقطه انتهایی را شامل نشده ولی b را شامل می‌شود.

شاخص چندکاشتی: شـاخص چندکاشـتی(D)، درصد فواصل کمتر یا مسـاوی بـا نصـف فاصـله تئوری است که n_1 تعداد فواصل در اولـین ناحیـه است.

$$D = \frac{n_1}{N} \times 100$$

شاخص نکاشت: شاخص نکاشت(M) عبارت است از درصد فواصل بزرگتراز ۱/۵ برابر فاصله تئوری که در آن nj ، فواصل در ناحیه j و N تعداد کل فواصل است.

$$M = \frac{n_3 + n_4 + n_5}{N} \times 100$$

شاخص کیفیت تغذیه: شاخص کیفیت تغذیه(A) برابر است با درصدی از فواصل که بیشتر از نصف و کمتراز ۱/۵ برابر فاصله تئوری است.

$$A = \frac{n_2}{N} \times 100$$

دقت: دقت(C) عبارتست از ضریب تغییر فواصلی که بصورت انفرادی طبقه بندی شده‌اند و از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

$$C = \frac{S_2}{X_{ref}}$$

که در آن S_2 انحراف معیار نمونه‌ای است کـه n_2 مشاهده در ناحیهٔ ۲ دارد(۱۰).

نتایج و بحث

ارزیابی آزمایشگاهی دستگاه

جدول ۱ تجزیه واریانس مربوط به تاثیر سرعت پیشروی بر پارامترهـ

جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به تاثیر سرعت پیش‌روی بر پارامترهای مورد بررسی در آزمایشگاه.

شاخص	میانگین مربعات
شاخص چندکاشتی	۳/۷۹^{ns}
شاخص کیفیت‌تغذیه	۷٤/۹۲^{ns}
دقت	۰/۰۱۱**
شاخص نکاشت	٤۷/۲٤^{ns}
بذرهای داخل محدوده	۰/۰۱۲*

*و**. وجود اختلاف معنی‌دار به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns. عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۲- تاثیر سطوح مختلف سرعت بر شاخص‌های مورد بررسی در آزمایشگاه.

شاخص	سطوح مختلف سرعت(کیلومتر در ساعت)					
	۲/۸	۳/۷	٤/٦	٥/٥	٦/٤	۷/۳
شاخص چند کاشتی(٪)	۰/٥٥ a	۱/۰۳۷ a	۱/۰۳۷ a	۱/۰۳۷ a	۱/۱۳ a	۲/۱۷٥ a
شاخص کیفیت تغذیه (٪)	۹۷/٥۰ a	۹٦/۸۸ a	۹٤/٦۰ a	۹۳/۰۳ a	۹۲/٥۰ a	۹۱/٦۰ a
دقت (٪)	۷/۷۹ a	۱۳/۳ b	۱٤/٦ bc	۱٥ bc	۱٦/٦ bc	۱۹ c
شاخص نکاشت (٪)	۳/٥۰ a	۳/٥۷ a	٤/۳٥ a	٥/۹۲ a	٦/۲۷ a	٦/۸۷ a
بذرهای درون دایره (٪)	۹۷/۱ a	۹۳/۱ ab	۹۱/۱ ab	۹۱/۰ ab	۸۹/۲ ab	۸٥/۱ b

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ردیف، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ٥ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

شاخص چندکاشتی : بین مقادیر شاخص چندکاشتی در سطوح مختلف سرعت پیشروی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. محققین دیگر نیز در مورد تاثیر سرعت بر این شاخص (در آزمایشگاه) به نتایج مشابهی دست یافته بودند (۲، ۷ و ۱۷).

شاخص کیفیت تغذیه: در مورد شاخص کیفیت تغذیه بین میانگین‌های بدست آمده در سرعت‌های مختلف پیشروی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. این نتیجه با نتیجه‌ای که سایر پژوهشگران گزارش کرده‌اند، همخوانی دارد (۱٤ و ۱۷).

دقت: در مورد پارامتر دقت، تغییر سرعت اثر معنی‌داری بر روی این پارامتر داشته و با افزایش سرعت، دقت نیز افزایش پیدا کرد. چنانچه دقت را نسبت انحراف معیار نمونه‌هایی که در فاصله ۱۲/٥ الی ۳۷/٥ سانتی‌متر قرار گرفته‌اند به فاصله تئوری (۲٥ سانتی‌متر) بدانیم، با افزایش سرعت، پراکندگی بذرها در این محدوده افزایش یافته و در نتیجه انحراف معیار افزایش می‌یابد. با ثابت بودن فاصله تئوری و افزایش انحراف معیار، پارامتر دقت افزایش یافته است. بدیهی است هر چه مقدار این پارامتر کمتر باشد، مطلوب‌تر است. نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر با نتایجی که محققین دیگر در آزمایشگاه بدست آوردند، کاملا هماهنگ است (۱٤ و ۱۷).

