نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۲۵۰-۲۴۲

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 242-250

طراحی، ساخت و ارزیابی مقدماتی روبوت کشت بذر گوجه‌فرنگی برای سینی‌های کاشت گلخانه‌ای

جلال الدین قضاوتی[1*]- داود محمدزمانی[2]- مهدی عباسقلی پور[3]- بهزاد محمدی الستی[4]- عادل رنجی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۲۰

چکیده

ایجاد بستر مناسب و بذرکاری دستی بذرهای سبزیجات کوچک در سینی‌های کاشت نشاء، فرآیندی زمان بر و مستلزم نیروی انسانی بالاست و موجب محدود شدن ظرفیت تولید کشت سبزیجات در گلخانه‌ها می‌شود، در شرایط ایران، کشاورزان از بذرکارهای ظرفیت بالا خارجی به‌دلیل قیمت بالا استفاده نمی‌کنند، هدف از این پژوهش طراحی و ساخت یک ربات بذرکار دقیق برای سینی‌های کاشت می‌باشد، براساس پارامترهای طراحی شده در آزمایشگاه، یک نمونه اولیه از یک بذرکار بادی توسط نرم افزار طراحی SolidWorks شبیه‌سازی و برای کاشت بذر گوجه‌فرنگی ارزیابی گردید، مشاهدات نشان می‌دهد این ربات بذرکار می‌تواند در یک ردیف از سلول‌ها در یک سینی، شیار ایجاد کرده و در اندک زمانی؛ یک بذر را در آن شیار جا دهد، این بذرکار در فشار مکش ۳/۸۹ و ۳/۴۲ بار و قطر سوراخ‌های ۰/۴۷ و ۰/۴۹ میلی‌متر مورد ارزیابی قرار گرفت، بسته به اندازه سینی‌ها، ظرفیت نامی این بذرکار بین ۱۷۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ سلول در ساعت می‌باشد، قیمت تمام‌شده بذرکار با ظرفیت نامی ۱۷۰۰۰ سلول در ساعت با استفاده از نمونه اولیه این دستگاه بذرکار، حدود ۳۰ درصد از هزینه محاسبه شده در بذرکاری به روش دستی است، دقت سامانه طراحی شده به‌طور میانگین ۸۸ درصد بوده و ظرفیت نامی کشت سامانه، ۱۷۰ سینی در هر ساعت اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: بذر گوجه‌فرنگی، ربات، سینی نشاء، کارگر، کاشت

مقدمه

از دیدگاه اقتصادی گوجه‌فرنگی پس از سیب زمینی دومین محصول پرارزش کشاورزی محسوب می‌شود که از لحاظ میزان مصرف سرانه در جهان نیز پس از آن قرار دارد، مصرف سرانه آن در کشور آمریکا در طول ۲۰ سال گذشته حدود ۳۰ درصد افزایش نشان داده است و به رقمی فراتر از ۴۱/۷۳ کیلوگرم در سال ۲۰۰۰ رسیده است، ایتالیا کشور برتر صادرکننده محصول گوجه‌فرنگی در سال ۲۰۰۷، ۲۹ درصد از کل تجارت جهانی این محصول را به‌خود اختصاص داده است، بعد از آن چین با ۲۸ درصد در رتبه دوم، سپس اسپانیا ۱۰ درصد، آمریکا ۷ درصد، پرتقال ۶ درصد، یونان، ایران، هلند، شیلی هرکدام حدود ۳ درصد، آلمان، کانادا و ترکیه هرکدام حدود ۱ درصد و کشورهای مکزیک، بلژیک، مجارستان، کاستاریکا، لهستان، روسیه، آرژانتین و فرانسه در رتبه‌های بعدی قرار داشته‌اند (Ashkvary, 2008)؛ سطح زیر کشت گیاه گوجه‌فرنگی در ایران در سال ۱۳۸۷ معادل ۱۶۳۵۳۹ هکتار و تولید آن ۵۸۸۷۷۱۵ تن و میانگین استان‌ها به‌ترتیب ۴۳۵۲ هکتار با تولید ۱۱۷۸۸۷ تن بوده است که با ۳۳/۰۱ درصد سهم از برداشت محصولات سبزی، رتبه دوم را بعد از سیب‌زمینی در ایران دارد (Anonymous, 2009)؛ گوجه‌فرنگی یکی از محصولاتی است که بیشترین بهره‌وری را در مصرف آب کشاورزی دارد، مشکل تولید گوجه‌فرنگی در ایران، پایین بودن عملکرد در واحد سطح است (Ashkvary, 2008)، امید است با استفاده از روش‌های نوین کشاورزی، استفاده از بذور هیبرید و آبیاری قطره‌ای با مصرف آب کمتر، تولید این محصول در واحد سطح افزایش یابد؛ بخش عمده زیر کشت سبزیجات ایران در حال حاضر از بذرهای هیبرید استفاده می‌شود که گران‌قیمت بوده اما حجم و کیفیت تولید بالایی دارند، اکثر نشاءهای پیوندی مورد استفاده ۸۳ درصد است که حاصل پیوند سه محصول به نام‌های گوجه‌فرنگی ۴۵ درصد، فلفل

