DOI:10.22059/ijbse.2020.291819.665239 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۲۸۳-۲۷۳)

Design, Development and Evaluation of a Pneumatic Planter for Sunflower and Sugar Beet Intercropping

HOSEIN MINEKHATI[1], MOHAMMAD REZA MALEKI[1*], SAMIRA ZAREEI[1]
1. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
(Recived: Nov. 2, 2019- Revised: Jan. 11, 2020- Accepted: Jan. 13, 2020)

ABSTRACT

One of the main problems in intercropping is the lack of suitable machinery. In this research, a new pneumatic punch planter has been developed and evaluated for intercropping of sugar beet and sunflower. The main components of sunflower pneumatic punch planter were chassis, punching unit, and seed transferring unit. A unit of pneumatic planter fabricated by Trashkadeh Company Karaj (Iran) was removed and a unit of punch planter was incorporated on the toolbar instead and intercropping was performed. The experimental tests were carried out in a 4-ha field and the effect of traveling speeds of 3, 4 and 5 km/h on seed holes, seed depth, the number of germinated seeds and yield was evaluated. A completely randomized design at three speeds and three repetitions using Duncan's Multiple Range Test was utilized for comparison uses. No variations in hole depth was observed at travel speed of 3 km/h; where the maximum germinated seeds were achieved as well as minimum variation in hole distances. The results showed that the use of pneumatic punch planter caused 9.69 and 12.45 percent increase in sugar beet and sunflower yields, respectively.

Keywords: Yield, Hole distance, Hole depth

*Corresponding Author's Email: mrmaleki@uok.ac.ir

طراحی، ساخت و ارزیابی مزرعه‌ای کارنده پنوماتیک کشت مخلوط آفتاب‌گردان و چغندرقند

حسین مینه ختی[۱]، محمدرضا ملکی[*]، سمیرا زارعی[۲]

۱. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۰/۲۳)

چکیده

یکی از مشکلات اصلی در کشت مخلوط، کمبود ماشین آلات مناسب است. در این تحقیق یک کارنده حفره‌ساز پنوماتیکی کشت آفتاب‌گردان جهت بکارگیری در کشت مخلوط با چغندرقند طراحی و ارزیابی شد. کارنده پنوماتیکی حفره ساز آفتاب‌گردان شامل شاسی، واحد حفره‌ساز پنوماتیکی و واحد انتقال بذر می‌باشد. یکی از واحدهای کارنده پنوماتیک ساخت شرکت تراشکده کرج از روی تیرک افزار باز و بجای آن یک واحد کارنده حفره‌ساز پنوماتیکی سوار و کشت مخلوط اجرا شد. آزمایش‌ها در مزرعه‌ای به مساحت ۴ هکتار اجرا شد و تاثیر سه سرعت پیشروی ۳، ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت روی شاخص‌های تعیین عملکرد شامل عمق حفره‌ها، فاصله بین حفره‌ها، تعداد بوته‌های سبز شده و عملکرد محصول مورد مطالعه قرار گرفت. از طرح کاملاً تصادفی در سه سرعت و سه تکرار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه استفاده شد. نتایج نشان داد که در سرعت ۳ کیلومتر در ساعت هیچ کاهش عمقی در عمق حفره‌ها مشاهده نشد و بیشترین تعداد بوته‌های سبز شده با کمترین تغییرات در فاصله بین حفره‌ها حاصل شد. نتایج نشان داد که استفاده از کارنده پنوماتیک حفره ساز در کشت مخلوط آفتاب‌گردان و چغندرقند سبب افزایش ۹/۶۹ درصد عملکرد چغندرقند و افزایش ۱۲/۴۵ درصد عملکرد آفتاب‌گردان شده است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، فاصله بین حفره‌ها، عمق حفره‌ها

مقدمه

افزایش جمعیت جهان و از بین رفتن تدریجی منابع طبیعی اهمیت استفاده بهینه از منابع موجود را روشن می‌سازد. با نیاز روز افزون به تولید محصولات کشاورزی و کشت متوالی یک محصول، مزارع کشاورزی رفته رفته باروری طبیعی خود را از دست می‌دهند. از این رو توجه بیشتر به کشت مخلوط بیش از پیش احساس می‌شود (Abujoyegbe *et al.*, 2013). کشت مخلوط یکی از مولفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌شود (Mazaheri, 1994). از مزایای کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح (Banik *et al.*, 2006)، تبادل موادغذایی، افزایش بهره‌وری نیتروژن خاک،کاهش رقابت علف‌های هرز، ممانعت از فعالیت آفات، کنترل عوامل بیماری‌زا وکاهش تعرق (Salehi *et al.*, 2018) اشاره نمود. اگرچه رقابت بین محصولات و نیازهای غذایی متفاوت و نیز نیاز به سموم شیمیایی متفاوت از معایب کشت مخلوط به شمار می‌آید (Mazaheri, 1994). یکی دیگر از مشکلات محدودیت در اجرای کشت مخلوط نبود ادوات مورد نیاز می‌باشد (Koocheki *et al.*, 2009). اولین مرحله از عملیات کشاورزی جهت اجرای کشت مخلوط که با محدودیت همراه است، نبود ادوات کاشت مورد نیاز است. طبیعی است که نخستین فاکتور در انتخاب دو نوع بذر برای کشت مخلوط، همزمانی فصل کشت و تا حدودی عدم همزمانی فصل برداشت آنهاست و بذرهای حائز چنین شرایطی ممکن است علاوه بر اینکه از نظر شکل و اندازه متفاوت باشند، روش کاشت متفاوتی نیز برای آنها می‌بایست در نظر گرفته شود. به همین دلیل ممکن است برای کشت مخلوط بسیاری از گیاهان، استفاده از یک نوع کارنده برای کاشت هر دو بذر میسر نباشد. در حال حاضر در ایران برای کشت بسیاری از گیاهان، کشت مخلوط با کشت مکانیزه محصول اول انجام شده و سپس با استفاده از کشت دستی اقدام به کاشت محصول دوم در بین ردیف‌ها خواهد شد. بدیهی است در این روش علاوه بر کند بودن، نیروی کارگری بسیار زیادی نیز لازم خواهد بود.

دستگاه کارنده کشت مخلوط برای محصولات مختلفی طراحی شده و مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال در یک آزمایش برای کاشت مخلوط ذرت و لوبیا یک دستگاه پنوماتیک ساخته شد و نتایج حاصل از ارزیابی آن نشان داد که فاصله بین بذرها روی خط کشت و عمق کاشت از جمله عواملی است که کارایی دستگاه را تحت قرار می‌دهد (Mondani & Karparvarfard, 2016). البته هیچ گزارشی مبنی بر کارایی دستگاه کشت مخلوط ارائه نشد. در یک مطالعه دیگر برای کاشت

* نویسنده مسئول: mrmaleki@uok.ac.ir

ذرت از یک کارنده حفره ساز از نوع دورانی پانچی استفاده شد (Molin *et al*., 1998) و ارزیابی آزمایشگاهی و مزرعه‌ای نشان داد که با افزایش سرعت پیشروی، شاخص چند کاشتی، شاخص نکاشت و شاخص دقت افزایش یافته در حالی که شاخص کیفیت تغذیه کاهش یافت. در این تحقیق نیز آزمایشات لازم برای نشان دادن کارایی دستگاه درکشت مخلوط صورت نگرفت.

