

بهبود سازی ردیف کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی و مقایسه عملکرد آن با کارنده مکانیکی

* محمدهاشم رحمتی^۱ و علی حاجی‌احمد^۲

^۱ استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۸۵/۴/۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۳۱

چکیده

در این تحقیق ضمن رفع معایب دستگاه ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی، عملکرد آن با کارنده مکانیکی رایج در منطقه کرج در قالب آزمون t در یک مزرعه آزمایشی مقایسه گردید. دقت در کاشت، درصد سبز شدن بذر، دقت در تأمین فاصله مناسب بین بذرهای بر روی ردیف کشت، درصد شکستگی بذر، میزان پراکندگی جانبی بذر از خط کاشت، میزان انحراف از عمق کاشت مورد نظر و میزان مصرف بذر در واحد سطح، عواملی بودند که برای ارزیابی این ردیف‌کار مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین درصد سبز شدن بذر، درصد شکستگی بذر، میزان انحراف از عمق کاشت مورد نظر و میزان مصرف بذر در واحد سطح عواملی بودند که در مورد کارنده مکانیکی اندازه‌گیری شدند تا امکان مقایسه بین عملکرد این دو دستگاه فراهم شود. نتایج به دست آمده نشان داد که اصلاحات انجام شده روی ردیف‌کار نیوماتیک به طور معنی‌داری سبب بهبود کارایی آن شده است. با مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد ردیف‌کار نیوماتیک و کارنده مکانیکی می‌توان دریافت که استفاده از ردیف‌کار نیوماتیک به جای کارنده مکانیکی رایج علاوه بر افزایش دقت در کشت موجب صرفه‌جویی معنی‌داری در مصرف بذر می‌گردد و با توجه به قیمت بسیار بالای بذر گوجه‌فرنگی استفاده از کارنده مکانیکی را غیر اقتصادی می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: کاشت گوجه‌فرنگی، ردیف‌کار نیوماتیک، آزمون و ارزیابی، بذرکاری.

مقدمه

زدن بذرهای بوته‌ها تنک شوند. در ضمن موزع کارنده‌های مکانیکی به بذرهای صدمه‌زده و موجب شکستگی تعدادی از آنها می‌گردد. در نتیجه استفاده از این کارنده‌ها در سطوح وسیع افزایش چشمگیر هزینه‌های کاشت و داشت را در پی دارد. محققان بسیاری در راستای طراحی و ساخت ردیف‌کارهایی که بتواند بذر را با دقت و بدون شکستگی به صورت منظم در نقاط مورد نظر روی ردیف بکاربرد فعالیت نموده‌اند. ردیف‌کارها به جای ریزش پیوسته بذر در ردیف کاشت قابلیت کاشت یک یا چند بذر را در نقاطی از ردیف کاشت با فاصله معین دارند.

در حال حاضر واحدهای کشت و صنعت متعددی در سطح کشور در زمینه تولید رب گوجه‌فرنگی فعالیت می‌نمایند و هر ساله مزارع وسیعی را به کشت مستقیم گوجه‌فرنگی اختصاص می‌دهند. در این واحدها کاشت گوجه‌فرنگی عمده‌تاً توسط خطی کارهای مکانیکی، که بذر را به طور پیوسته روی ردیف کشت می‌ریزند صورت می‌گیرد. بنابراین حتماً می‌بایست پس از جوانه

گریس در آزمایشگاه استفاده نمودند. آنان تسمه آغشته به گریس را زیر واحدهای کاشت کارنده قرار داده و فواصل بذره‌های چسبیده به تسمه را اندازه‌گیری نمودند. لان و همکاران (۱۹۹۹) با داشتن سرعت پیشروی کارنده و اندازه‌گیری فاصله زمانی بین سقوط دو بذر متوالی به‌وسیله یک حس‌گر نوری، فاصله بین بذرها را اندازه‌گیری کردند. افضل‌نیا (۱۹۹۵) دو نوع ردیف‌کار متداول در استان فارس (تکنوهاک و سنابل) را از نظر عوامل مختلفی مانند دقت در عمق کاشت، دقت در تأمین فاصله طولی مناسب بین بذرها، پراکندگی جانبی بذرها، درصد شکستگی بذرها و ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای از طریق آزمون t در یک مزرعه آزمایشی با یکدیگر مقایسه نمود. نتایج حاصل بر روی بذر ذرت نشان داد که ردیف‌کار سنابل از نظر درصد شکستگی بذر در مزرعه عملکرد بهتری داشته و در بقیه موارد مذکور، ردیف‌کار تکنوهاک موفق‌تر عمل کرده بود.

با توجه به تحقیقات یاد شده، طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاهی بومی با قابلیت کشت دقیق، به منظور افزایش کیفیت کاشت و در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوط به کشت گوجه‌فرنگی در کشور ضروری به‌نظر می‌رسید. در سال ۱۳۷۵ یک دستگاه ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی شامل دو واحد کارنده در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی گرگان طراحی و ساخته شد و در سال ۱۳۷۶ در فارس، ضمن آزمون و ارزیابی عملکرد دستگاه با ردیف‌کار مکانیکی متداول در استان فارس مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج این ارزیابی بیانگر عملکرد غیرقابل قبول آن و وجود معایب و اشکالاتی در طراحی و ساخت این دستگاه بود (رحمتی و افضل‌نیا، ۱۹۹۸). در تحقیق حاضر علاوه بر اعمال اصلاحاتی که در گزارش فوق برای بهینه‌سازی ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی پیشنهاد شده است، تغییرات جزئی دیگری نیز داده شده و دستگاه مجدداً مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفته است.