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ghezavati905@gmail.com)
۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم کشاورزی، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۳ و ۴- استادیاران گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم کشاورزی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
۵- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران

۲۸ درصد و کلم ۱۰ درصد هستند، از آنجایی‌که این بذرها گران‌قیمت هستند، باید درصد جوانه‌زنی و جوانه‌های سالم و بدون بیماری را برای انتقال به مزارع فضای باز، به حداکثر رساند؛ آماده‌سازی جوانه‌ها در سینی‌های نشاء، نوعی فناوری برای پاسخ‌دهی به این نیاز است (Peyvast and Tafazzoli, 1999)؛ این فناوری در سطح سرمایه‌گذاری کشاورزی، هم برای کشاورز و هم برای سرمایه‌گذار مزایای زیادی دارد؛ سینی‌ها با یک لایه شامل کود پیت و میکولیت پوشیده شده است و آن‌گاه پس از شیار زنی و آماده کردن بستر مناسب به شکل دستی، درون هر سلول یک عدد بذر قرار داده می‌شود، اما قرار دادن دستی بذر، مرحله‌ای زمان بر و مستلزم نیروی کار بالا می‌باشد، برای بذرکاری ۱۰۰ سینی نشاء ۱۵×۷ سلولی، برای رشد ۱۰۲۰۰ جوانه حدود ۱۶ کارگر در ساعت نیاز است؛ همین امر موجب می‌شود به‌علت در دست نبودن نیروی کار کافی، ظرفیت تولید گلخانه‌ها کاهش یابد، به‌خصوص در فصل کار، یافتن نیروی کار برای بذرکاری جوانه سبزیجات بسیار دشوار است؛ بنابراین مکانیزه کردن عملیات بذرکاری در سینی‌ها به‌منظور افزایش ظرفیت صنعت رو به رشد گلخانه‌های ایران ضروری است؛ برای اینکه بذرکاری دقیق انجام شود باید یک عدد بذر از داخل مخزن برداشته و درون هر سلول جاگذاری شود، در سراسر دنیا مرحله تکی‌سازی بذر مورد مطالعه پژوهشگران مختلفی قرار گرفته است و انواع مختلفی از سامانه‌های بذرکاری برای محصولات ارائه شده است، در تحقیقی یک جداکننده تکی بذر برای سینی‌های تراکم بالا ارائه شده است که می‌تواند بذرهای بیضی شکل را به‌صورت تکی جدا کند اما قادر به تکی‌سازی بذرهایی که شکل نامنظم دارند، نیست (Hanacek and Bickel, 1984)، همچنین یک بذرکار مکشی چند منظوره ارائه شد که هم برای بذرهای صاف مناسب است هم برای بذرهای کروی؛ طبق گزارش‌های ارائه شده این بذرکار ۳۶ بار سریع‌تر از کاشت دستی عمل می‌کند (Chen *et al.*, 1993)، در تحقیق دیگری کارآمدی بذرکار ماشینی بذرهای سبزیجات در ۱۸ نوع مخزن محصول مورد مطالعه قرار گرفت و چنین نتیجه‌گیری شد که عواملی که روی کارآمدی بذرکار اثر دارند عبارت از میزان مکش، قطر دهانه، شیوه ورود دهانه به مخزن حاوی بذر، شکل بذر و نیز برخی خصوصیات بذر مثل تمیز بودن، اندازه سطح صیقلی یا شکل کپسولی داشتن می‌باشد (Zigmanov, 1997)؛ برای بذرکاری خودکار دانه‌های بزرگ میوه‌ها، سبزیجات و محصولات ریشه زیر زمینی یک بذر کار مکشی ارائه شده است (Kim *et al.*, 2003)

براساس نتایج تحقیقات گذشته، مهمترین عوامل مؤثر بر عملکرد و سرعت بذرکاری در سینی‌های نشاء عبارتند از قطر دهانه و فشار مکشی؛ براین اساس، طراحی، ساخت و ارزیابی یک ربات کشت بذر درون سینی نشاء که با سرعت و دقت کشت بالا قادر به کشت خودکار بذور سبزیجات به‌ویژه بذر گوجه‌فرنگی باشد، از اهداف مهم این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