یکی از انواع کشت‌های مخلوط که اخیراً در شمال غربی ایران بسیار مورد توجه قرار گرفته است، کشت مخلوط چغندرقند و آفتاب‌گردان است. آفتاب‌گردان یکی از گیاهان مهم جهت تولید روغن‌های خوراکی در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد (Ashely *et al*., 2002). بالا بودن درصد روغن در ارقام اصلاح‌شده تا حدود ۵۰ درصد وزن دانه، کیفیت عالی روغن و بالا بودن درصد اسیدهای چرب غیراشباع در ترکیب آن، کوتاه بودن دوره رشد، سازگاری وسیع با شرایط مختلف آب و هوایی و جغرافیایی از جمله ویژگی‌هایی است که آفتاب‌گردان را در میان سایر گیاهان روغنی متمایز می‌کند. علاوه بر این، قابلیت کشت مکانیزه آفتاب‌گردان این گیاه را در بین سایر گیاهان دانه های روغنی بیشتر مورد توجه قرار داده است. از طرف دیگر چغندرقند نیز گیاهی است که با طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی سازگار است و در تناوب گیاهی به خوبی جا گرفته و علاوه بر این که موجب کاهش تراکم علف‌های هرز می‌شود، در کشت مخلوط با دانه‌های روغنی می‌تواند منجر به بازده بیشتر عملیات شود (Usmanikhail *et al*., 2012). بنابراین کشت مخلوط چغندرقند و آفتاب‌گردان می‌تواند از لحاظ سطح زیر کشت و مسائل اقتصادی از اهمیت بالایی برخوردار باشد. چغندرقند در روش مرسوم به‌صورت مکانیزه کشت می‌شود، این درحالتی است که کشت آفتاب‌گردان غالباً به‌صورت دستی انجام می‌شود که مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد می‌باشد. بدیهی است مکانیزه کردن کشت چغندرقند همزمان با آفتاب‌گردان باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها خواهد شد. نیاز آبی فراوان در هنگام کاشت برای هر دو گیاه و نیز به دنبال آن الزام آبیاری در زمان غنچه‌دهی یا هنگام پرشدن دانه‌های آفتاب‌گردان وهمچنین در زمان تشکیل غده‌های چغندرقند می‌تواند کشت مخلوط این دو گیاه را بیشتر توجیه نماید. طبیعی است که با توجه به کمبود آب، استفاده از دور آبیاری بیش‌تر در طی رشد رویشی هر دو محصول می‌تواند با حفظ بازده رطوبتی، عملکرد بالایی را برای چغندرقند و آفتاب‌گردان به‌صورت همزمان فراهم کند. همچنین کنترل علف‌های هرز در هر دو محصول توسط کولتیواتور به‌صورت مکانیزه قابل اجرا خواهد بود (Farokhi *et al*., 2006). عدم یکنواختی فاصله بذرهای آفتاب‌گردان با روش کاشت متداول استفاده بهینه گیاه از سطح خاک را کاهش می‌دهد. کشت مکانیزه چغندر قند با استفاده از ردیف کار مجهز به شیار بازکن کفشی انجام می‌شود، ولی کشت آفتاب گردان به علت امکان وقوع عدم یکنواختی عمق بذر، با این روش به سادگی میسر نیست و به هنگام سنگین شدن طوقه، تعداد قابل توجه‌ای از ساقه‌های گیاه دچار خوابیدگی خواهند شد. شایان ذکر است که در کشت آفتاب‌گردان تثبیت ریشه از عوامل مهم در پایداری ساقه گیاه به هنگام سنگین شدن طوقه است و در صورتی که عمق بذر در زمان کاشت به هر دلیلی از اندازه مورد نظر کمتر باشد، گیاه دچار خوابیدگی خواهد شد. یکی از راه‌های پیشنهادی به منظور رفع این مشکل، کاشت آفتاب‌گردان با استفاده از کارنده حفره ساز است. در این حالت عمق کاشت تا حد زیادی یکنواخت می‌شود و مشکل خوابیدگی گیاه به هنگام سنگین شدن ساقه و طوقه برطرف خواهد شد. از سوی دیگر فاصله‌های بین بذرها به وسیله کارنده حفره ساز با انحراف اندکی همراه است (Jafari & Fornstrom, 1972).

کاشت آفتاب‌گردان با استفاده از یک نمونه از کارنده حفره ساز پانچی مخروطی در جهت رفع مشکل خوابیدگی ساقه و نیز عدم یکنواختی فاصله‌های بذرها با آزمایش دو فاکتور سرعت کاشت (۳/۶ و ۷/۲ کیلومتر بر ساعت) و فاصله حفره ها (۶۰ و ۶۸ سانتی‌متر) به صورت کارگاهی انجام شد (Shahbazi, 2016). نتایج این تحقیق نشان داد که فاکتورهای مورد مطالعه اثر معنی داری روی سالم ماندن حفره و عمق حفره (۱۹-۱۲ سانتی‌متر) ندارند. با وجود این گزارش شد که در حالی که یکنواختی فاصله‌های کاشت تا حدود زیادی برطرف گردید، تغییرات قابل توجه‌ای در عمق کاشت گزارش شد.

تاکنون تحقیقی عملی مبتنی بر ساخت دستگاه کارنده کشت مخلوط چغندرقند و آفتاب‌گردان انجام نشده است و همان‌طور که اشاره شد کشت مخلوط در حال حاضر با کاشت مکانیزه چغندرقند و کاشت دستی آفتاب‌گردان انجام می‌شود. هدف از تحقیق حاضر طراحی و ساخت کارنده پنوماتیکی و تلفیق آن با یک مدل کارنده پنوماتیکی متداول برای کشت مخلوط چغندرقند و آفتاب‌گردان است.

مواد و روش‌ها

بدیهی است که ردیف کار کشت مخلوط آفتاب گردان و چغندر قند باید شامل دو نوع کارنده متفاوت که هر کدام کاشت یک گیاه را عهده‌دار است، باشد. بنابراین طراحی کارنده کشت مخلوط می‌تواند با ادغام دو نوع کارنده با یکدیگر صورت پذیرد. برای کاشت چغندرقند از یک کارنده پنوماتیک ساخت شرکت تراشکده

کرج (NP[1])، ایران استفاده شد. این کارنده بطور وسیعی در منطقه مورد آزمایش برای کشت چغندرقند مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختمان این کارنده شامل تیرک افزار، مخزن بذر، چرخ محرک، جعبه‌دنده، موزع، سیستم الحاقی پنوماتیک، چرخ فشار دهنده، شیار بازکن و پوشاننده می‌باشد. از این کارنده پنوماتیک به عنوان کارنده اصلی استفاده شد و یک واحد کارنده حفره ساز آفتاب گردان (NPP[2]) که در این تحقیق بطور کامل طراحی شده است، روی آن سوار گردید (شکل ۱). کارنده حفره ساز پنوماتیکی آفتاب گردان در کارگاه گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه کردستان، طراحی و ساخته شد. این کارنده از شاسی قابل تنظیم، واحد حفره‌ساز، واحد تثبیت‌کننده حفره‌ساز، واحد انتقال بذر، ریل‌های راهنمای حفره‌ساز، و سامانه پنوماتیکی تشکیل شده است. در ابتدا نقشه قطعات واحد کارنده آفتاب‌گردان در محیط نرم افزار Solid Work (2017) رسم و هر یک جداگانه طراحی شد و سپس این واحد کارنده بر روی تیرک افزار کارنده پنوماتیک چغندرقند مونتاژ شد.