شاخص نکاشت: سرعت اثر معنی‌داری روی شاخص نکاشت نشان نداد. این در حالیستکه سایر پژوهشگران نیز در مورد ارزیابی کارنده‌های خود در آزمایشگاه به این نتیجه رسیده بودند (۲، ۷ و ۱۷).

میزان قرارگیری بذرها در درون دایره‌ها: سرعت پیشروی اثر معنی‌داری بر میزان قرارگیری بذرها در درون دایره‌ها (محدوده‌های ایجاد شده) داشت و با افزایش سرعت پیشروی درصد قرارگیری بذرها در درون محدوده‌ها، کاهش پیدا کرد. دلیل این امر آنست که با افزایش سرعت پیشروی، بشقاب موزع نیز با سرعت بیشتری گردش می‌کند و بذرها که با حالتهای مختلفی به سوراخهای

بشقاب چسبیده‌اند (مثلا بعضی از بذرها با نوک، بعضی با انتها و بعضی با پهلو به سوراخها گیر کرده‌اند) وقتی به جداکننده بذر که در زیر موزع قرار دارد برخورد می‌کنند، دارای موقعیتهای مختلفی هستند که باعث می‌شود که بذرها در جهات مختلف و به فواصل مختلف پرتاب گردند. بدیهی است با بالا رفتن سرعت، این امر تشدید یافته و باعث می‌شود که بذرها گاهی اوقات در بیرون محدوده قرار گیرند. چنجوآ و همکاران (٤) هم در مورد شاخص نکاشت به این نتیجه رسیده و دلیل مشابهی را ارایه نموده بودند. مولین و همکاران (١٧) و همچنین مولین و آگوستینی (١٦) که به نتایج مشابهی دست یافته بودند، دلیل این امر را افزایش لرزشهای ایجاد شده در چرخ حفره‌ساز و مکانیسم موزع در اثر افزایش سرعت، گزارش نمودند.

با بررسی جدول ٢، می‌توان دریافت که در سرعتهای ٣/٥ و ٥/٤ کیلومتر در ساعت اختلاف بسیار ناچیزی بین البته با مراجعه به جدول ٢ مشاهده می‌شود که در سرعت‌های پایین‌تر مقادیر پارمترها مطلوب‌تر است ولی از آنجاییکه در کارنده‌ها همیشه سرعت کشت بالا مدنظر است، لذا می‌توان اظهار نمود مناسب‌ترین سرعت پیشروی در شرایط آزمایشگاه، سرعت ٦/٤ کیلومتر در ساعت است. این سرعت کشت نسبت به سرعتی که کارنده‌های مشابه (٢ و ٧) داشتند، بطور چشمگیری بالاتر است (ضمن اینکه پیچیدگی‌ها و مشکلات ساختاری که کارنده‌های مشابه (٣ و ١٧) داشتند، بکلی رفع شده است).

ارزیابی مزرعه‌ای دستگاه

شاخص چند کاشتی: تجزیه واریانس نشان داد که با احتمال ٩٩٪ اثر شرایط زمین، سرعت پیشروی و اثر متقابل این دو بر شاخص چند کاشتی معنی‌دار است. در جدول ٣ مشاهده می‌گردد که در حالتی که با بالاترین سرعت (٧ کیلومتر در ساعت) کشت شده است، بیشترین میزان چندکاشتی را داشته‌ایم و همچنین در جدول ٤ مشاهده می‌گردد، در حالتی که در زمین بایر کشت شده، باز هم بیشترین میزان چندکاشتی حاصل شده است. دلیل این امر آن است که در زمین بایر، بدلیل سفت بودن زمین، دستگاه دچار لرزش می‌شد (خصوصا در بالاترین سرعت) و بعضی از بذرهای روی بشقاب خلا قبل از اینکه به پایین‌ترین نقطه که فاقد خلاء است برسند، سقوط کرده و در کنار بذرهای ماقبل خود می‌افتادند و این امر موجب بالارفتن تعداد چند کاشتی می‌شد. در حالی که در آزمایشگاه، چنین لرزشهایی در دستگاه مشاهده نمی‌شد. در سرعت پیشروی روی شاخص چندکاشتی تاثیر معنی‌دار داشته است(٧ و ١٧). شاخص کیفیت تغذیه : نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که سرعت پیشروی در مزرعه با احتمال ٩٩٪ اثر معنی‌داری بر شاخص کیفیت تغذیه دارد ولی اثر شرایط زمین و اثر متقابل دو فاکتور با احتمال ٩٥٪ تاثیر معنی‌داری روی این شاخص ندارند. این نتیجه با نتایج بدست آمده در تحقیقات دیگر همخوانی دارد (١٧) که البته مولین و آگوستینی (١٦) در آزمایشات خود تاثیر سرعت پیشروی بر روی این شاخص را بی‌معنی اعلام کردند، که می‌توان دلیل آنرا پایین بودن سطوح مختلف سرعت پیشروی (حداکثر ٠/٧ متر بر ثانیه) در آزمایشات آنان دانست.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر سرعت پیشروی بر شاخص‌های مورد بررسی در مزرعه