مراحل آزمایشگاهی

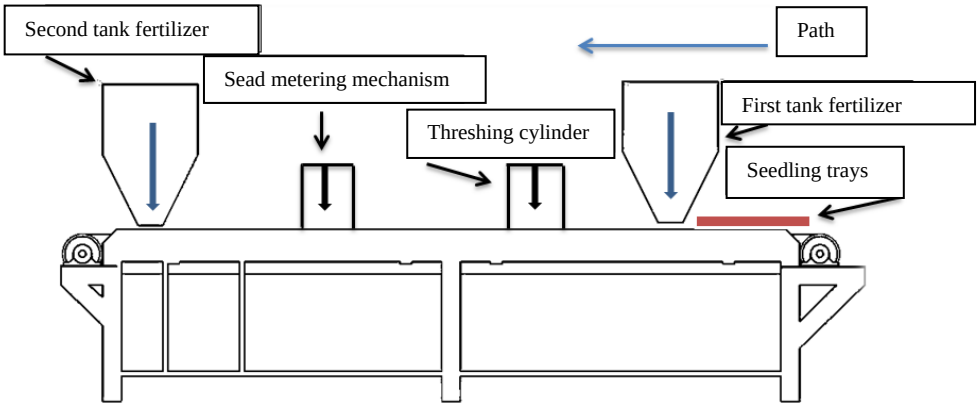
ابتدا در آزمایشگاه به بررسی خواص بذرهای گوجه‌فرنگی پرداخته شد؛ مهمترین پارامترهای مورد مطالعه، اندازه، شکل، وزن، سرعت خروج از مخزن و سرعت کمینه حمل بودند؛ سپس یک واحد تکی‌سازی نوع مکشی برای بررسی عوامل مؤثر بر طراحی آماده شد، به‌طوری‌که بتوان یک بذر تکی را از توده بذور گوجه‌فرنگی برداشت کند؛ کمترین زمان جای‌گیری (MRT)[1] بخش دهانه برای برداشتن بذر محاسبه شد، MRT عبارت است از کمترین بازه زمانی که دهانه باید روی مخزن بذر ثابت بماند تا یک عدد بذر واحد را بردارد، این کار با کاربرد یک دوربین دیجیتال با سرعت ۲۵ فریم در ثانیه انجام شد و با تحلیل نتایج، زمان مورد نیاز برای حرکت بذر از مخزن به دهانه محاسبه گردید.

ملاحظات مربوط به طراحی

بر مبنای مقادیر بهینه به‌دست آمده از فشار مکش، اندازه دهانه و MRT به‌دست آمده، یک نمونه اولیه از بذرکار طراحی و ساخته شد. مهم‌ترین مواردی که در طراحی و ساخت مد نظر قرار گرفت، عبارتند از: هزینه‌ها، آسانی عملکرد، قابلیت حمل و نقل، استفاده از مواد و تجهیزات بومی و موجود، ظرفیت بذرکار و نیز شیوه تکی‌سازی بذر. در شکل ۱ طرح‌واره دستگاه قابل مشاهده است.

در بررسی‌های به‌عمل‌آمده در چند گلخانه تجاری، مشخص شد که در فصل کشت سبزیجات حدود ۲۰۰۰ نشاء در روز تقاضا می‌شود، اما انتظار می‌رود در آینده‌ای نزدیک، این رقم دو برابر شود؛ طبق مطالعات صورت گرفته در مورد تحقیقات پیشین، مبنای کار بر تکی‌سازی بادی بذر قرار داده شد، در این تحقیق از تجهیزاتی نظیر پمپ‌های مکش، موتور الکتریکی AC، کنترلر PLC، اینورتر، حسگرهای نوری، کنداکتورهای حسگرها، جک‌های بادی، اتصالات، شیرهای برقی، تسمه و غیره برای رسیدن به این هدف استفاده شد و قطعاتی هم که موجود نبودند، طراحی و ساخته شدند، سامان‌دهی، چیدمان و شکل‌بندی اجزاء نیز بر مبنای آسانی عملکرد، تطابق و هماهنگی بیشتر انجام گرفت، قبل از پایان طراحی به جنبه‌های ارگونومی کار نیز پرداخته شد، ارتفاع سکوی دستگاه ۷۸۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد به‌طوری‌که مناسب یک کارگر با قد متوسط باشد که روی صندلی نشسته و یا ایستاده است، کلیدها و دریچه‌ها طوری قرار گرفته‌اند که در دسترس کاربر باشند؛ هم‌زمان‌سازی حرکتی و زمانی اجزاء دستگاه به‌ترتیب زیر صورت گرفت:

1- Minimum Residence Time



شکل ۱– طرحواره ربات کشت بذر

Fig.1. Seed cultivation robot schematic

الف) قرار دادن اولین سینی نشاء بر روی تسمه حرکتی دستگاه

ب) دریافت اولین سیگنال مبنی بر ورود سینی و باز شدن دریچه مخزن اولیه برای کود ریزی

ج) آماده کردن بستر کشت و کوبش خاک یک ردیف از سلول‌های سینی در یک زمان

د) تأمین ترکیبی از پارامترهای طراحی ماشینی و عملیاتی ازجمله اندازه سوراخ‌های استوانه، فشار مکش، ارتفاع مخزن بذر، کمترین زمان جای‌گیری و ارتعاش مخزن بذر برای تکی‌سازی برداشتن بذر

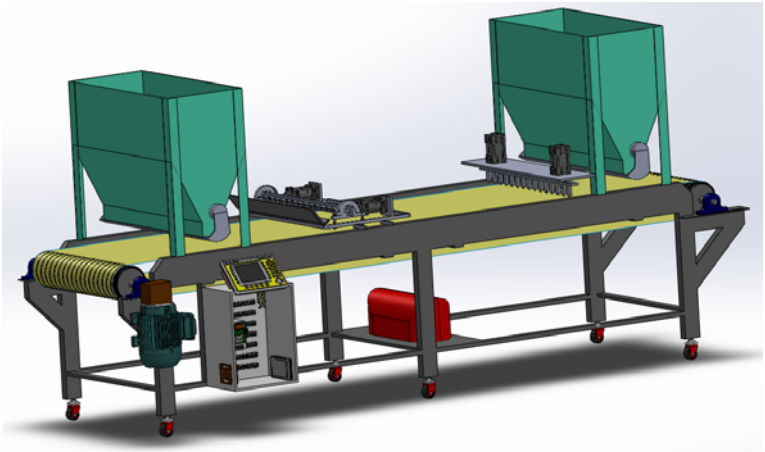
ه) برداشتن بذرها از مخزن بذر توسط سامانه بردارنده خلأیی و آزادسازی آن از دهانه برای قرارگیری درون سلول‌های سینی نشاء