شکل ۱- الحاق کارنده پنوماتیک آفتاب‌گردان به کارنده چغندرقندجهت اجرای کشت مخلوط

وظیفه کارنده حفره ساز ایجاد حفره‌های استوانه‌ای در خاک جهت قرارگیری بذر آفتاب‌گردان به فاصله‌های معین است. به منظور ایجاد حفره‌های مناسب برای کاشت بذر آفتاب‌گردان نیاز به نیرویی است که توانایی فرو بردن یک میله عمودی را به داخل خاک در مدت زمان محدودی داشته باشد. این نیرو می‌تواند به‌صورت مکانیکی، هیدرولیکی و یا پنوماتیکی تأمین شود. استفاده از نیروی هیدرولیکی به دلیل سرعت بسیار پایین آن امکان پذیر نیست زیرا نیروی وارده باید دارای سرعت بسیار بالایی باشد تا در زمان بسیار محدود حفره لازم برای کاشت را ایجاد کند. نیروی مکانیکی نیز به دلیل پیچیدگی‌های محتمل، سرعت پایین و نیز استهلاک بیش از حد قطعات آن دارای کارایی لازم نخواهد بود. از این‌رو از نیروی پنوماتیکی برای ایجاد حفره استفاده شد که قابلیت اعمال نیروی لازم را در مدت زمان کم فراهم می‌ساخت. واحد حفره‌ساز شامل بخش‌های اصلی میله حفره‌ساز، جک پنوماتیکی و غلاف میله حفره ساز است. برای ایجاد حفره‌هایی به قطر ۴ سانتی‌متر و به عمق ۱۲ الی ۱۵ سانتی‌متر از یک میله به قطر۴ سانتی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. با انجام آزمایش‌های اولیه مشخص شد که برای فرو بردن یک چنین میله ای به عمق لازم حدود ۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم نیرو نیاز است. با وجود این برای ایجاد حفره در محدوده زمانی موجود، از یک جک پنوماتیکی دوطرفه ERON مدل SC63×200-S ساخت ترکیه با نیروی ۳۰۰ کیلوگرم استفاده شد. مشخصات فنی این جک در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات جک پنوماتیکی مورد استفاده در واحد حفره ساز

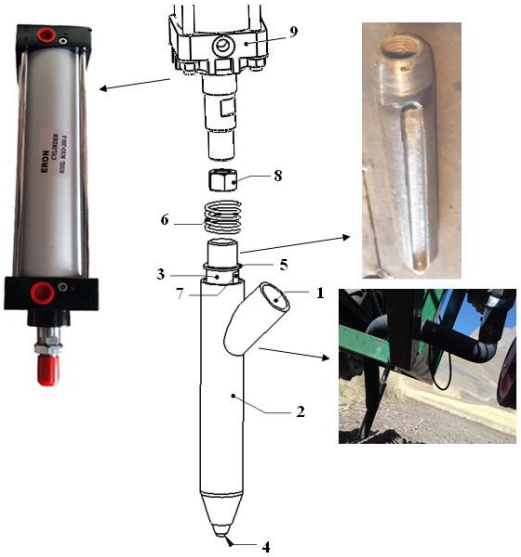
پارامتر	مقدار
قطر پیستون	۶۳ میلی‌متر
کورس پیستون	۲۰۰ میلی‌متر
نوع عملکرد	دوطرفه تک پیستونه
سرعت خطی پیستون	۵۰-۷۰۰ میلی‌متر بر ثانیه
حد دمای کاری	۱۰-۶۰ درجه سانتیگراد
مقدار هوای لازم	۳-۶ بار
نیرو در فشار۶ بار	۲۹۴۲ نیوتن

نوک میله حفره ساز به صورت مخروطی ساخته شد تا عمل فرو رفتن به داخل خاک به آسانی انجام شود. قسمت فوقانی میله حفره‌ساز با ایجاد یک رزوه به بازوی جک پنوماتیکی متصل شد. بنابر این با فعال شدن جک پنوماتیک، میله حفره ساز به سمت زمین حرکت کرده و تا عمق مورد نظر در خاک فرو می‌رود. جهت جلوگیری از انحراف میله از حالت قائم، جک پنوماتیکی در نزدیک ترین فاصله به زمین قرار داده شد تا در اثر اعمال سریع نیرو و یا گشتاور احتمالی حاصل از شیب زمین، میله حفره‌ساز از راستای قائم منحرف نشود و احتمال شکسته شدن آن تا حد ممکن کاهش یابد. فشار هوای لازم برای اعمال به جک پنوماتیکی از طریق یک کمپرسور کوچک تامین شد. سطح میله حفره ساز کاملاً صاف و صیقلی شد و در راستای طولی میله شیاری با مقطع نیم دایره به عمق۹ میلی‌متر جهت عبور بذر ایجاد شد. این عمق بر اساس حداکثر عمق گزارش شده برای بذر آفتاب‌گردان در تحقیقات موجود انتخاب شد (Khodabakhshian *et al*., 2011). لوله خرطومی واحد انتقال بذر در محل اتصال به میله حفره ساز به غلاف میله و در نهایت به این شیار منتهی می‌شود. اجزای واحد انتقال بذر در شکل (۲) نشان داده شده است. هنگامی که میله

1 . Pneumatic planter

2 . Pneumatic punch planter

حفره‌ساز به وسیله جک به داخل خاک فشار داده می‌شود، غلاف نیز همراه آن به داخل خاک فرو می‌رود. سپس فنر بین غلاف و میله حفره‌ساز با فشار جک جمع شده و نوک میله حفره‌ساز از سوراخ تحتانی غلاف خارج شده و سوراخ انتهایی غلاف مسدود می‌شود. بذر از موزع پنوماتیکی (شکل ۲) به وسیله یک لوله خرطومی به حد فاصل بین غلاف و میله حفره ساز منتقل شده و از شیار عمودی روی میله به پایین ترین قسمت شیار می‌رسد. هنگامی که میله حفره‌ساز در حال خروج از خاک است فنر رابط بین غلاف و میله حفره ساز جمع شده، میله درون غلاف بالا آمده و بذر به داخل حفره سقوط می‌کند. اصطکاک بین خاک و غلاف باعث می‌شود که در زمان بالا آمدن میله حفره ساز، غلاف برای مدت کوتاهی توقف نماید و فنر رابط را تا حدودی جمع کند که این امر باعث باز شدن انتهای غلاف شده و بذر از شیار مورد اشاره فرو افتاده و به داخل حفره سقوط می‌کند. با جمع شدن بیشتر فنر رابط در اثر بالا رفتن میله حفره ساز، غلاف سر جای خود برگشته و مجدداً سوراخ انتهایی مسدود شده و آماده بذرگیری بعدی می‌شود.