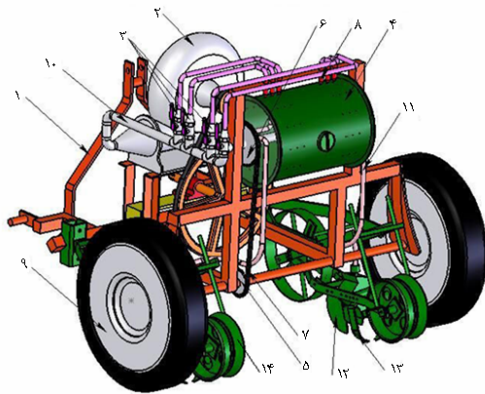
طبق اظهارات سندرس (۱۹۹۷) این نوع کاشت علاوه بر کاهش هزینه بذر، موجب یکنواختی بیشتر گیاهان و یکنواختی در زمان آماده شدن محصول برای برداشت می‌گردد، زیرا بذرها با فواصل یکسان و عمق یکنواخت و شرایط مشابه در خاک کاشته می‌شوند که همین امر موجب افزایش کیفیت محصول، امکان برداشت همزمان محصول و در نتیجه کاهش هزینه برداشت خواهد شد. البته کسب مطلوب این نتایج منوط به تهیه بستر مناسب بذر قبل از کاشت و آبیاری یکنواخت و صحیح گیاهان و همچنین استفاده از بذره‌های اصلاح شده و یکنواخت با قابلیت جوانه‌زنی بالا می‌باشد. سینگ و همکاران (۲۰۰۵) اقدام به طراحی و ساخت کارنده‌ای نیوماتیک برای کشت بذر پنبه نمودند. این دستگاه مجهز به دو صفحه دایره‌ای با قطرهای متفاوت است که بر روی یکدیگر قرار گرفته و صفحه کوچک‌تر بر روی صفحه بزرگ‌تر به‌وسیله چرخ زمین گرد دوران می‌کند. سوراخ‌هایی بر روی صفحه کوچک‌تر در محیط یک دایره و در فواصل مساوی توزیع شده‌اند. بذرها به‌وسیله مکشی که توسط سیستم خلأ متصل به صفحه بزرگ‌تر ایجاد می‌شود به سوراخ‌های صفحه کوچک‌تر می‌چسبند و با دوران آن در موقعیت مناسب به‌وسیله تیغه‌ای که جریان خلأ را مسدود می‌کند به داخل لوله سقوط هدایت می‌شوند. تنظیم فاصله بذرها روی ردیف کاشت، به‌وسیله صفحه کوچک موزع با صفحه مشابه با تعداد سوراخ‌های متفاوت و یا تغییر سرعت دوران آن نسبت به سرعت پیشروی فراهم می‌گردد. مولین (۲۰۰۲) کارنده‌ای مکانیکی با قابلیت تنظیم فواصل کاشت بذره‌های ذرت طراحی نمود. طرح خاص چرخ زمین گرد این کارنده امکان تغییر قطر آن را با هدف تغییر فواصل کاشت بذر ایجاد می‌کرد. بدین ترتیب بدون تعویض صفحات موزع این کارنده و یا تغییر در سیستم رانش آن، فاصله بین بذرها بر روی ردیف کشت تنظیم می‌گردید. بمگبوی و موفوسالایو (۲۰۰۶) برای ارزیابی عملکرد یک بذرکار بامیه در یکنواختی توزیع بذر، برای حل مشکل اندازه‌گیری فواصل بذره‌های مدفون شده در خاک مزرعه، از یک تسمه آغشته به

مواد و روش‌ها

شرح دستگاه ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه فرنگی: بخشی از توان مورد نیاز ردیف‌کار بذر گوجه‌فرنگی از محور تواندهی تراکتور و بخش دیگر آن از چرخ‌های زمین‌گرد دستگاه تأمین می‌شود. از محور تواندهی تراکتور تنها برای تأمین توان مورد نیاز پمپ تولید باد استفاده می‌شود و چرخ‌های زمین‌گرد موجب حرکت سیستم انتقال حرکت (سیستم رانش) دستگاه و راه‌اندازی موزع می‌گردد. در شکل (۱-الف) تصویری از این ردیف‌کار نمایش داده شده و شکل (۱-ب) مدل تهیه شده از این ردیف‌کار در نرم‌افزار SolidWorks را نشان می‌دهد.

حرکت چرخشی چرخ زمین‌گرد توسط سیستم رانش به مخزن بذر که همان موزع ردیف‌کار می‌باشد انتقال می‌یابد. این مخزن به شکل استوانه افقی بوده و دارای دو دسته سوراخ‌هایی است که هر دسته متشکل از سه ردیف سوراخ‌های توزیع شده در دور تا دور بدنه مخزن با فواصل یکسان است. هر دسته از سوراخ‌ها بذرهای یکی

از دو واحد کارنده را تأمین می‌کند. فشار هوای داخل مخزن که توسط پمپ باد تولید می‌شود موجب چسبیدن بذرها به سوراخ‌های مخزن گشته و با دوران آن بذرها تا قرار گرفتن در راستای بذراندازهای بادی بالا می‌آیند. همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد بذراندازهای بادی نازل‌هایی هستند که روی هر یک از ردیف‌های سوراخ اطراف مخزن قرار گرفته و هوای تحت فشار را از پمپ باد تأمین و سبب سقوط بذرهای چسبیده به سوراخ‌ها به داخل قیف لوله می‌شوند. بذرهای جدا شده از طریق لوله‌های سقوط به پشت شیارباز کن هدایت می‌شوند. بدین ترتیب اگر تنها در یکی از بذراندازها جریان باد برقرار باشد، در هر نقطه کاشت یک بذر و در صورتی که دو بذرانداز بادی دارای جریان باد باشند در هر نقطه کاشت دو بذر و در صورتی که شیر هوای مربوط به هر سه بذرانداز بادی باز باشد در هر نقطه کاشت سه بذر قرار خواهد گرفت.