و) در مرحله پایانی باز شدن دریچه مخزن ثانویه به‌منظور کودریزی

مراحل ب تا و در یک دور از چرخش موتور الکتریکی با سرعت ۶۰ دور در دقیقه انجام می‌پذیرد، درحالی‌که برای کاشت هر سینی تنها ۲۲ ثانیه زمان لازم است تا ظرفیت مطلوب کشت بذر حاصل آید، برای بررسی هم‌زمانی اجزاء عملیاتی، قبل از بررسی نهایی بذرکار، با استفاده از نرم افزار SolidWorks اجزاء عملیاتی، شبیه‌سازی و حرکت آنها بررسی گردید (شکل ۲).

طراحی اجزاء کاری دستگاه

بذرکار از چندین بخش تشکیل شده است که برای حاصل شدن نتیجه مطلوب به‌طور هماهنگ با هم عمل می‌کنند، این بخش‌ها عبارتند از یک شاسی و ساز و کار تسمه نقاله، مخازن اولیه و ثانویه کود، واحد کوبنده، موزع دستگاه و مخزن در حال ارتعاش بذر. دستگاه طوری طراحی شده است که موقعیت دهانه، میزان فشار مکش، ارتفاع برداشتن بذر و فرکانس ارتعاش سینی بذر قابل تنظیم باشد. در شکل ۳ نمای واقعی دستگاه قابل مشاهده است.



شکل ۲– مدل‌سازی دستگاه با نرم افزار Solid Works

Fig.2. Modeling of machine by Solid Works software

شکل ۳- ربات کشت بذر درون سینی نشاء
Fig.3. Seed planter Robot in tray

شاسی و ساز و کار تسمه نقاله

الف) شاسی سامانه و تسمه نقاله: به‌منظور استقرار اجزاء مکانیکی و الکترونیکی دستگاه به‌صورت یکپارچه، از یک شاسی با ابعاد ۷۴×۸۶×۳۰۰ سانتی‌متر از جنس قوطی‌های فولادی و همچنین برای حمل سینی نشاء و هدایت آن به قسمت انتهایی و انجام مراحل کشت بذر و کودریزی، تسمه نقاله‌ای بر روی شاسی نصب شد (شکل ۴).

ب) تسمه: از تسمه نقاله به‌منظور انتقال سینی نشاء استفاده شد. جنس آن از لاستیک بوده و ضخامت آن سه میلی‌متر می‌باشد. این تسمه به‌صورت آج‌دار انتخاب شد تا انتقال و هدایت سینی نشاء بدون سرش انجام شود.

پ) غلتک‌ها: برای ایجاد حرکت خطی در تسمه نقاله، دو غلتک لاستیکی ساخته شد. غلتک محرک به‌دلیل حرکت تسمه به سمت جلو، در قسمت جلوی دستگاه نصب گردید و انتقال نیرو از یک موتور الکتریکی موجب حرکت تسمه نقاله می‌شود. سامانه انتقال نیرو از موتور به غلتک محرک، شامل جعبه دنده متصل به انتهای محورهای خروجی از غلتک و موتور الکتریکی می‌باشد. غلتک متحرک در انتهای دستگاه نصب شده و برای تنظیم حرکت تسمه و نیز، شل و سفت کردن آن (به‌وسیله ساز و کار سفت کن) به‌کار می‌رود. این غلتک در داخل شیارهای ایجاد شده در پایه‌های جانبی به‌طور طولی در راستای تسمه حرکت می‌کند. جنس غلتک‌ها از لاستیک فشرده انتخاب شده و برای اینکه تسمه لاستیکی کاملاً به غلتک بچسبد و احتمال هرگونه سرش را از بین ببرد، از ساز و کار تنظیم کشش به‌صورت لاستیکی با صفحات جدا از هم استفاده شد.