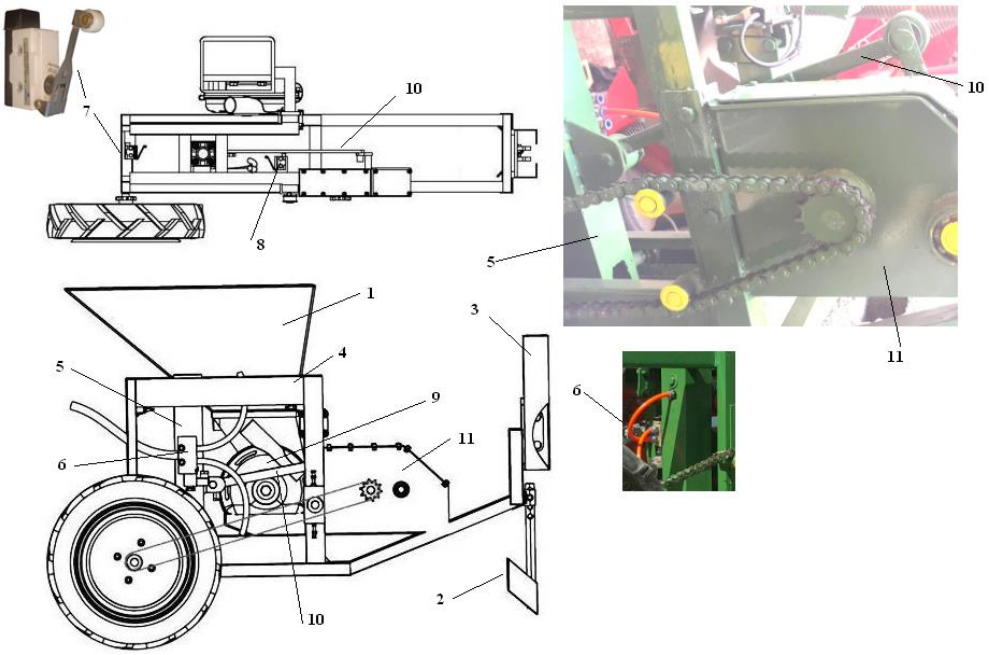


شکل ۲- اجزای واحد حفره ساز: ۱. ورودی بذر ارسالی از موزع خلائی، ۲. غلاف میله حفره ساز، ۳. میله حفره‌ساز، ۴. سر مخروطی میله حفره‌ساز، ۵. واشر نگهدارنده فنرحلقوی، ۶. فنر حلقوی، ۷. شیار حرکت بذر بر روی میله حفره‌ساز، ۸. مهره متصل کننده واحد حفره‌ساز به جک پنوماتیکی، ۹. جک پنوماتیکی

زمانی که جک پنوماتیکی شروع به کار می‌نماید می‌بایست پایین آمدن جک و بالا رفتن آن دارای یک زمان بندی خاص باشد. به عبارت دیگر میزان پایین رفتن جک تا ایجاد حفره ادامه یافته و باید در موقعیت مناسب خاتمه پیدا کند تا حفره به عمق مورد نظر ایجاد شود. برای این کار از دو عدد شیر الکتریکی مخصوص کنترل هوای فشرده استفاده شد. شیر الکتریکی مورد استفاده ساخت شرکت AIR CONTROL مدل 4V310-10 کشور چین بود. توان الکتریکی لازم برای راه اندازی شیر الکتریکی از باتری تراکتور تأمین شد. وظیفه یکی از شیرهای الکتریکی هدایت هوای فشرده کمپرسور به ورودی بالایی جک پنوماتیکی برای پایین آوردن جک و ایجاد حفره است. وظیفه شیر الکتریکی دوم هدایت هوای فشرده کمپرسور به ورودی پایینی جک پنوماتیکی برای بالا آوردن جک و خارج کردن میله حفره ساز از خاک است. برای قطع و وصل کردن جریان الکتریسیته ارسالی به شیر الکتریکی، از دو عدد میکروسوئیچ ساخت شرکت SEVEN مدل D4MC-2000-DC 10A 250V کشور چین استفاده شد که وظیفه یکی از آنها قطع جریان الکتریسیته به شیر الکتریکی اول پس از اتمام کار ایجاد حفره به وسیله میله حفره ساز است. وظیفه میکروسوپیچ دوم قطع جریان الکتریسیته به شیر الکتریکی دوم پس از بالا آمدن کامل میله حفره ساز از خاک است. با توجه به سطح مقطع موثر پیستون جک پنوماتیکی، سرعت پایین آمدن جک بیشتر از سرعت بالا رفتن آن از خاک خواهد بود.

هنگامی که واحد حفره‌ساز شروع به ایجاد حفره می‌کند و میله حفره‌ساز به داخل خاک فرو می‌رود باید حرکت رو به جلوی آن در راستای حرکت تراکتور برای مدت زمان معینی متوقف شود. به عبارت دیگر سرعت نسبی میله حفره‌ساز نسبت به زمین صفر شود. این توقف زمانی می‌بایست در محدوده زمانی فرو رفتن میله حفره ساز در خاک و خارج شدن آن از خاک باشد. اگر این زمان کافی نباشد، در حین حرکت ماشین به سمت جلو، میله داخل حفره حرکتی در راستای حرکت تراکتور خواهد داشت و علاوه بر اینکه حفره عمودی ایجاد نمی‌شود، باعث خرابی و یا شکسته شدن میله و بازوی جک می‌گردد. از این‌رو برای ثابت کردن حفره‌ساز در یک بازه زمانی کوتاه از واحد تثبیت کننده استفاده شد. وظیفه این واحد این است که میله حفره‌ساز در زمان ایجاد حفره با سرعتی برابر سرعت پیشروی ماشین و در خلاف جهت آن حرکت داده شود. برای هدایت واحد حفره‌ساز در خلاف جهت حرکت تراکتور، از یک محور لنگ و شاتون و یک جعبه دنده جهت تغییر دور استفاده شده است (شکل ۳). واحد حفره ساز در یک محفظه چهار گوش قرار گرفته و برای این مجموعه در قسمت فوقانی چهار عدد و در قسمت تحتانی نیز دارای چهار عدد بلبرینگ جهت حرکت درون ریل طراحی شده روی شاسی قرار داده شد. حرکت چرخ زمینی کارنده با محیط ۱۸۰ سانتی‌متر از طریق زنجیر و چرخ به نسبت ۶ به ۵ به محور یک چرخ دنده ۴۲ دندانه‌ای منتقل شده و این چرخ دنده با چرخ دنده ۱۴ دندانه‌ای متصل به بازوی لنگ انتقال نیرو به مجموعه حفره ساز منتقل می‌گردد. بدیهی است که تعداد دندانه‌های چرخدنده‌ها متناسب با فاصله مورد نظر بین بوته ها محاسبه شده است. بنابراین با گردش ۰/۸۳ دور چرخ زمینی، سه حفره در خاک ایجاد می‌شود.

برای اینکه بتوان در کشت آفتاب‌گردان فاصله بین بذرها روی ردیف را تنظیم نمود از یک جعبه دنده استفاده شد که نیروی آن از طریق چرخ زمینی تامین شد. در حالی که فاصله بذرها در کشت چغندر قند ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، فاصله بین بذرهای آفتاب‌گردان ۵۰ سانتی‌متر تنظیم شد. در کارنده چغندرقند از یک موزع خلائی حلزونی استفاده شده است. برای توزیع بذر در کارنده آفتاب‌گردان نیز از همان موزع خلائی حلزونی استفاده شد، با این تفاوت که صفحه موزع خلائی مورد استفاده در کارنده آفتاب‌گردان دارای ۱۰ سلول با قطر هر سلول ۴/۵ میلی‌متر بود در حالی‌که صفحه موزع خلائی در کارنده چغندرقند دارای ۳۶ سلول با قطر هر سلول ۲/۱ میلی‌متر بود. قطر سلول ۴/۵ میلی‌متری موزع آفتاب‌گردان از آن جهت در نظر گرفته شد که حداقل دو بذر آفتاب‌گردان جذب هر سلول روی صفحه شود تا از سبز شدن حداقل یک بذر در هر حفره اطمینان حاصل شود. شایان ذکر است که جهت اطمینان از مهیا بودن بذر آفتاب‌گردان در شیار میله حفره ساز به هنگام باز شدن انتهای غلاف حفره ساز، فاصله تنظیم شده بذرهای آفتاب‌گردان ۴۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا بذر قبل از باز شدن سوراخ تحتانی حفره ساز در آنجا آماده باشد. بنابر این در نهایت فاصله بوته‌ها همان ۵۰ سانتی‌متر خواهد شد. مکش مورد نیاز موزع خلائی حلزونی در کارنده آفتاب‌گردان از پمپ مکنده مرکزی کارنده چغندر قند تامین شد.

