DOI: 10.22059/ijbse.2019.268533.665110 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۵۵۶-۵۴۷)

Investigation for Laboratory Performance of Grooved Roller Metering Device for Corn Planting Effects on Seeds Distance

HOSSEIN BALANIAN[1], SEYED HOSSEIN KARPARVARFARD[2*], HADI AZIMI NEJADIAN[3]

1. Graduate Student, Biosystem Engineering Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
2. Associate Professor, Biosystem Engineering Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Ph.D. Student, Biosystem Engineering Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
(Received: Nov. 10, 2018- Revised: Apr. 13, 2019- Accepted: May. 13, 2019)

ABSTRACT

The highest yield of corn seed is obtained at the best uniformity of their placement distances and density in the field. So, in this study by changing the components of the parameters witch effect on grooved roller metering device designing, it could be able to present a new design of metering device in Solidworks software and built from PTFE material for row-crop corn planting. The laboratory evaluation was done on grease belt in eight level of distance between seeds (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 and 15 cm) which were resulted from number of grooves (three levels) and metering device rotational speeds (eight levels) in 3/5 $Km.h^{-1}$ forward speed. The multiple index, quality of feed index, miss index, precision index and damaged seeds were considered to evaluate the performance of grooved roller metering device. By using completely randomized design with three replications in SAS and SPSS software, the results were analyzed. With multiple linear regression, the optimum amount of distance between seeds (11cm) that arose in 105rpm rotational speed of metering devices with 5 grooves.

Keywords: Evaluation Indexes, Grease Belt, Precision Planting, Row-crop Planter

*Corresponding Author's Email: Karparvr@shirazu.ac.ir

بررسی تأثیر فاصلهٔ بین بذور در عملکرد آزمایشگاهی موزع غلتکی شیاردار جهت کشت ذرت

حسین بلانیان[۱]، سید حسین کارپرورفرد[۲*]، هادی عظیمی‌نژادیان[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲. دانشیار، بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۳.دانشجوی دکترا، بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۱۹- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱/۲۴- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۲/۲۳)

چکیده

باتوجه به اینکه بالاترین عملکرد بذر ذرت در بهترین یکنواختی فواصل قرارگیری آن‌ها و تراکم بوته‌ها در مزرعه حاصل می‌شود، در این تحقیق با تغییر برخی مولفه‌های موثر در طراحی موزع غلتکی شیاردار، ارائه‌ی موزعی جدید از نوع غلتکی شیاردار جهت کشت ردیفی ذرت، در نرم‌افزار Solidworks طراحی و از جنس تفلون زلامید ساخته شد. ارزیابی آزمایشگاهی در هشت سطح فاصلهٔ بین بذور (۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ سانتی‌متر) که ناشی از تعداد شیار (سه سطح)، سرعت دورانی موزع (هشت سطح) و سرعت پیشروی ثابت ۳/۵ کیلومتر بر ساعت بودند، بر روی تسمهٔ آغشته به گریس انجام شدند. شاخص‌های چندکاشتی، کیفیت تغذیه، نکاشت، دقت و میزان بذور آسیب دیده جهت ارزیابی موزع غلتکی شیاردار درنظر گرفته شدند. آزمایش‌ها بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شده و در نرم‌افزارهای SAS و SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصله بر پایهٔ رگرسیون خطی چند متغیره نشان داد که در سرعت دورانی ۱۰۵ دور بر دقیقه، موزع ۵ شیاره بهینه فاصلهٔ بذر تا بذر معادل ۱۱ سانتی‌متر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تسمهٔ آغشته به گریس، ردیف‌کار، شاخص‌های ارزیابی، کشت دقیق.