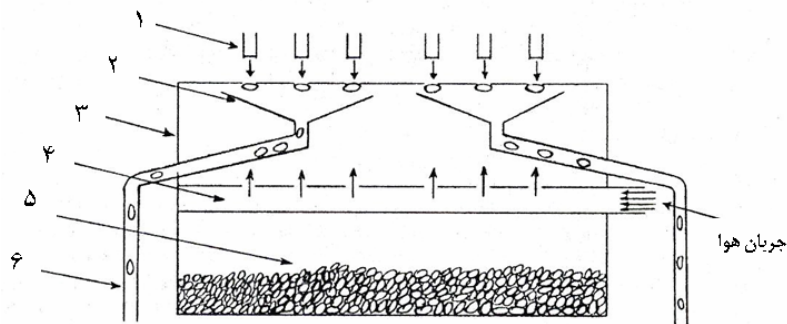
ب



الف

شکل ۱- الف) تصویر حقیقی ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی ب) مدل تهیه شده در نرم‌افزار SolidWorks.

- ۱- قاب ۲- پمپ تولید باد ۳- شیرهای هوا ۴- مخزن بذر ۵- چرخ زنجیر محرک واقع بر محور چرخ زمین‌گرد ۶- چرخ زنجیر متحرک واقع بر محور مخزن بذر ۷- زنجیر ۸- نازل بذر انداز ۹- چرخ زمین‌گرد ۱۰- لوله هوای داخل مخزن بذر ۱۱- لوله سقوط بذر ۱۲- شیاربازکن ۱۳- پوشاننده بذر ۱۴- چرخ فشاردهنده خاک.



شکل ۲- طرح‌واره موزع بادی گوجه‌فرنگی ۱- بذراندازهای بادی ۲- قیف لوله سقوط ۳- مخزن بذر
 ۴- لوله هوای داخل مخزن بذر ۵- بذرهاى گوجه‌فرنگی ۶- لوله سقوط.

ردیف‌کار موجب کاهش ظرفیت مزرعه‌ای آن می‌شود از آن صرف‌نظر کرده و در عوض، سیستم رانش ردیف‌کار اصلاح گردید به طوری که نسبت سرعت دورانی مخزن بذر به سرعت دورانی چرخ زمین‌گرد کاهش یافت و برای جلوگیری از افزایش فاصله بین نقاط کاشت بر روی ردیف، تعداد سوراخ‌ها بر روی هر ردیف سوراخ مخزن بذر از ۸ به ۱۶ افزایش داده شد.

فاصله توصیه شده بین بوته‌های گوجه‌فرنگی در کشت مستقیم ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. از آنجا که چرخ زمین‌گرد هنگام حرکت بر روی خاک مزرعه علاوه بر غلتش دچار لغزش نیز می‌شود، بهتر است این فاصله حدوداً بر روی ۱۵ سانتی‌متر (مرز پایین این محدوده) تنظیم شود. بنابر این با وجود لغزش، فاصله بین نقاط کاشت در این محدوده باقی می‌ماند. در صورتی که قبلاً بدون توجه به این مطلب (لغزش) این فاصله بر روی ۲۰ سانتی‌متر تنظیم شده بود که موجب دقت پایین دستگاه در تأمین فاصله مناسب بین نقاط کاشت (۳۲/۲ درصد) شده بود. بدین ترتیب با توجه به محیط چرخ زمین‌گرد (۱۷۲/۸ سانتی‌متر) و تعداد سوراخ بر روی هر ردیف سوراخ مخزن بذر (۱۶ عدد) تعداد دندانه‌های چرخ‌زن‌جیر روی محور چرخ زمین‌گرد از ۲۶ به ۱۸ و تعداد دندانه‌های چرخ‌زن‌جیر واقع بر روی محور مخزن بذر از ۲۴ به ۲۶ تغییر داده شد. بنابراین فاصله نظری بین نقاط کاشت بر روی ردیف ۱۵/۶ سانتی‌متر خواهد بود.

سرعت دوران مخزن بذر نسبت به چرخ زمین‌گرد با فاصله بین کپه‌ها روی ردیف کاشت رابطه عکس دارد، به طوری که هر چه سرعت دوران مخزن بذر نسبت به چرخ زمین‌گرد بیشتر باشد فاصله بین کپه‌ها کمتر خواهد بود.

اصلاح و رفع عیوب ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی: در ارزیابی ردیف‌کار گوجه‌فرنگی در استان فارس (رحمتی و افضل‌نیا، ۱۹۹۸) دقت دستگاه در سنجش بذر (تک‌دانه کاری، دودانه کاری و کپه کاری) بسیار پایین گزارش شده بود. یکی از دلایل آن کافی نبودن فشار باد داخل مخزن (موزع) بود که سبب می‌شد بذرها به خوبی به سوراخ‌های تعبیه شده بر روی مخزن نچسبند و با کمترین ضربه یا ارتعاش از سوراخ جدا شوند. لذا در این تحقیق ابتدا همگی درزها و شکاف‌هایی که سبب خروج هوا و افت فشار باد در واحد سنجش و توزیع بذر ردیف‌کار بودند کاملاً مسدود گردیدند.