شاخص	سطوح مختلف سرعت پیشروی(کیلومتر در ساعت)				
	۱/۷	۲/۸	٤	۵/۵	۷
شاخص چند کاشتی(٪)	۰/۰۰ c	۰/۰۰ c	۱/٦۰ b	۲/٦۸ b	۱۰/۵۰ a
شاخص کیفیت تغذیه (٪)	۹٦/۷۸ a	۹۷/۳۲ a	۹٤/۲۷ ab	۹۱/۸۸ b	٦٤/۵۲ c
دقت (٪)	۵/۸۰ c	٦/٦۰ bc	۷/۲۷ bc	۸/۷۳ b	۱٤/۷۳ a
شاخص نکاشت (٪)	۲/۲۳ b	۲/٦۷ b	٤/۱٦ b	٦/۰۳ b	۲٤/۹۷ a
بذرهای درون حفره (٪)	۹٦/٦۸ a	۹۵/۱٤ a	۹۳/۳٤ ab	۹۱/٦۰b	۸۰/۸۸ c
میانگین عمق کاشت(میلیمتر)	۵٦/۸۰ a	۵٦/٦٦ a	۵٦/۱۳ ab	۵۵/۵۳ b	۵۰/۹۳ c

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ردیف، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر شرایط زمین بر شاخص‌های مورد بررسی در مزرعه.

شاخص	شرایط زمین		
	شخم و دیسک خورده	دارای بقایای گیاهی	آیش بمدت طولانی(بایر)
شاخص چند کاشتی(٪)	۲/۱۹ b	۲/۸٦ ab	۳/۸۲ a
شاخص کیفیت تغذیه (٪)	۹۰/۰۸ a	۸۸/٦۹ a	۸۹/٦۵ a
دقت (٪)	۷/۵٦ b	۹/۱٦ a	۹/۱٦ a
شاخص نکاشت (٪)	۸/۵۷ a	۸/٤٤ a	۷/٦۸ a
بذرهای درون حفره (٪)	۹۲/۲۰ a	۹۱/۵۷ a	۹۰/۸۱ a
میانگین عمق کاشت(میلیمتر)	۵۵/۳٦ a	۵۵/۲۰ a	۵۵/۰۸ a

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ردیف، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

دقت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سرعت پیشروی با احتمال ۹۹٪ تاثیر معنی‌داری روی شاخص دقت گذاشته است که در بررسی دستگاه در آزمایشگاه نیز همین نتیجه حاصل شد. همچنین شرایط زمین با احتمال ۹۵٪ روی این شاخص تاثیر معنی‌دار داشته است. اما اثر متقابل دو فاکتور تاثیر معنی‌داری بر شاخص مذکور ندارد. با توجه به جدول ۳ مشخص می‌شود که

کمترین میزان شاخص دقت در سرعت پیشروی ۱/۷ کیلومتر در ساعت بدست آمده است و بیشترین میزان این شاخص در سرعت ۷ کیلومتر در ساعت حاصل شده است. بدیهی است هر چه میزان شاخص دقت کمتر باشد بهتر است و این یعنی اینکه انحراف فواصل از متوسط فاصله بذرها در ناحیه دوم کاهش یافته است. نتیجه بدست آمده با نتایجی که محققین دیگر در آزمایشگاه بدست آوردند، کاملا هماهنگ است(۱۶ و ۱۷).