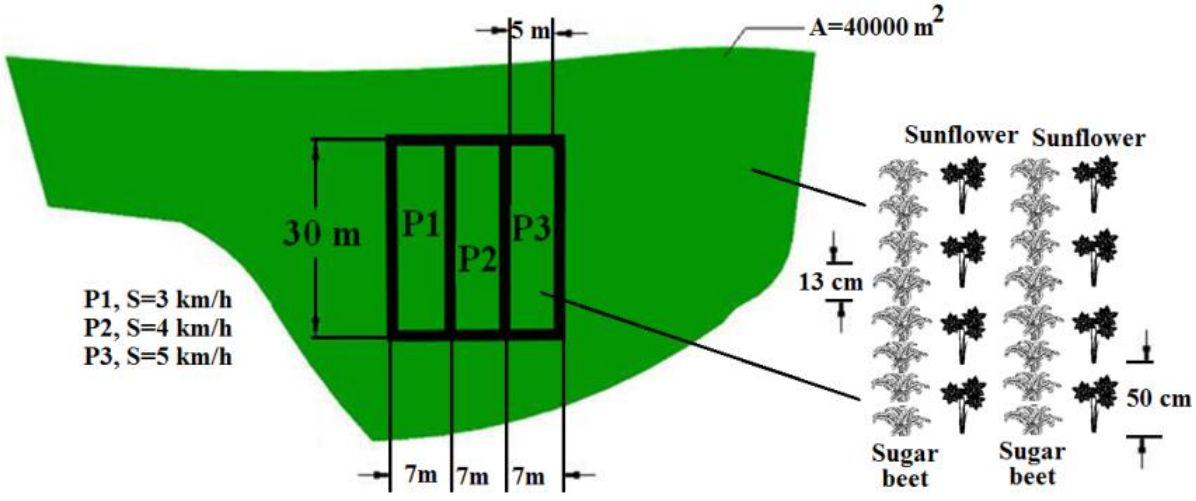


شکل ۳- کارنده حفره‌ساز آفتاب‌گردان، ۱. مخزن بذر، ۲. شیار بازکن، ۳. مکنده موزع، ۴. ریل های راهنما، ۵. واحد حفره ساز، ۶. شیر تقسیم پنوماتیکی، ۷. میکروسویچ قطع فشار هوا، ۸. میکروسویچ اتصال فشار هوا، ۹. موزع بذر، ۱۰. شاتون تثبیت کننده، ۱۱. جعبه دنده

آزمایش‌های مزرعه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۷ در روستای گرده بن، شهرستان پیرانشهر، استان آذربایجان غربی، واقع درعرض جغرافیایی۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۵۴۵ متر از سطح دریا اجرا گردید. میانگین بارش در این منطقه ۳۳۹ میلیمتر بوده و از مناطق پر باران کشور محسوب می‌شود. علی‌رغم این، پیرانشهر دارای تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. تفاوت دمای ظهر و شب هوای محیط در فصل کشت چغندرقند و آفتاب‌گردان که از اردیبهشت ماه آغاز و برای آفتاب‌گردان تا مرداد و برای چغندرقند تا مهر ماه ادامه دارد نسبتاً زیاد و در حدود ۱۵ درجه سانتیگراد می‌باشد، لذا کشاورزان معمولاً از یک تا دو دور آبیاری بیشتر برای به عمل‌آوری بهتر محصول استفاده می‌کنند. بافت خاک مزرعه سیلتی- رسی و دارای ۴۱ درصد سیلت، ۴۳ درصد رس و ۱۶ درصد ماسه بود. این زمین در سال‌های قبل نیز بارها برای کشت چغندرقند و یا آفتاب‌گردان مورد استفاده قرار گرفته بود. همچنین زمین از لحاظ توپوگرافی دارای شرایط نسبتاً یکنواختی بود. در زمانی که رطوبت مزرعه در حد گاورو بود، زمین مورد آزمایش، پس از شخم به وسیله یک گاوآهن برگردان‌دار و دو بار هرس زدن، با استفاده از یک شیارکش به‌صورت جوی و پشته آماده شد. با این روش اماده سازی، بقایای گیاهی در سطح خاک به ندرت قابل مشاهده بود.

جهت ارزیابی، ابتدا در کل سطح مزرعه کشت مخلوط

چغندرقند و آفتاب‌گردان به وسیله کارنده نیوماتیک ساخت شرکت تراشکده کرج (NP) اجرا شد. کاشت به این صورت انجام گرفت که سه مخزن کارنده از بذر آفتاب‌گردان و سه مخزن دیگر به صورت یک در میان از بذر چغندرقند پر شد. بنابراین واحدهای کارنده به صورت یک در میان به کشت چغندرقند و آفتاب‌گردان اختصاص داده شد (شکل ۴). فاصله بین بذرهای چغندرقند ۱۳ سانتی‌متر با عمق ۴ سانتی‌متری و فاصله بین بذرهای آفتاب‌گردان ۵۰ سانتی‌متر با عمق ۱۲ سانتی‌متری در نظر گرفته شد. فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها بر اساس توصیه مروجین و کشاورزان که در منطقه به خوبی مورد استفاده قرار گرفته است، انتخاب شد. برای نمونه برداری در سطح مزرعه ابتدا ردیف‌های کشت به قسمت‌های سی متری تفکیک شده و از هر ردیف آفتاب‌گردان و از هر ردیف چغندرقند سه طول سی متری به عنوان سه تکرار طرح آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب شد. پس از اتمام عملیات کشت مخلوط در سطح مزرعه، ابتدا یکی از واحدهای NP باز شده و تک واحد کارنده NPP طراحی شده در این تحقیق، بجای آن روی تیرک افزار نصب شد و کشت مخلوط با استفاده از NPP در سه ناحیه هر یک به ابعاد ۷×۳۰ متر انجام شد. در هر ناحیه ۱۰ ردیف با فاصله‌های ۵۰ سانتی‌متر و با طول ۳۰ متر و به صورت یک ردیف در میان به کشت چغندرقند و آفتاب‌گردان اختصاص داده شد. فاصله یک متر اطراف هر ناحیه کشت نشد. مشخصات کاشت در این سه ناحیه نیز همانند کل سطح مزرعه در نظر گرفته شد. برای اینکه کشت در ناحیه‌های مورد اشاره یک در میان صورت گیرد، تنها یک واحد کارنده چغندرقند مجاور کارنده NPP فعال و از چهار واحد دیگر کارنده NP در ناحیه‌های تحت آزمایش استفاده نشد. بنابراین در هر ناحیه به صورت یک ردیف در میان چغندرقند و آفتاب‌گردان کاشته شد. بخش نخست ارزیابی شامل میزان محصول برداشت شده در کل سطح مزرعه کاشته شده به وسیله NP در مقایسه با میزان محصول در سه ناحیه کشت شده به وسیله NPP بود. محصول به‌صورت دستی برداشت شد و وزن هر نمونه ثبت گردید. سه تکرار در سه ناحیه میانی شامل انتخاب تصادفی سه ردیف کشت از هر پنج ردیف کشت در هر ناحیه می‌باشد. آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌ها انتخاب شد. در بخش دوم، در سه ناحیه کشت شده میانی، شاخص‌های رایج جهت ارزیابی اختصاصی NPP شامل تاثیر سرعت پیشروی روی فاصله بین حفره‌ها، عمق حفره‌ها و تعداد بوته‌های سبز شده مورد مطالعه قرار گرفت که در قسمت بعد توضیح داده می‌شوند. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه سرعت ۳، ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت و در سه تکرار انجام شد. سه تکرار شامل انتخاب تصادفی سه ردیف کشت از هر پنج ردیف کشت در هر ناحیه می‌باشد. آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌ها انتخاب شد.