یکی دیگر از عواملی که می‌توانست منجر به کاهش دقت ردیف‌کار در سنجش بذر گردد، بالا بودن سرعت دورانی مخزن بذر می‌باشد. بدیهی است با کاهش این سرعت، ضربات و ارتعاشات نیز کاهش یافته و اتصال بذرها به سوراخ‌های تعبیه شده روی مخزن مطمئن‌تر خواهد بود. اما کاهش سرعت دورانی مخزن بذر مستلزم پیشروی کندتر ردیف‌کار و یا اعمال تغییراتی در سیستم رانش ردیف‌کار می‌باشد. از آنجا که کاهش سرعت پیشروی

در گزارش آزمون و ارزیابی ردیف‌کار نیوماتیک اشاره شده بود که پوشاننده بکار رفته فاقد کارایی لازم می‌باشد و به همین دلیل درصد سبز شدن بذرها رضایت‌بخش نیست. در این تحقیق برای افزایش کارایی پوشاننده‌ها تغییراتی بر روی آن‌ها انجام شد. این تغییرات عبارتند از تعویض فنر تنظیم پوشاننده‌ها و افزایش فاصله بین پوشاننده‌ها و شیاربازکن‌ها، زیرا نزدیکی پوشاننده‌ها و شیاربازکن‌ها سبب می‌گردد که خاک و کلوخ بین این دو عضو جمع شود و همین مسأله سبب اختلال در کار پوشاننده‌ها می‌شد و به خوبی نمی‌توانستند روی بذرها کاشته شده را بپوشانند.

آزمون و ارزیابی آزمایشگاهی ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی: به‌منظور آزمون و ارزیابی ردیف‌کار نیوماتیک اصلاح شده و مطمئن شدن از رفع عیوب قبلی، این ردیف‌کار در سالن کارگاهی بخش تحقیقات مکانیک ماشین‌های کشاورزی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مورد ارزیابی‌های آزمایشگاهی قرار گرفت.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی دقت ردیف‌کار در تک‌دانه-کاری، دودانه‌کاری و کپه‌کاری: به‌منظور تعیین دقت ردیف‌کار در تک دانه کاری، دو دانه کاری و سه دانه کاری (کپه‌کاری) دو ردیف‌کار چسب به عرض ۲۰ سانتی‌متر در زیر دو واحد کارنده ردیف‌کار مطابق شکل ۳ قرار داده شد و برای انجام هر یک از این آزمون‌ها، ردیف‌کار توسط شیرهای هوا در وضعیت مربوطه تنظیم شده و پنج مرتبه مسافتی به طول ۳۰ متر را با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت (سرعت توصیه شده جهت کاشت

سبزیجات با ردیف‌کار) طی نمود (بریس و همکاران، ۱۹۸۱). هنگام انجام این آزمایش واحدهای کاشت از روی شاسی ردیف‌کار باز شده بودند و فقط لوله سقوط در هنگام حرکت، بذرها را روی نوار چسب می‌انداخت.

در صورتی‌که در وضعیت تک‌دانه‌کاری در محل کاشت بذری مشاهده نمی‌شد و یا بیش از یک بذر انداخته شده بود، آن نقطه به‌عنوان خطای دستگاه در نظر گرفته می‌شد. به همین ترتیب در وضعیت دودانه‌کاری و کپه‌کاری هم اگر در نقاط مورد نظر بذری مشاهده نمی‌شد و یا تعداد بذر انداخته شده با تعداد تنظیم شده توسط شیرهای هوا متفاوت بود آن نقطه به‌عنوان خطای دستگاه در طول مسیر ۳۰ متری محسوب می‌گردید.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی دقت ردیف‌کار در تأمین فاصله مناسب بین بذرها یا نقاط کاشت: اندازه‌گیری این فاکتور نیز در پنج تکرار و در وضعیتی صورت گرفت که دو ردیف‌کار چسب در زیر دو واحد کارنده ردیف‌کار قرار داده شده بود و واحدهای کاشت در هنگام اجرای این آزمون از روی شاسی ردیف‌کار باز شده بود. پس از اجرای هر آزمون فاصله بین نقاط کاشت روی ردیف‌ها اندازه‌گیری شد و سپس یکنواختی توزیع بذر حول میانگین فاصله به‌دست آمده از بذرکار و همچنین حول فاصله تنظیمی (۱۵/۶ سانتی‌متر) برای ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی به وسیله فرمول ۱ (سنپاتی و همکاران، ۱۹۸۸) محاسبه گردید:

$$Se = (1 - Y/D) \times 100 \quad (1)$$



شکل ۳- تصویر نوار چسب زیر ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی در وضعیت تک‌دانه‌کاری، دودانه‌کاری و کپه‌کاری.

در این فرمول Se ضریب یکنواختی توزیع بذر برحسب درصد، D میانگین فاصله‌های به‌دست آمده یا تنظیمی بین بذرها برحسب سانتی‌متر و Y میانگین قدر مطلق تفاضل داده از میانگین آنها یا میزان فاصله تنظیمی می‌باشد.

اندازه‌گیری درصد شکستگی بذر: برای اندازه‌گیری درصد شکستگی بذرها در ردیف‌کار نیوماتیک و بذرکار مکانیکی، ابتدا دستگاه را توسط اتصال سه نقطه تراکتور بلند نموده طوری که چرخ‌های زمین‌گرد از زمین فاصله گرفتند، سپس در حالی که چرخ‌های محرک چرخانده می‌شد بذرهایی که از لوله سقوط پایین می‌ریختند توسط یک کیسه پلاستیکی جمع‌آوری گردید. پس از شمارش تعداد بذرهای شکسته شده و کل بذرهای جمع‌آوری شده درصد شکستگی بذرها برای هر یک از دو کارنده محاسبه گردید.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی دقت ردیف‌کار در تأمین تعداد بذر موردنظر در مسافت معین: همان‌طور که گفته شد فاصله بین نقاط کاشت بر روی ردیف به‌طور نظری ۱۵/۶ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بنابراین ردیف‌کار نیوماتیک می‌بایست با یک دور گردش چرخ زمین‌گرد با محیط ۱۷۲/۸ سانتی‌متر، ۳۳ بذر را در وضعیت سه دانه‌کاری از لوله سقوط بیرون بیدازد. بدین ترتیب در این آزمایش نیز چرخ‌های زمین‌گرد ردیف‌کار نیوماتیک از زمین بلند شده و پس از یک دور چرخش چرخ زمین‌گرد، تعداد بذرهای جمع‌آوری شده در کیسه‌های متصل به انتهای لوله سقوط در حالت سه‌دانه‌کاری و در ده تکرار مورد شمارش قرار گرفت.