ساز و کار کوبنده سمبه‌ای (حفره‌ساز)

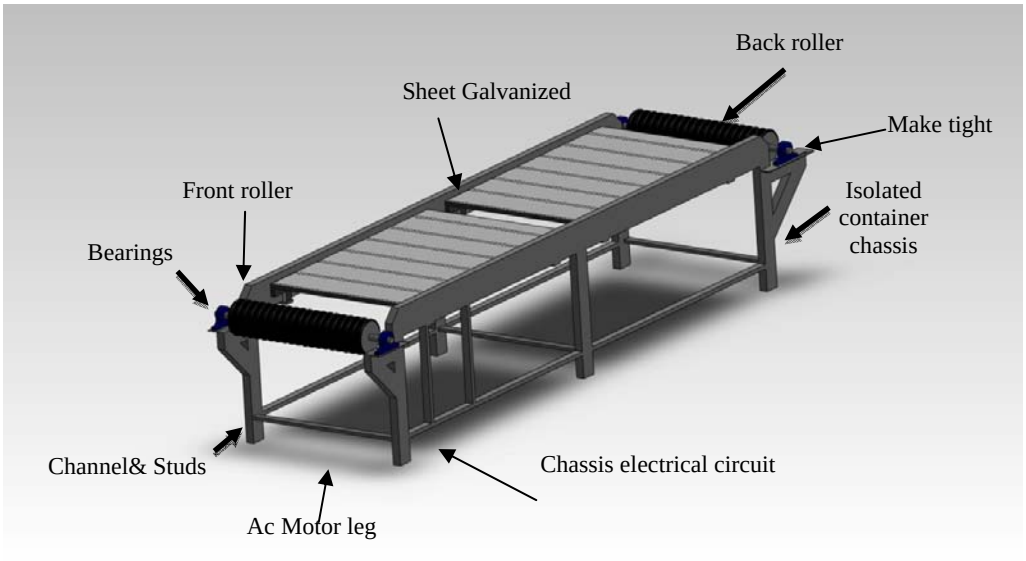
ساز و کار کوبش خاک به‌طور همزمان در سلول‌های یک ردیف از سینی حفره ایجاد می‌کند. حرکت رفت و برگشتی عمودی میله اتصال‌دهنده، ساز و کار حفره‌زنی را به‌کار می‌اندازد (شکل ۵).

میخ‌های شیار زن از میله پلاستیکی به قطر ۲۰ میلی‌متر ساخته شده‌اند و روی یک قطعه فلزی به فاصله‌ای برابر با فاصله سلول‌های سینی کار گذاشته شده‌اند، می‌توان میخ‌ها را برای اندازه‌های مختلف سینی به‌سادگی تعویض کرد. نیروی لازم برای فرو رفتن میخ‌ها به عمق حداکثر ۱۵ میلی‌متر درون سلول‌ها محاسبه شد. طبق محاسبات نیرویی برابر با ۲۳ نیوتن لازم است تا ۱۵ سلول هم‌زمان شیار زده شود.

موزع خلأیی دستگاه

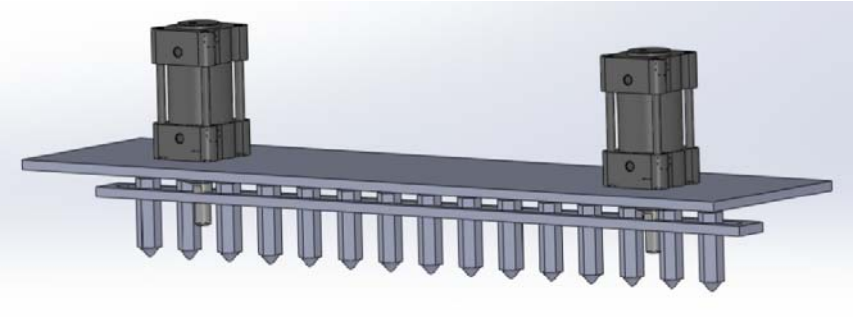
این بخش متشکل از ۱۵ دهانه (مکنده) بذر است که روی یک استوانه میان تهی آلومینیومی به ابعاد ۲۰×۵×۱۰ میلی‌متر به فواصل معین نصب شده است. طول لوله خلأ متناسب با یک لایه بذر مانند گوجه‌فرنگی جهت بذرکاری در ردیف از سلول‌های سینی نشاء می‌باشد (شکل ۶).

گوشه سینی مخزن بذر با زاویه ۴۰ درجه نسبت به افق قرار داده شده است تا برداشتن بذر توسط لوله‌های خلأیی به‌راحتی و بدون ایجاد مشکل انجام شود. با استفاده از یک واحد کنترل ارتعاش که از طریق تنظیم سرعت چرخشی محور موتور محرک سامانه ارتعاشی تنظیم می‌شود می‌توان فرکانس ارتعاشات مخزن بذر را کنترل کرد. برای این‌که حرکت بذرها به‌سوی جایگاه برداشته شدن آرام باشد می‌توان میزان زاویه کج بودن سینی را به دلخواه تغییر داد.