شاخص نکاشت: نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که سرعت پیشروی با احتمال ۹۹٪ تاثیر معنی‌داری روی شاخص نکاشت داشته است. شرایط زمین و اثر متقابل دو فاکتور با احتمال ۹۵٪ تاثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشته است. با بررسی میانگینهای مربوط به سرعتهای مختلف مشاهده می‌شود که در چهار سرعت اول بین میانگین‌های بدست آمده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود ندارد ولی در بالاترین سرعت یکباره شاخص نکاشت افزایش پیدا می‌کند و اختلاف آن با چهار سرعت اول با احتمال ۹۵٪ در سطح معنی‌دار است. در ارزیابی دستگاه در آزمایشگاه، سرعت پیشروی تاثیر معنی‌داری روی شاخص نکاشت، نداشت که دلیل این امر را نیز می‌توان لرزشها و پرشهایی دانست که در سطح مزرعه در دستگاه ایجاد می‌شود و باعث می‌شود که گاهی بذرها در فواصل بین حفره‌ها، روی خاک بیفتند (۲ و ۱۷).

میزان قرارگیری بذرها در درون حفره: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سرعت پیشروی و اثر متقابل با احتمال ۹۹٪ تاثیر معنی‌داری بر میزان قرارگیری بذرها در درون حفره‌ها دارد اما شرایط زمین با احتمال ۹۵٪ اثر معنی‌داری بر درصد قرارگیری بذرها در درون حفره‌ها نداشت. با بررسی جدول ۳ مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت پیشروی، میزان قرارگیری بذرها در درون حفره‌ها کاهش یافته است که دلیل این امر در قسمت بررسی آزمایشگاهی توضیح داده شد(۱۶ و ۱۷).

میانگین عمق کاشت: نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثر مستقیم سرعت پیشروی بر میانگین عمق کاشت با احتمال ۹۹٪ معنی‌دار است. دلیل این امر آنست که در سرعتهای بالاتر، عمق حفره‌های ایجاد شده کاهش می‌یافت و همچنین بعضی از بذرها در درون حفره‌ها نیافتاده‌اند و این باعث شده که میانگین عمق قرارگیری بذرها و یا عمق کاشت، کمتر شود(۵ و ۱۳). اثر مستقیم شرایط زمین و اثر متقابل دو فاکتور، معنی‌دار نشد.

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمونهای مختلف ارزیابی آزمایشگاهی و مزرعه‌ای بطور خلاصه می‌توان گفت که افزایش سرعت پیشروی باعث افزایش شاخص چندکاشتی، کاهش شاخص کیفیت تغذیه، افزایش شاخص دقت، افزایش شاخص نکاشت، کاهش میزان قرارگیری بذرها در درون حفره‌ها و تا حدودی کاهش میانگین عمق کاشت گردید. اثر متقابل سرعت پیشروی و شرایط زمین نیز تنها روی شاخص چندکاشتی و میزان قرارگیری بذرها در حفره‌ها تاثیر معنی‌دار داشت.

با بررسی جداول، در مورد سرعت پیشروی، نتیجه گرفته می‌شود که در سرعتهای ۱/۷، ۲/۸، ٤ و ۵/۵ کیلومتر در ساعت اختلاف بسیار ناچیزی بین مقادیر پارامترها وجود دارد و اغلب این اختلافات معنی‌دار نبوده است، ولی بین سرعت

۵/۵ کیلومتر در ساعت و ۷ کیلومتر در ساعت، اختلاف زیاد بوده و اغلب معنی‌دار است. همچنین در سرعت ۵/۵ کیلومتر در ساعت، مقادیر بدست آمده برای پارامترها خوب و قابل قبول است. لذا می‌توان اظهار نمود که کارنده می‌تواند با سرعت ۵/۵ کیلومتر در ساعت در هر سه شرایط زمین مورد آزمایش بخوبی کشت نموده و عملکرد بالایی داشته باشد. در نهایت با مقایسه نتایج بدست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای در مورد سرعت پیشروی، از بین سرعتهای ٦/٤ و ۵/۵ کیلومتر در ساعت، سرعت ۵/۵ کیلومتر در ساعت که در شرایط مزرعه‌ای بدست آمده توصیه می‌گردد.

منابع

۱. ابطحی، ع. ، ن. کریمیان و م. صلحی. ۱۳۷۰ . گزارش مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی اراضی باجگاه – استان فارس. انتشارات شیراز.