ارزیابی مزرعه‌ای عملکرد ردیف‌کار نیوماتیک و کارنده مکانیکی بذر گوجه‌فرنگی: برای اجرای آزمون‌های مزرعه‌ای دو کارنده، قطعه‌زمینی در حومه شهر هشتگرد انتخاب گردید و به شش کرت به وسعت ۲۰×۱۰ مترمربع تقسیم شد و برای هر کدام از دو کارنده سه کرت در نظر گرفته شد.

ارزیابی مزرعه‌ای دقت ردیف‌کار در تأمین فاصله مناسب بین بذرها یا نقاط کاشت: برای اندازه‌گیری این عامل در مزرعه ابتدا پوشاننده‌های ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی از روی واحدهای کاشت آن جدا شدند و سپس اقدام به کشت گردید. پس از اندازه‌گیری فاصله بین نقاط کاشت در چندین جای مختلف مزرعه، دقت ردیف‌کار در تأمین فاصله مناسب بین بذرها با استفاده از فرمول یکنواختی توزیع بذر (فرمول سنپاتی) برحسب درصد تخمین زده شد.

درصد سبزشدن بذرهای کشت شده توسط ردیف‌کار نیوماتیک و کارنده مکانیکی: تعیین درصد سبزشدن بذرها پس از شمارش تعداد بوته‌های سبز شده گوجه‌فرنگی در هر متر و با اطلاع از میانگین تعداد بذر کشت شده در هر ردیف به ازای واحد طول برای هر دو کارنده که قبلاً با باز کردن پوشاننده‌های بذرها از روی شاسی دو ردیف‌کار و شمارش بذرهای کشت شده به‌دست آمده بود، انجام شد. سپس میانگین درصد سبزشدن بذرها محاسبه گردید و آنگاه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون t در سطح ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

دقت در تأمین عمق کاشت مورد نظر: اندازه‌گیری عمق کاشت بذرها، ۲۰ روز پس از انجام عملیات کاشت برای هر دو نوع ردیف‌کار انجام شد؛ زیرا در این هنگام بذرها در خاک جوانه‌زده بودند و اندازه‌گیری عمق فرارگیری بذر در خاک به آسانی با خط‌کش امکان‌پذیر بود. تعداد نمونه‌ها برای اندازه‌گیری عمق کاشت بذر در هر کرت ۳۰ نمونه بود و انحراف معیار عمق نمونه‌ها به‌عنوان شاخص عدم یکنواختی عمق در نظر گرفته شد و به‌وسیله آزمون t در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

اندازه‌گیری پراکندگی جانبی بذرها در روی ردیف‌های کشت برای ردیف‌کار نیوماتیک: اندازه‌گیری فاکتور پراکندگی جانبی بذرها در ردیف‌کار نیوماتیک همزمان با اندازه‌گیری فاکتور دقت ردیف‌کار در تأمین فاصله مناسب بین کپه‌ها (هنگامی که شیار بازکن‌ها از روی واحدهای کاشت باز شده بودند و عملیات کاشت انجام شده بود)

انجام پذیرفت؛ بدین طریق که فاصله بذرها از خط کاشت مرکزی به وسیله خطکش اندازه‌گیری شد. آنگاه، میانگین پراکنندگی جانبی بذرها برای ردیف‌کار نیوماتیک تعیین گردید.

اندازه‌گیری دقت بذرکار در تأمین تعداد بذر مشخص در مسافت معین: اندازه‌گیری این فاکتور نیز هنگامی صورت گرفت که پوشاننده‌ها از روی هر دو کارنده جدا شده بود. سپس هر دو واحد کارنده اقدام به کشت در طول مسافت ده متری نمودند. در این هنگام ردیف‌کار نیوماتیک در وضعیت کپه‌کاری قرار داشت. سپس میانگین تعداد بذر کاشته شده (به زمین ریخته شده) به ازای هر متر طول برای هر یک از دو کارنده تعیین گردید. با توجه به طراحی سیستم رانش ردیف‌کار نیوماتیک مقدار مورد انتظار این میانگین ۱۹ بذر به ازای هر متر طول کشت می‌باشد ولی از آنجا که کارنده مکانیکی گوجه‌فرنگی بذرها را به صورت خطی بر روی ردیف می‌ریزد بنابراین برای این میانگین، مقدار مشخصی مورد انتظار نمی‌باشد. میانگین‌های تعداد بذرها کاشته شده به وسیله ردیف‌کار نیوماتیک اصلاح شده و کارنده مکانیکی در قالب آزمون t و در سطح ۱ درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج

نتایج ارزیابی آزمایشگاهی ردیف‌کار نیوماتیک

گوجه‌فرنگی

ارزیابی دقت ردیف‌کار نیوماتیک در تک‌دانه‌کاری، دودانه‌کاری و کپه‌کاری: دقت ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی در واقع میانگین دقت دو واحد کارنده ردیف‌کار در وضعیت تک‌دانه‌کاری، دودانه‌کاری و سه‌دانه‌کاری می‌باشد و نتایج به‌دست آمده بیانگر میانگین دقت ردیف‌کار در ۲۰۰ نقطه روی نوارچسب می‌باشد (۱۰۰ نقطه برای هر واحد کاشت). دقت ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی در وضعیت تک‌دانه‌کاری، دودانه‌کاری و سه‌دانه‌کاری (کپه‌کاری) به‌ترتیب عبارت بودند از ۹۱/۵، ۹۲ و ۹۳/۵ درصد (جدول ۴).