شکل ۴- شماتیک مزرعه مورد آزمایش کشت مخلوط به‌وسیله کارنده شرکت تراشکده کرج و کشت مخلوط درناحیه‌های آزمایشی(P1,P2,P3) به‌وسیله کارنده حفره ساز در سه سرعت۳، ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت

برای ارزیابی ردیف کار کشت مخلوط آفتاب‌گردان و چغندرقند NPP ساخته شده در تحقیق حاضر، در سه ناحیه در نظر گرفته شده، اثر سرعت پیشروی روی عوامل کارایی ماشین شامل، فاصله بین حفره‌ها، عمق حفره‌ها و تعداد بوته‌های سبز شده اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفتند. یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی عملکرد کارنده‌ها، یکنواختی فاصله بین حفره‌ها روی ردیف‌های کشت می‌باشد. برای ارزیابی توزیع بذر روی ردیف کشت از میانگین فاصله‌های بین بذرها که در واقع معیاری برای

توزیع افقی بذرها می‌باشد و همچنین انحراف معیار فاصله بین بذرها استفاده می‌شود. میانگین و انحراف معیار فاصله‌های بین بذرها به ترتیب با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه می‌شوند (Omidi & Karparvarfard, 2009):

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^{N} \frac{X_i}{N} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

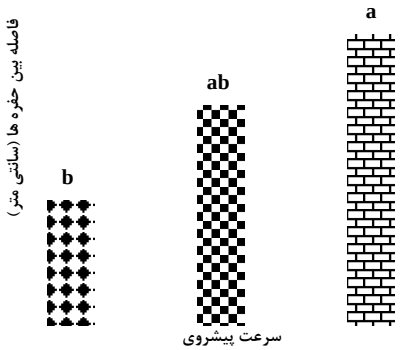
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن Xi فاصله بین بذر i ام و بذر بعدی روی ردیف و N تعدادکل فاصله‌های اندازه گیری شده می باشد. همانطور که در قسمت قبل اشاره شد، برای ارزیابی NPP، سه سرعت پیشروی ۳، ۴ و ۵ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

فاصله بین حفره‌ها

در جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی کارنده کشت مخلوط بر فاصله بین حفره‌های NPP آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، اثر سرعت پیشروی بر فاصله بین حفره‌ها از نظر آماری بی معنی شده است. با وجود این، از آنجا که میانگین فاصله‌های بین حفره‌ها در اطراف میانگین کل آزمایش به طور قرینه قرار می‌گیرند که این باعث کوچک شدن واریانس و در نتیجه معنی دار نبودن آن می‌گردد، می‌توان از آزمون چند دامنه ای دانکن برای تشخیص تفاوت احتمالی در فاصله بین حفره‌ها در سه سرعت بکار گرفته شده، استفاده نمود (Yazdi Samadi *et al*. 2006). در شکل (۵) مقایسه میانگین اثر سرعت پیشروی ماشین بر فاصله بین حفره‌های ایجاد شده روی ردیف های کشت بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داده شده است. آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ نشان داد که فاصله بین حفره‌ها روی ردیف‌های کشت در سرعت‌های ۳ و ۴ کیلومتر در ساعت و همچنین در سرعت‌های ۴ و ۵ کیلومتر در ساعت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند. اما فاصله بین حفره‌ها روی ردیف های کشت زمانی که سرعت‌های ۳ و ۵ کیلومتر بر ساعت با هم مقایسه شدند، تفاوت دارند. همان‌طور که از مقایسه میانگین‌ها مشخص است با افزایش سرعت پیشروی دستگاه، فاصله بین حفره‌ها افزایش یافته است به‌طوری که در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت میانگین فاصله حفره‌ها ۵۰/۷۳ سانتی‌متر و در سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت میانگین فاصله حفره‌ها از همدیگر ۵۱/۴۳ سانتی‌متر شد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که با افزایش سرعت پیشروی فاصله بین حفره‌ها افزایش می یابد، اگرچه وجود اختلافی کمتر از ۱ سانتی‌متر در ایجاد حفره به وسیله دستگاه بسیار جزئی بوده و تأثیر چندانی بر عملکرد کلی دستگاه نخواهد داشت. این اختلاف ممکن است در اثر لغزش احتمالی چرخ کارنده و در نتیجه بهم خوردگی نسبی زمان صحیح ایجاد حفره باشد. بنابراین می‌توان اظهار داشت که در محدوده سرعت‌های مورد آزمایش، افزایش سرعت تاثیر چندانی در یکنواختی فاصله‌های بین بذرها روی ردیف های کشت ندارد. در یک مطالعه اثر سرعت پیشروی ردیف کار ذرت و چغندرقند را بر یکنواختی فاصله بوته‌ها در سه سطح سرعت ۵، ۷ و ۹ کیلومتر در ساعت مورد بررسی قرار گرفت (Khan *et al*., 1992). نتایج این مطالعه نشان داد که یکنواختی بین بوته‌ها در سرعت ۵ کیلومتر در ساعت بهتر است. بدیهی است که با کاهش سرعت پیشروی در اکثر ردیف‌کارها, دقت کار دستگاه بیشتر می شود (Maleki, *et al*., 2006).



شکل ۵- مقایسه اثر سرعت پیشروی کارنده پنوماتیک حفره ساز بر فاصله بین حفره‌ها، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی دار نیستند

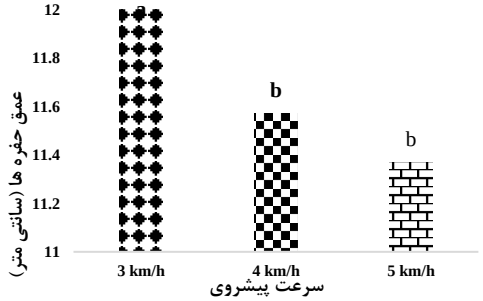
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی روی شاخص های ارزیابی کارنده پنوماتیک حفره ساز

منبع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات تصحیح شده (MS)		
		فاصله بین حفره‌ها	عمق حفره‌ها	تعداد بوته‌های سبز شده
تیمار	۲	۳/۷n.s	۳/۱۴۴**	۳/۷**
خطا	۸۷	۱/۵۴۸	۰/۳۴۹	۰/۴۸۵
کل	۸۹	-	-	-
٪CV	-	۲/۴۴	۵/۰۷	۲۹/۰۲

ns .غیر معنی دار، **. معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون جند دامنه‌ای دانکن