شکل ٤- شاسی اصلی و تسمه نقاله

Fig.4. The main chassis and belt conveyor



شکل٥- ساز و کار کوبنده سمبه‌ای خاک (حفره‌ساز)

Fig.5. Soil Punch mechanism

شکل ٦- موزع و مخزن بذر دستگاه

Fig.6. Seed metering system and reservoir

آزمون عملکرد ربات بذرکار

نحوه عملکرد این سامانه به‌گونه‌ای است که در ابتدا کاربر، سینی نشاء خالی را بر روی تسمه نقاله قرار داده و تسمه نقاله با سرعت ثابت، سینی را به سایر بخش‌های ماشین هدایت می‌کند. با رسیدن سینی به زیر مخزن اولیه خاک (کود)، یک حسگر نوری لبه سینی را حس کرده و سپس با صدور فرامین کنترلی توسط کنترلر PLC، دریچه تحتانی مخزن خاک توسط یک جک بادی باز شده و خاک درون سلول‌های سینی نشاء ریخته می‌شود. در مرحله دوم و با به‌کارگیری یک حسگر نوری دیگر، واحد کوبنده توسط دو جک بادی و ساز و کار کوبشی، خاک درون سلول‌ها را کوبیده تا در مرحله سوم توسط یک ساز و کار رفت و برگشتی، سوزن‌های خلأیی موزع، بذر را از مخزن در حال ارتعاش برداشته و درون سلول‌ها قرار دهند. مرحله پایانی خاک‌ریزی بر روی بذر مستقر درون سلول‌های سینی نشاء می‌باشد که ساز و کار آن مشابه مخزن اولیه خاک می‌باشد. در انتها سینی پر شده توسط کاربر برداشته می‌شود. جمع‌آوری و پردازش داده‌های تمام حسگرها و نیز صدور فرامین کنترلی به جک‌های بادی توسط کنترلر PLC و براساس برنامه کنترلی WinProlader انجام شده است.

ارزیابی عملکرد دستگاه با بذرکاری تکی بذرهای گوجه‌فرنگی در سینی ۱۰۵ سلولی (۷×۱۵) انجام شده است. فشار مکش و اندازه دهانه برای بذر گوجه‌فرنگی محاسبه شد. طول مقیاس‌بندی برابر و براساس فواصل سلول‌ها یعنی ۳۰/۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. کارآمدی تکی‌سازی بذر توسط سامانه، به‌صورت درصد تکی‌دانه‌کاری و درصد کل سلول‌های بذرکاری شده، محاسبه شد. کارآمدی مصرف بذر عبارت است از نسبت کل سلول‌های کشت شده به کل بذرهای موجود در سلول‌ها. کارآمدی بذرکاری نیز عبارت است از درصد بذر برداشته شده تکی، دو تایی و چند تایی. ظرفیت دستگاه نیز به‌صورت تعداد سلول‌های سینی بذرکاری شده در هر ساعت تعریف شد؛ به‌منظور طراحی و ساخت یک ربات بذرکار دقیق، آزمایشی برای زمان کاشت و تفاوت شیوه مکانیزه و دستی که شامل دستگاه کارنده طراحی شده و سرعت کاشت توسط کارگر بود در ده تکرار طراحی گردیده و اجرا شد، سینی‌های نشاء در چهار تکرار توسط ربات طراحی شده، کشت شد و در هر مرحله تعداد بذر کشت شده به‌صورت صحیح در هر سینی شمارش گردید، سپس زمان کشت به‌وسیله کارگر در چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج بررسی مدت زمان تجمعی کشت ده سینی در چهار تکرار

به‌منظور ارزیابی مقدماتی دقت عملکرد سامانه و مقایسه آن با کشت دستی، ده سینی در چهار تکرار، توسط کاربر داخل دستگاه قرار داده شد و هم‌زمان با ورود اولین سینی و خروج آخرین سینی مدت زمان کل کشت ده سینی توسط دستگاه طراحی شده و کارگر به‌طور جداگانه ثبت گردید، در بررسی‌های اولیه براساس زمان، مشخص شد اگر خطای کاربر در قرار دادن به موقع سینی‌ها بر روی نقاله نادیده گرفته شود، تغییر زمانی قابل توجه‌ای در زمان خروج سینی‌ها پس از کشت دیده نمی‌شود، سرعت کشت بذر گوجه‌فرنگی در مقایسه شیوه‌های مکانیزه و دستی متفاوت می‌باشد، همان‌گونه که مشخص است زمان مورد نیاز برای کشت به شیوه مکانیزه کمتر از شیوه دستی می‌باشد و این میزان حداقل یک دهم زمان کشت به‌شیوه معمول و دستی می‌باشد، که این امر سبب سرعت بخشیدن به کشت شده و این روبوت یکی از اجزای کشت به شیوه مکانیزه در کشت و تولید گوجه‌فرنگی می‌باشد، در ارزیابی زمان کشت با استفاده از شیوه مکانیزه به‌طور میانگین برای پر کردن یک سینی بذر گوجه‌فرنگی در ابعاد ۷×۱۵سانتی‌متر و با تعداد ۱۰۵ سلول ۲۶/۳ ثانیه می‌باشد که این امر در شیوه کشت دستی به‌طور میانگین ۳۵۷ ثانیه زمان می‌برد و این امر بیانگر سرعت بالای دستگاه طراحی شده می‌باشد.