اندازه‌گیری آزمایشگاهی دقت ردیف‌کار در تأمین فاصله مناسب بین بذرها یا نقاط کشت: براساس فاصله‌های به‌دست آمده برای نقاط کاشت در روی ردیف کشت و با استفاده از معادله سنایاتی، ضرایب یکنواختی توزیع بذر حول میانگین فاصله به‌دست آمده و حول فاصله تنظیمی (۱۵/۶ سانتی‌متر) به‌ترتیب عبارت بودند از ۹۷/۵ و ۹۵/۲ درصد. لازم به ذکر است که میانگین فاصله بین نقاط کاشت بر روی ردیف ۱۶/۴ سانتی‌متر بود.

میزان درصد شکستگی بذر: میزان درصد شکستگی بذر در ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی و کارنده مکانیکی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد و این میزان به‌ترتیب برای دو ردیف‌کار برابر ۱ و ۸ درصد بود. البته میزان یک درصدی شکستگی بذر در ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی بسیار ناچیز محسوب می‌شود که می‌تواند به شکستگی قبلی بذرها خریداری شده گوجه‌فرنگی مربوط باشد.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی دقت ردیف‌کار در تأمین تعداد بذر موردنظر در مسافت معین: همان‌طور که گفته شد ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی می‌بایست در هر دور چرخش چرخ زمین‌گرد ۳۳ بذر در زمین بکار و ولی متوسط تعداد بذری که هر واحد کاشت ردیف‌کار نیوماتیک اصلاح شده در هر دور چرخش چرخ زمین‌گرد (در ده تکرار برای هر واحد کارنده) در کیسه پلاستیکی انداخت ۳۵/۱ بود که از نظر آماری با توجه به آزمون t و در سطح ۵ درصد مقدار آن قابل قبول می‌باشد.

نتایج ارزیابی مزرعه‌ای عملکرد ردیف‌کار نیوماتیک

اصلاح شده و کارنده مکانیکی گوجه‌فرنگی

ارزیابی مزرعه‌ای دقت ردیف‌کار در تأمین فاصله مناسب بین بذرها یا نقاط کاشت: فاصله‌های بذرها کشت شده توسط ردیف‌کار نیوماتیک مابین نقاط کاشت بر روی ردیف و همچنین به‌کار بردن معادله سنایاتی ضرایب یکنواختی توزیع بذر حول میانگین فاصله بذرها و حول فاصله تنظیمی (۱۵/۶ سانتی‌متر) را به‌دست می‌دهد که به‌ترتیب عبارتند از ۹۷/۲ و ۹۳ درصد. در

ضمن میانگین فاصله بین نقاط کاشت هم ۱۶/۷ سانتی متر به دست آمد (جدول ۴). همان طور که انتظار می رفت فاصله بین بذرهای در آزمایش مزرعه ای نسبت به ارزیابی آزمایشگاهی کمی بیشتر شده است که ناشی از لغزش (سر خوردن) جزئی زمین گرد می باشد. البته این افزایش فاصله در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون t معنی دار نمی باشد. **تعیین درصد سبز شدن بذرهای کشت شده توسط ردیف کار نیوماتیک و کارنده مکانیکی:** میانگین تعداد بذرهای سبز شده در هر متر در وضعیت سه دانه کاری توسط ردیف کار نیوماتیک ۱۹/۷ به دست آمد به طوری که میانگین تعداد بذرهای کشت شده در هر متر در آن حالت ۲۱/۳ بود، بنابراین متوسط درصد سبز شدن بذرهای کشت شده توسط این دستگاه ۹۲/۵ درصد می باشد. همچنین میانگین تعداد بوته های سبز شده ای که توسط بذرکار مکانیکی کشت شده بودند در هر متر ۱۱۰/۱ به دست آمد و متوسط تعداد بذرهای کشت شده در هر متر توسط این کارنده ۱۱۶/۴ بود، بنابراین احتمال سبز شدن بذرهای کشت شده توسط کارنده مکانیکی ۹۴/۶ درصد می باشد. همان طور که در جدول ۱ دیده می شود علی رغم بالا بودن جزئی درصد سبز شدن بذرهای کشت شده توسط کارنده مکانیکی نسبت به بذرهای کشت شده توسط ردیف کار نیوماتیک، اختلاف معنی داری بین میانگین درصد سبز شدن بذرهای کشت شده توسط این دو دستگاه در سطح ۵ درصد مشاهده نشد.

دقت در تأمین عمق کاشت مورد نظر: عمق کار دستگاهها مطابق مقدار توصیه شده بر روی ۲۵ میلی متر تنظیم گردید (پیوست، ۲۰۰۲). انحراف معیار عمق کشت نسبت به میانگین، برای ردیف کار نیوماتیک ۲/۶۵ میلی متر و برای کارنده مکانیکی ۳/۱۱ میلی متر به دست آمد. نتایج نشان می دهد که گرچه عدم یکنواختی کشت بذرهای توسط کارنده مکانیکی اندکی بیشتر است ولی این تفاوت معنی دار نمی باشد. همان طور که در جدول ۲ دیده می شود، میانگین عمق کاشت بذرهای توسط ردیف کار نیوماتیک ۲۵ میلی متر و توسط کارنده مکانیکی ۲۹ میلی متر می باشد که بیانگر خطای ۴ میلی متری کارنده مکانیکی در تأمین عمق کاشت مورد نظر می باشد.