عمق حفره‌ها

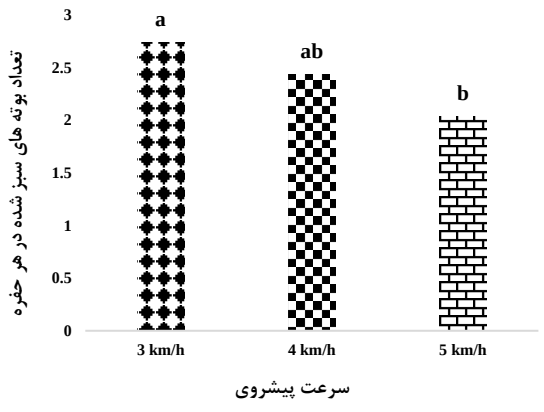
نتایج تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی کارنده پنوماتیک کشت مخلوط بر عمق حفره‌های ایجاد شده برای بذر آفتاب‌گردان در جدول (۲) آورده شده است. در شکل (۶) مقایسه میانگین اثر سرعت پیشروی ماشین بر فاصله بین حفره‌های ایجاد شده روی ردیف های کشت بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود عمق حفره‌های ایجاد شده به وسیله واحد حفره‌ساز در سرعت پیشروی ۳ کیلومتر بر ساعت تفاوت معنی داری با سرعت ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت دارد. با وجود این، تفاوت معنی داری در عمق حفره‌های ایجاد شده به وسیله واحد حفره‌ساز در سرعت پیشروی ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت مشاهده نشد (شکل ۶). بیشترین عمق حفره در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت ۱۲ سانتی‌متر بود که با عمق مورد نظر مطابقت داشت. در واقع با افزایش سرعت پیشروی از ۳ کیلومتر بر ساعت به ۴ و ۵ کیلومتر بر ساعت عمق حفره‌ها به‌میزان ۰/۴۳ و ۰/۶۳سانتی‌متر کاهش پیدا کرد. از نقطه نظر عملکرد فنی، با توجه به اینکه ایجاد حفره به وسیله واحد حفره‌ساز و به وسیله جک پنوماتیک انجام می‌شود، در سرعت‌های پایین، حرکت واحد حفره‌ساز به آرامی انجام می‌گیرد و مجال کافی برای ایجاد و تکمیل حفره وجود دارد. به عبارت دیگر با افزایش سرعت پیشروی، سرعت پایین آمدن جک نیز افزایش می‌یابد و باعث لرزش بیشتر دستگاه و عدم ایجاد یکنواخت حفره مطابق با عمق تنظیم شده خواهد شد. از سوی دیگر، اگر سرعت پیشروی دستگاه افزایش یابد سرعت حرکت واحد حفره‌ساز روی ریل رفت و برگشتی افزایش یافته و مدت زمان باز و بسته شدن شیر الکتریکی اندکی کاهش می‌یابد که بازهم منجر به ناکافی بودن زمان لازم برای ایجاد حفره خواهد شد. دلیل دیگری که عامل کاهش عمق حفره می‌شود این است که حرکت سریع ایجاد حفره ممکن است تا حدودی باعث ریزش دیواره حفره‌ها شود. بنابر این از آنجا که این موضوع در سرعت‌های بالاتر پیشروی مشهودتر بوده، باید برای تنظیم عمق کشت سرعت بهینه پیشروی در نظر گرفته شود.



شکل ۶-مقایسه اثرسرعت پیشروی کارنده پنوماتیک حفره ساز برعمق حفره‌ها، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی دار نیستند

تعداد بوته‌های سبز شده

نتایج تجزیه واریانس اثر سرعت پیشروی کارنده پنوماتیک کشت مخلوط بر تعداد بوته های سبز شده آفتاب گردان در جدول (۲) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که سرعت پیشروی روی تعداد بوته‌های سبز شده تاثیر دارد. تعداد بوته های تعداد بوته های سبز شده آفتاب گردان در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت در مقایسه با سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت و همچنین در سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت در مقایسه با سرعت ۵ کیلومتر بر ساعت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۷). بیشترین میانگین تعداد بوته‌های سبز شده در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت به میزان ۲/۷۳ بوته در هر حفره مشاهده شد. به‌طورکلی با افزایش سرعت پیشروی تعداد بوته‌های سبز شده در هر حفره کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد با کاهش سرعت پیشروی، و به تبع آن کاهش سرعت دورانی صفحه موزع، مدت زمان بیشتری صفحه موزع در محفظه بذر با بذرها در تماس است بنابر این احتمال چسبیدن بذرهای بیشتر به هر سلول موزع بیشتر خواهد شد. این در صورتی است که با افزایش سرعت پیشروی، سرعت موزع افزایش یافته و احتمال این‌که بذر کمتری به موزع بچسبد وجود دارد. در نتیجه با افزایش سرعت پیشروی، تعداد بوته‌های سبز شده در هر حفره کاهش خواهد یافت. در بررسی کارایی دستگاه کارنده حفره ساز بیلچه‌ای چغندرقند در سه سرعت ۳، ۴ و ۵ مایل بر ساعت نشان داده شد (Jafari & Fornstrom,1972) که با افزایش سرعت، تعداد بوته‌های سبز شده کاهش یافته است. در تحقیقی مشابه اثر سرعت‌های پیشروی ۴ و ۶ کیلومتر بر ساعت کارنده پنوماتیک چغندرقند بر تعداد بوته‌های سبز شده بررسی شد (Zarif Neshat *et al.*, 2009). نتایج تحقیق آنها نیز نشان داد در سرعت‌های پیشروی کمتر، تعداد بوته‌های سبز شده بیشترخواهد بود.



شکل۷- مقایسه اثرسرعت پیشروی کارنده پنوماتیک حفره ساز برتعداد بوته‌های سبزشده در هر حفره، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن معنی دار نیستند

مقایسه عملکرد محصول

در جدول (۳) تجزیه واریانس اثر نوع کارنده کشت مخلوط بر عملکرد چغندرقند و آفتاب‌گردان را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که کشت مخلوط با استفاده از NPP تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول در مقایسه با کشت مخلوط با استفاده از NP دارد. به طوری که عملکرد آفتاب‌گردان با استفاده از NP به میزان ۴۷۶۱/۵ کیلوگرم در هکتار و با استفاده از NPP به ۵۴۳۹ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. تثبیت ریشه و استقرار آفتاب‌گردان در حفره‌های ایجاد شده به وسیله (NPP) و نیز یکنواختی قراردهی بذرها احتمالاً از عوامل فنی این افزایش تولید محسوب می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که کشت مخلوط با استفاده از NPP تأثیر معنی‌داری نیز بر عملکرد چغندرقند در مقایسه با کشت مخلوط با استفاده از NP دارد. عملکرد چغندرقند با استفاده از NP به میزان ۶۴/۳ تن در هکتار و با استفاده از NPP به میزان ۷۱/۲ تن در هکتار محاسبه شد. این نتیجه تا حدودی غیر منتظره می‌باشد؛ چرا که شرایط چغندرقند در هر دو روش کاشت مخلوط یکسان بوده و عملاً نمی‌بایست تفاوت عملکردی برای این محصول مشاهده می‌شد. شاید یکی از عوامل این افزایش عملکرد را بتوان به سبز شدن منظم بوته‌های آفتاب‌گردان و کمک به حفظ رطوبت بیشتر در مزرعه مورد آزمایش که در منطقه خشک با نوسان درجه حرارت زیاد در طول شبانه روز واقع شده مرتبط دانست. مطالعه تحقیقات موجود نشان می‌دهد که افزایش عملکرد برخی از محصولات در کشت مخلوط گزارش شده است. به عنوان مثال افزایش عملکرد آفتاب‌گردان درکشت مخلوط با ذرت در منطقه گرم خشک جیرفت بدست آمده است (Tohidi Nejad *et al*., 2004). علاوه بر این بازده بیشتر مصرف آب در کشت مخلوط به وسیله سایر محققین مورد اشاره قرار گرفته است (El-Mehy *et al*., 2018).