2. Adekoya, L. O. and W. F. Buchele. 1987. A precision punch planter for use in tilled soil. J. Agric. Eng. Res 37 : 171-178.
3. Brown, F. R., S. J. Miles and J. Bulter. 1994. Design and development of a high-speed dibber drill for improved crop establishment. J. Agric. Engng Res. 58,261-270.
4. Chenghua, L., Chenglin, M., Y. Haiye, and KH. Kromer. 1999. Computer simulation on effect of punch planter parameters and spade shape on seed placement. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery. 30(3): 35- 38
5. Debicki, I. W., and L. N. Shaw. 1996. Spade-punch planter for precision planting. Trans. ASAE. 39(4): 1259-1267.
6. Eikel, G. and O. Siebertz. 1990. Technology for point bedding of maize seed with organic mulch. Landtechnik. 45(9): 341- 344.
7. Hezroni, A., Y. Alper, A. Antler and I. Wolf. 1986. Seeding directly through plastic mulch. Acta Horticulturae 187. In Mechanization of Vegetable Production, 93-98.
8. Jafari, J. and K. J. Fornstrom. 1972. A precision punch planter for sugar beets. Trans. ASAE.15(3): 569-571.
9. Jasa, P.J., and E.C. Dickey. 1982 .Tillage factors affecting corn seed spacing. Trans. ASAE 25(6):1516-1519.
10. Kachman, S. D., and J. A. Smith. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planting single seed metering. Trans. ASAE. 38(2): 379-387.
11. Kepner, R. A., R. Bainer and E. L. Barger. 1978. Principles of Farm Machinery. 3th(ed.) Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connectiticut,USA. 527p.

12. Kromer, K. H. 1986. A Bucket planter for seeding through mulch. Acta Horticulture-Mechanization of Vegetable Production, 187: 159.
13. Miles, S. J., and J. N. Reed. 1999. Dibber drill for Precise placement of seed and granular pesticide. J. Agric. Engng. Res 74:127 -133.
14. Molin, J. P. , L. L. Bashford, R. D. Grisso and A. J. Jones. 1998. Population rate changs and other evaluation parameters for a punch planter prototype. Trans. ASAE. 41(5): 1265- 1270.
15. Molin, J. P., and L. L. Bashford. 1996. Penetration forces at different soil conditions for punches used on punch planters. Trans. ASAE. 39(2): 423- 429.
16. Molin, J. P., and V. D'Agostini. 1996. Development of a rolling punch planter for stony soil conditions. AMA. 27(3): 17-19.
17. Molin, J. P., L. L. Bashford, K. Von Bargen, and L. I. Levitcus. 1998. Design and evaluation of a punch planter for no- till systems. Trans. ASAE. 41(2): 307-314.
18. Scheidtweiler, T. W. 2000. A New approach to appropriate tillage and planting techniques for sustainable agriculture in developing countries. Department of Agricultural Engineering University of Bonn, Germany, Dr. Thomas W. Scheeiler.
19. Sirvastava, A. K., M. E. Anibal. 1981. A punch planter for conservation tillage. Paper No. 81-1020, Summer meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Orlando, Florida, USA.

Design, Development and Evaluation of a Pneumatic Punch Planter

SUMMARY

In the present research a dibble punch planter with pneumatic seed metering device and double disk covering device was designed and fabricated. These planters punch holes at equal distances and depths in soil and then place a single seed in each hole and cover it. These planters not only provide precision depth and space between plants, but also eliminate thinning costs and reduce amount of seed needed per hectare and can plant through residue covers, slopes and in gravelly soils.

The laboratory and field tests were conducted to find the effects of forward speed and soil surface conditions on: multiple index, quality of feed index, miss index, precision, percent of holes with seed in them and planting depth means. The laboratory test was conducted in a completely randomized design with six levels of speed in eight replications.

The field test was conducted in a 3×5 factorial completely randomized block design with five forward speed levels (1.7, 2.8, 4, 5.5 and 7 km/h) and three soil surface conditions: (tilled, wheat residue covered and notill) with five replications in a gravelly loam soil. According to the results of these experiments the increase of forward speeds resulted in increasing of multiple index, decreasing of quality of feed index, increase of precision, increase of miss index and decreasing the percent of holes with seed in them and somewhat reducing the planting depth means. The experiments indicated that soil surface conditions was not any effect on all parameters and this planter can plant in three soil surface conditions well. Furthermore 5.5 km/h speed was recummended as the best forward speed at the three soil surface conditions.

Keywords: precision planter, punch, pneumatic, covering device.