اندازه گیری پراکندگی جانبی بذرهای در روی ردیف های کاشت: اندازه گیری این عامل برای ردیف کار نیوماتیکی و در وضعیت کپه کاری صورت گرفت و میانگین پراکندگی جانبی بذرهای از ردیف کاشت برای این دستگاه ۳۱ میلی متر به دست آمد. ضمناً با توجه به اینکه کارنده مکانیکی بذرهای گوجه فرنگی را به صورت خطی یا پیوسته می کاشت بذرهای کاشته شده توسط این دستگاه پراکندگی جانبی قابل توجهی نداشت که این موضوع در نحوه سبز شدن بذرهای کاشته شده توسط این دستگاه نیز به روشنی به چشم می خورد.

جدول ۱- آنالیز و مقایسه میانگین درصد سبز شدن بذر در دو نوع ردیف کار نیوماتیک و مکانیکی با استفاده از آزمون t.

تیمارها یا نوع ردیف کار	تعداد تکرار	میانگین درصد سبز شدن بذرهای (درصد)	انحراف معیار	مقدار t
ردیف کار نیوماتیک گوجه فرنگی	۳	۹۲/۵	۳/۸۰	
کارنده مکانیکی گوجه فرنگی	۳	۹۴/۶	۳/۱۰	۰/۷۴ ^{NS}

NS: تفاوت معنی داری بین میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

جدول ۲- آنالیز و مقایسه میانگین عمق کاشت بذر در دو نوع کارنده نیوماتیک و مکانیکی با استفاده از آزمون t.

تیمارها یا نوع ردیف کار	تعداد تکرار	میانگین عمق کاشت (میلی متر)	انحراف معیار	مقدار t
ردیف کار نیوماتیک گوجه فرنگی	۳	۲۵	۲/۶۵	
کارنده مکانیکی گوجه فرنگی	۳	۲۹	۳/۱۱	۱/۸۵ ^{NS}

NS: تفاوت معنی داری بین میانگین تیمارها در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

اندازه‌گیری مزرعه‌ای دقت بذرکار در تأمین تعداد بذر مشخص در مسافت معین: همانطور که در نتایج درصد سبز شدن بذرها نیز ذکر گردید، میانگین تعداد بذر کشت شده در هر متر توسط ردیف‌کار نیوماتیک ۲۱/۳ و توسط کارنده مکانیکی ۱۱۶/۴ به دست آمد. آنالیز آماری در قالب آزمون t مطابق جدول ۳ نشان می‌دهد که اختلاف بسیار معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) بین این دو میانگین وجود دارد.

نتیجه‌گیری و بحث

همان‌طور که جدول ۴ نشان می‌دهد، در این طرح تحقیقاتی با اصلاح و بهینه‌سازی ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی در بسیاری از پارامترها و فاکتورهای اساسی ارزیابی این ردیف‌کار بهبود حاصل شد. ضرایب یکنواختی توزیع بذر حول میانگین فاصله به دست آمده و فاصله تنظیمی در مزرعه برای ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی قبل از اصلاح و بهینه‌سازی به ترتیب برابر بودند با ۵۲/۴ و ۳۲/۲ درصد، اما پس از انجام اصلاح و بهینه‌سازی ردیف‌کار نیوماتیک این مقادیر به ۹۷/۲ و ۹۳

درصد افزایش یافتند. همچنین میزان دقت ردیف‌کار در تک‌دانه‌کاری، دودانه‌کاری و کپه‌کاری از ۴۷/۱، ۴۵/۳ و ۳۶ درصد به ترتیب به ۹۱/۵، ۹۲ و ۹۳/۵ درصد ارتقا پیدا کردند.

مقایسه درصد شکستگی بذر بین ردیف‌کار نیوماتیک و کارنده مکانیکی گوجه‌فرنگی نشان داد که درصد شکستگی بذر با ردیف‌کار نیوماتیک ۱ درصد می‌باشد که تقریباً برابر با صفر است زیرا احتمال یافت شدن بذرهای شکسته در بذرهای خریداری شده نیز وجود دارد، اما درصد شکستگی بذر به وسیله کارنده مکانیکی ۸ درصد بود که مطلوب نمی‌باشد. مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری تعداد بذر در هر متر از طول ردیف‌های کاشت برای ردیف‌کار نیوماتیک در وضعیت کپه‌کاری و کارنده مکانیکی به ترتیب برابر بودند با ۲۱/۳ و ۱۱۶/۴ بذر در حالی که طبق نظر کارشناسان برای کاشت در هر متر از طول ردیف‌های کاشت ۲۰ عدد بذر کافی می‌باشد (پیوست، ۲۰۰۲).

جدول ۳- آنالیز و مقایسه میانگین تعداد بذر کاشته شده در هر متر از طول ردیف‌های کاشت در دو نوع ردیف‌کار نیوماتیک و مکانیکی گوجه‌فرنگی با استفاده از آزمون t.

تیمارها یا نوع ردیف‌کار	تعداد تکرار	میانگین تعداد بذر کاشته شده در یک متر	انحراف معیار	مقدار t
ردیف‌کار نیوماتیک گوجه‌فرنگی	۳	۲۱/۳	۲/۸۱	
کارنده مکانیکی گوجه‌فرنگی	۳	۱۱۶/۴۳	۷/۷۱	۲۰/۰۷*

* تفاوت معنی‌داری بین میانگین تیمارها در سطح ۱ درصد وجود دارد.

جدول ۴- مقایسه عملکرد ردیف‌کار نیوماتیک بذر گوجه‌فرنگی قبل و بعد از اعمال اصلاحات فنی.