جدول ۳- مقایسه میزان محصول کشت مخلوط به‌وسیله کارنده نیوماتیک ساخت شرکت تراشکده کرج و کارنده حفره ساز آفتاب گردان

منبع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات تصحیح شده (MS)	
		چغندرقند	آفتاب‌گردان
تیمار	۱	۲۳۸/۰۵**	۲۵۲۴۵۳۴/۴**
خطا	۱۸	۲۵/۵۱۱	۲۶۰۰۷/۱
کل	۱۹	-	-

**. معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱ آزمون چند دامنه‌ای دانکن

نتیجه گیری

دستگاه کشت مخلوط ساخته شده در این تحقیق با نتایج قابل قبولی قادر به کشت مخلوط چغندرقند و آفتاب‌گردان می‌باشد. به طور کلی می‌توان بیان کرد که استفاده از کارنده پنوماتیک حفره ساز در کشت آفتاب‌گردان زمانی که به صورت مخلوط با چغندرقند کشت شود، سبب افزایش ۹/۶۹ درصد عملکرد چغندرقند و افزایش ۱۲/۴۵ درصد عملکرد آفتاب‌گردان شده است. خطای فاصله بین حفره‌ها در اثر افزایش سرعت بسیار ناچیز بود. اگرچه سرعت پیشروی متداول دستگاه برای کاشت کمی بیشتر از محدوده مورد آزمایش می‌باشد. خطای تغییر عمق در اثر سرعت پیشروی نیز بسیار ناچیز می‌باشد. با ارزیابی‌های به‌عمل آمده می‌توان دستگاه پنوماتیک کشت مخلوط بذر چغندرقند و بذر آفتاب‌گردان طراحی و ساخته شده در تحقیق حاضر را برای کاشت مخلوط این دو محصول پیشنهاد کرد. نتایج ارزیابی فنی دستگاه نشان داد که بهترین عملکرد دستگاه در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت حاصل می‌شود. پیشنهاد می‌شود که سه واحد از کارنده حفره ساز ساخته شده و به صورت یک در میان با کارنده متداول پنوماتیکی چغندر قند روی یک تیرک افزار سوار شود و آزمایشات مزرعه‌ای گسترده‌تری برای تایید نهایی این کارنده به عمل آید.

REFERENCES

Abujoyegbe, B.J., Torimiro, D.O., Tselaesele, N. & Balole T.V. (2013). On-farm evaluation of the productivity of intercropping sunflower with arable crops among smallholder farms in Nigeria and Botswana. *African Journal of Agricultural Research*, 8(16), 1553-1558.

Ashely, R.O., Eriksmoen, E.D. Whitney, M.B. & Rettinger. B. (2002). Sunflower date of planting study in western North Dakota, *Annual Report Dickinson Research Extension Center*,187-198

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K. & Ghose, S.S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24(4), 325-332

El-Mehy, A. A., Taha, A. M. & Abd-Allah A.M.M. (2018). Maximizing land and water productivity by intercropping sunflower with Peanut under sprinkler irrigation. *Alexandria Science Exchange Journal*, 39, 144-160.

Farokhi, A., Nabipour, A. & daneshian, J. (2007). Sunflower agronomy. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute, *Oilseed Crops Research Department*, 32 Pages.

Jafari, J.V. & Fornstrom, K.J. (1972). A precision punch planter for sugar beets. *Transaction of the ASAE*, 15(3), 569–571.

Khan, A., Tabassum, M.A. & Farooq, M.F. (1992). Effort to mechanizate seeding and planting operations in Pakistan. Agricultural Mechanization in Asia, *Africa and Latin America*,

23(3), 15-20.

Khodabakhshian Kargar, R., Emadi, B., Abbaspoorfard, M.H. & Saeidi Rad, M.H. (2011). A determination of physical and aerodynamic properties of sunflower seed, (Azargol variety as a case study). *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 42(1): 43-51. (In Farsi)

Koocheki, A., Hosseini, M. & Hashemi Dezfoli, A. (2009). Sustainable Agricultural Systems. Iranian Student Book Agency, Seventh Edition, 164 Pages. (In Farsi)

Maleki, M.R., Jafari, J.F., Raufat, M.H., Mouazen, A.M. & De Baerdemaeker, J. (2006). Evaluation of seed distribution uniformity of a multi-flight auger as a grain drill metering device. *Biosystems Engineering*, 94 (4), 535-543.

Mazaheri, D. 1994. Intercropping. Tehran University Publication. PP. 262.

Molin, J.P., Bashford, L.L., Von Bargen, K. & Leviticus, L.I. (1998). Design and evaluation of a punch planter for no-till systems. *American Society of Agricultural Engineers*, 41(2), 307-314

Mondani, A. & Karparvarfard, S.H. (2016). Development and field evaluation of an intercropping machine. *Journal of Agricultural Machinery*, 6 (2), 283-297. (In Farsi)

Omidi, A. & Karparvarfard, H. (2009). Field evaluation of a precision punch planter equipped with seed plate metering device and fertilizer unit for corn planting. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 40, 35-44. (In Farsi)

Salehi, Y., Zarehaghi, D., Dabbagh MohammadiNasab, A. & Neyshabouri M.R. (2018). The Effect of intercropping and deficit irrigation on the water use efficiency and yield of tomato (Lycopersicon esculentum mill) and Basil (Ocimum basilicum), *Agricultural Science and Sustainable Production*, 28 (3), 209-220. (In Farsi)

Shahbazi, H. (2016). Develpoment and evaluation of a sunflower punch planter. MSc. Desertation, Colllege of Agriculture, Orumieh University, 103 Pages. (In Farsi)

Tohidy Nejad, E., Mazaheri, D. & Koocheki, A. (2004). Study of maize and sunflower intercropping. *Pajouhesh & Sazandegi*, 64, 39-45. (In Farsi)

Usmanikhail, U.M., Tunio S.D., Jamro, G.H., Oad, F.C., Ul Hassan, S.W., Chachar, Q.D., Ali Khanzada, M. & Gandahi, A.W. (2012). Agronomic and economic effect of intercropping sugarbeet with oilseeds and lentil. *Pakistanian Journal of Botany*, 44(6), 1983-1988.

Yazdi Samadi, B., Rezaei A. & Valizadeh M. (2006). Statistical Design in Agricultural Reseach, Tehran University Press. 764p.

Zarif Neshat, S., Javadi, A., Ahmadi, M., Khalili, A., Ghaffari, H. & Behfar, H. (2009). Technical evaluation of three pneumatical and mechanical planters commonly used for sugar beet sowing in Khorasan area, *Agricultural Science and Sustainable Production*, 19(2), 45-53. (In Farsi)