دقت کشت دستی و مکانیزه

پس از کشت هر سینی در هر تکرار مقدار بذر کشت شده هر سینی شمارش، مدت زمان متوسط برای برداشتن یک بذر از سینی مخزن بذر و قرار دادن آن درون هر سلول سینی نشاء کمتر از دو ثانیه اندازه‌گیری شد. در این تحقیق سعی شد تا تکی‌سازی بذر بهینه برای طراحی و ارزیابی عملکرد بذرکار نمونه، انتخاب شود. نمونه اولیه بذرکار با همین تنظیمات و با یک سینی نشاء حاوی ۱۰۵ سلول مورد استفاده قرار گرفت. ظرفیت بذرکار آزمایش شده با سینی نشاء به‌اندازه ۷×۱۵ سلول، ۱۷۷۵۰ سلول در هر ساعت محاسبه شد که نشان می‌دهد با کاهش اندازه بذر، فشار مکش افزایش می‌یابد. بنابراین در هنگام کار با بذرهای ریز باید دقیقاً مراقب نوسانات فشار مکش بود تا به حداقل برسد و دوتایی بودن بذر تنها تحت تأثیر قطر دهانه بود. بنابراین بر کمینه کردن دوتایی بودن بذر باید اندازه دهانه را یکسان ساخت.

در مورد گوجه‌فرنگی چندتایی بودن بذر به‌طور چشمگیری تحت تأثیر فشار مکش و دهانه موزع بود، شاید این به‌دلیل سطح کرک‌دار بذور گوجه‌فرنگی است که موجب می‌شود بذرها به هم بچسبند و به جای تکی یا دو تایی بودن، توده چندتایی تشکیل دهند اما به‌دلیل استفاده از بذر پوششی در این تحقیق، کشت چندتایی مشاهده نشد. در مورد گوجه‌فرنگی، قطر دهانه تأثیر زیادی روی توده‌ای بودن بذرها داشت. همچنین مشاهده شد که دهانه خلأیی در چند حالت هیچ بذری را برنمی‌دارد: ۱) زمانی‌که در طی فرآیند برداشتن بذر، بذر کافی

در سینی مخزن بذر موجود نبود، ۲) دهانه بر اثر گیر کردن بذرهای نامتناسب، گرد و خاک یا مواد خارجی دیگر مسدود بود، ۳) فشار مکش در طول چرخه برداشتن، دچار نوسان می‌شد. بنابراین، می‌توان با انجام برخی عملیات میزان خطا را کاهش داد: ۱) ریختن میزان کافی بذر به دستگاه به‌گونه‌ای که سطح سینی کاملاً پوشیده شود، ۲) طراحی یک ساز و کار خود تمیزکن برای بذرکار، ۳) جایگزین کردن مارپیچ مغناطیسی با سامانه مکانیکی تا مسیر جریان هوا را راه باز نگه دارد. بنابراین طبق مشاهدات بهتر است برای عملکرد مطلوب دستگاه، بذرها یک اندازه و ترجیحاً پوشش‌دار باشند.

نتیجه‌گیری

برای کشت به شیوه دستی زمان زیادی نسبت به استفاده از شیوه مکانیزه وجود داشته و استفاده از دستگاه طراحی شده علاوه بر سرعت بخشیدن به فرآیند کاشت سبب منظم بودن و کشت دقیق بذرهای گوجه‌فرنگی برای تولید نشاء شده و نتایج بیان می‌کند که استفاده از این دستگاه در طول زمان برای تولیدکنندگان عمده گوجه‌فرنگی صرفه اقتصادی بالایی داشته و استفاده از آن در شرکت‌های کشت و صنعت و در کشت به شیوه مکانیزه در ابعاد بالای تولید توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مدیر محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب جناب آقای مهندس شهدوست، مسئولین محترم بسیج علمی پژوهشی سپاه انصار المهدی (عج) و همچنین مسئولین محترم بنیاد ملی نخبگان استان زنجان به‌خاطر حمایت‌های فکری و مالی از انجام پروژه قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Ashkvary, M. 2008. Review of international trade of processed tomato products in the world and Iran position in this market. The first Conference of Production and processed Technology Tomato. Mashhad. (In Farsi).
2. Anonymous. 2009. Crop Statistics. Available from: http://dbagri.maj.ir/zrt/yearrep.asp.p:144&-9900. Accessed 15 September 2009. (In Farsi).
3. Peyvast, Gh., and A. Tafazzoli, 1999. Vegetable Farming. Guilan University press. (In Farsi).
4. Margolin, A., V. Bakshev, and S. R. Verma, 1986. Development of semi automatic transplanter. Acta-Horticultura. 187, 158.
5. Chen, J. M., C. C. Yu, J. H. Lei, J. M. Yu, and C. F. Chang. 1993. A multipurpose vacuum seed planter for vegetable crops plantings. Journal of Agriculture and Forestry 42 (1): 1-18.
6. Hanacek, W. A., and P. Bickel. 1984. Singulating Seeder for High Density Plug Trays. United States Patent. Patent No. 4,466,554.
7. Kim, D. E., Y. S. Chang, S. H. Kim, and G. I. Lee. 2003. Development of vacuum nozzle seeder for cucuribitaceous seeds (I)-design factors for vacuum seeding large sized seeds. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 28 (6): 525-530.
8. Zigmanov, P. 1997. Efficiency of Machine Sowing of Vegetable Seed into Containers. Novi Sad, Yugoslavia.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 5, No. 2, Fall - Winter 2015, p. 242-250

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۵، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۴، ص ۲۵۰-۲۴۲

Preliminary design, construction and evaluation of robot of tomato seed planting for the trays of greenhouse