عامل ارزیابی عملکرد ردیف‌کار	قبل از اصلاح	بعد از اصلاح
در وضعیت تک‌دانه‌کاری	۴۷/۱	۹۱/۵
میزان دقت ردیف‌کار (درصد) در وضعیت دو دانه‌کاری	۴۵/۳	۹۲
در وضعیت کپه‌کاری	۳۶	۹۳/۵
تعداد بذر در هر متر از طول ردیف کاشت در وضعیت کپه‌کاری	۱۵/۸	۲۱/۳
ضریب یکنواختی توزیع بذر حول میانگین فاصله بین بذرها	۵۲/۴	۹۷/۲
ضریب یکنواختی توزیع بذر حول فاصله تنظیمی بین بذرها	۳۲/۲	۹۳

در ضمن با توجه به وزن هزار دانه بذر گوجه‌فرنگی که به‌طور متوسط برای ارقام مختلف ۲/۹۴ گرم می‌باشد مشخص می‌شود که ردیف‌کار نیوماتیک اصلاح شده در حالت کپه‌کاری ۸۳۵ گرم و ردیف‌کار مکانیکی ۴/۵ کیلوگرم بذر در هکتار کشت می‌نماید. با توجه به قیمت بسیار بالای بذر گوجه‌فرنگی ملاحظه می‌گردد که تنها با به‌کار بردن ردیف‌کار نیوماتیک اصلاح شده به جای کارنده مکانیکی در کشت گوجه‌فرنگی، ۸۱/۵ درصد در هزینه بذر مصرفی صرفه‌جویی خواهد شد. بیان این نکته نیز حائز اهمیت است که با توجه به این که ردیف‌کار نیوماتیک مقدار بذر کمتری (حدود یک پنجم) در مقایسه با کارنده مکانیکی در مزرعه کشت می‌نماید، بنابراین باید در عملیات تهیه زمین دقت نمود که عملیات خاک‌ورزی به‌درستی انجام شود و بستر بذر مناسبی برای بذر گوجه‌فرنگی فراهم آید.

اندازه‌گیری درصد سبز شدن بذرها در مزرعه برای کاشت با ردیف‌کار نیوماتیک و کارنده مکانیکی به‌ترتیب برابر بودند با ۹۲/۵ و ۹۴/۶ درصد که اختلاف معنی‌داری بین این دو مقدار مشاهده نشد. در ضمن کنترل عمق کاشت بذر در محدوده توصیه شده توسط ردیف‌کار نیوماتیک بهتر از کارنده مکانیکی صورت گرفت.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون و ارزیابی ردیف‌کار نیوماتیک اصلاح شده گوجه‌فرنگی می‌توان استفاده از این ردیف‌کار را برای کشت مستقیم این محصول در کشور توصیه نمود زیرا کاربرد این دستگاه علاوه بر دقت بسیار بالا و صرفه‌جویی در هزینه بذر مصرفی در واحد سطح می‌تواند موجب حذف عملیات تنک‌کاری و در نتیجه کاهش هزینه‌های کاشت و داشت و نیز تردد کمتر در مزرعه و حذف پیامدهای نامطلوب آن گردد.

منابع

1. Afzalnia, S. 1995. Evaluation and comparison of common planter performance in Fars province. M.Sc. Thesis. Shiraz University. Faculty of agriculture. 130pp. (In Persian).
2. Bamgboye, A.I., and Mofolasayo, A.S. 2006. Performance Evaluation of a Two-Row Okra Planter. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 06 002. Vol: 8.
3. Breece, H.E., Harold, V.H., and Thomas, A.H. 1981. Fundamentals of machine operation, planting. Deere and Company: 185pp.
4. Lan, Y., Kocher, M.F., and Smith, J.A. 1999. Opto-Electronic Sensor System for Laboratory Measurement of Planter Seed Spacing with Small Seeds. Journal of Agricultural Engineering Research. 72(1):119-127.
5. Molin, J.P. 2002. A punch planter with adjustable seed spacing. ASAE presentation No. 021174.
6. Peyvast, Gh. 2002. Vegetables planting. Tehran. Olum-e Keshavarzi Publication. 350pp. (In Persian)
7. Rahmati, M.H., and Afzalnia, S. 1998. Design, manufacturing and evaluation of a tomato seed planter. Agri. Eng. Res. Ins. Final research report. No: 108. 86pp. (In Persian).
8. Sanders, D.C. 1997. Precision seeding for vegetable crops. horticulture information leaflet (36).
9. Senapati, P.C., Mohapatra, P.K., and SatPathly, D. 1988. Field perform of seedling devices in rained situation in orisa India. Agriculture Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 19(2):35-38.
10. Singh, R.C., Singh, G., and Saraswat, D.C. 2005. Optimization of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds. Biosystems engineering. 92(4):429-438.

Modification and comparison of a tomato seed pneumatic planter with a mechanical planter

***M.H. Rahmati¹ and A. Haji Ahmad²**

¹Research Assistant Professor, Agricultural engineering Research Institute (AERI), ²M.Sc. Student, Dept. of Agricultural machinery mechanical engineering, University of Tehran, Iran

Abstract

In this study beside the modification of a pneumatic tomato seed planter, its performance was compared to a conventional mechanical tomato planter at 5% level in a t-test based experiment. Accuracy of planting one, two and three seeds, seed emergence percent, planter accuracy in providing desirable seed spacing on rows, seed break percent, rate of seed spreading to sides of the row, deviation rate from desirable depth and seed rate were the parameters considered for assessing the performance of the pneumatic planter. Also seed emergence percent, seed break percent, deviation rate from desirable depth and seed rate were the parameters measured related to the mechanical planter in order to have some factors for juxtaposing these two planters. Results represented good effects of modification pneumatic tomato planter significantly. Comparing the results of pneumatic and mechanical seed planters evaluation showed that using pneumatic planter instead of mechanical, caused more precision in planting tomato seeds and significantly decreasing seed rate, so regarding to high price of the tomato seeds, application of the mechanical planter would not be economic.

Keywords: Tomato planting; Pneumatic planter; Test and evaluation; Seeding.