J. Ghezavati[1]*- D. Mohammad Zamani[2]- M. Abbasgholipour[3]- B. Mohammadi Alasti[4]- A. Ranji[5]

Received: 17-11-2013
Accepted: 12-10-2014

Introduction: From an economic viewpoint, tomato is considered as the second most valuable crop after potato. It is also preceded by the potato in terms of per capita consumption in the world. In 2008, the cultivation area used for the tomato as equal to 163,539 hectares in Iran and the production of it was equal to 5,887,715 tons with an average production of 117,887 tons in 4352 hectares in the provinces, respectively. Having high production volume and quality, costly hybrid seeds are currently used for the major planting areas of vegetable in Iran. Most of the used transplanted seedlings are 83%. Since the seeds are expensive, the percentage of seedlings and healthy and disease-free seeds should be used for maximized germination and be transferred to the fields of open space. Preparing seedlings in transplanting trays is a technology to respond to this need. Trays are covered with a layer of Peat and Miculite fertilizers. Then, one seed is manually placed in each cell after gauging and preparing a suitable field. However, manually placing seeds is time-consuming and requires hard labor. Sixteen working labors per hour are required for 15 × 7 cell in order to have 10200 seedlings grown in 100 trays. Due to lack of adequate labor, production capacity of greenhouses is reduced, especially in the farming season when finding labor for planting vegetable sprouts is laborious. Therefore, mechanizing tray seeding operations is essential to increase the capacity of the growing industry of greenhouses in Iran.
Materials and Methods: Initially, the tomato seeds were examined in the laboratory. The most important parameters of the study included size, shape, weight, the speed of getting out of the tank and the minimum carrying speed. Then, a vacuum-based single seed picking unit was prepared to investigate the factors influencing the design, so that a single tomato seed can be harvested from the masses. The most important factors considered in the design and construction included: cost, ease of performance, portability, use of local equipment, the planter's capacity as well as the style of picking single seeds (In Fig.1, the original scheme of the device is presented). The planter consists of several parts operating harmoniously to yield the desired results. These parts include a chassis and conveyor belt mechanism, primary and secondary fertilizer tanks, squashing unit, seed metering device and vibrating reservoir of the seed (The main text of modeling the device with SolidWorks software is shown in Fig.2). This device is designed in such a way that the position of the nozzle, the suction pressure, the height of removing seeds and the vibration frequency of the seeding tray are adjustable. Evaluation of the device was carried out by single seeding of tomato seeds in trays with 105 cells (7 × 15). Suction pressure and nozzle size were calculated for tomato seeds. Scaling distances were considered equal, based on the 30.5-mm intervals of the cells. Single seed picking efficiency of seeds was calculated by the system, as the single percentage of seeding and the total percentage of seeded cells. Seed consumption efficiency is the ratio of the total seeded cells to the total number of existing seeds in the cells. Seeding efficiency also refers to single, dual, and multiple harvested seeds. Furthermore, the device capacity is defined as the number of seeded tray cells per hour. In order to design and build a precise robot planter, an experiment including the designed planter and planting speed of workers in 10 repetitions was designed and implemented to estimate the seeding time and compare with automated and manual planting methods. Seedling trays with four replications were cultivated by the designed robot and the number of cultivated seeds per tray at each stage were correctly counted. After that, the spent planting time by a worker was determined with four replications.
Results and Discussion: The planting rate of tomato seeds is different when comparing mechanized and manual methods. As it is known, the time required for cultivation in the mechanized method is at least one-tenth of the time

1-Young Researchers and Elite club, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran
2- Assistant professor, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Biosystem, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
3 & 4- Assistant professors, Department of Mechanical Engineering of Agricultural Biosystem, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran
5- Young Researchers and Elite club, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
(*- Corresponding Author Email: ghezavati905@gmail.com)

required for cultivation in the conventional and manual method, which causes the planting rate to increase, and this robot is one of the components of cultivation in the mechanized method in cultivation and production of tomatoes. By assessing planting time using the mechanized method it was revealed that an average of 26.3 seconds is needed to fill a 7 × 15 centimeter tray of tomato seeds with 105 cells. The same planting procedure in the manual method takes an average of 357 seconds which is indicative of the high rate of the designed device. The planter capacity experimented using a seedling tray with the size of 15×7 cells, was calculated to be 17750 cells per hour showing that the suction pressure increases by a reduction in seed size. Thus, while working with small-sized seeds, fluctuations of the suction pressure must be carefully considered to be minimized and the seed being dual was only affected by the opening diameter. Therefore, the opening diameter should become the same in size in order to minimize the dual seed instances. In case of the tomato, the opening diameter had a great influence on the seeds being bulky.

Conclusions: Manual planting takes a considerable time in comparison with the mechanized planting. Furthermore, using the designed device in addition to speeding up the planting process, caused regular and accurate cultivation of tomato seeds in order to produce seedlings. The results indicate that utilizing the device over time is highly economical for the major producers of tomatoes, and it is recommended to be used in agro-industry companies, and in the mechanized method of planting in large scales.

Keywords: Manual and mechanized cultivation, Planting, Robot, Seedling tray, Tomato seed, Worker