مقدمه

باتوجه به رشد جمعیت و ارتقاء سطح رفاه و بهداشت، تقاضا برای مواد غذایی افزایش یافته است. در سال‌های اخیر مکانیزه کردن ادوات کشاورزی جهت تولید محصولات کشاورزی در اولویت قرار گرفته است. از همین رو، مکانیزه کردن تولید محصولات کشاورزی نیازمند بالابردن دقت ماشین‌های کشاورزی است. جهت دستیابی به این هدف، برای افزایش عملکرد ادوات کشاورزی و کاهش مصرف بذر در واحد سطح، بسیاری از محققین کشت دقیق را محور کارهای خود قرار داده‌اند (Abdolahzare *et al*., 2016). در بین محصولات غله‌ای جهان، ذرت به عنوان سومین محصول سازگار به محیط وسیعی از شرایط محیطی که عملکرد بیشتری را نسبت به سایر غلات در شرایط یکسان تولید می‌کند، معرفی شده است (Prins & Wit, 2006). کشت دقیق علاوه بر کاهش هزینه، زمان تنک کردن و رقابت بذور با گیاهان مجاور، میزان آسیب وارده به گیاهان باقی مانده در هنگام تنک کردن را نیز کاهش می‌دهد. کاهش بذر مورد نیاز و یکنواختی رشد و نمو بوته‌ها از دیگر مزایای کشت دقیق می‌باشد (Taylor & Allinson, 1983). در ردیف‌کارها علاوه بر فاصلهٔ بین ردیف‌های کشت، فاصلهٔ بذور بر روی خطوط کشت نیز قابل تنظیم می‌باشد که درنهایت کشت دقیق را فراهم می‌سازد. وظیفهٔ دقیق‌کارها قرار دادن مقدار معینی از بذر با رعایت فواصل منظم و یکنواخت بین بذور بر روی ردیف‌ها است. در این نوع کارنده‌ها موزع نقش بسیار مهمی دارد. انواع مختلفی از موزع‌ها برای کارنده‌های دقیق به کار می‌روند که شامل موزع‌های مکشی، صفحه‌ای مایل، تسمه‌ای، دوار افقی و غلتکی شیاردار است که کاربرد موزع‌های غلتکی شیاردار از همه بیشتر است. این نوع موزع شامل استوانه‌ای است که روی آن شیارهایی برای قرارگرفتن بذور، در فواصل معین تعبیه شده است (Srivastava *et al*., 2006).

رباطی و زارعیان موزع غلتکی با شیارهای موازی طراحی و ساختند. موزع مورد نظر جهت کشت کپه‌ای برنج در آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق تأثیر دو فاکتور سرعت پیشروی و قطر موزع مد نظر قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که کمترین میزان آسیب به بذور در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت حاصل شد (Rebati & Zareian, 2003).

برای بدست آوردن حداکثر عملکرد محصول در کشت‌های ردیفی، علاوه بر کود و شرایط آب و هوایی مناسب با بذر، تأمین فاصله مناسب بذور در خاک نیز ضروری است. آزمایش‌هایی که در زمینهٔ یکنواختی فاصلهٔ بین بذور روی عملکرد محصول ذرت

* نویسنده مسئول: Karparvr@shirazu.ac.ir

انجام گرفته، نشان داده است که با کاهش پراکندگی فواصل بین بذور، عملکرد محصول ۵/۵ درصد افزایش می‌یابد (Glenn & Daynard, 1974).

به منظور دستیابی به بالاترین عملکرد ذرت، پینتر و همکاران تراکم بوته ذرت و یکنواختی فواصل قرارگیری آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها بالاترین عملکرد را در بهترین یکنواختی فواصل قرارگیری بوته‌ها گزارش کردند (Pinter *et al.*, 1978).

امیدی و کارپرورفرد به منظور جلوگیری از فرسایش خاک و همچنین کشت دقیق بذر ذرت، دو نوع کارنده را در سه سطح سرعت پیشروی مورد آزمایش قرار دادند. در این پژوهش، اثرات نوع کارنده و سرعت پیشروی بر شاخص‌های ارزیابی کارایی کارنده‌ها (نکاشت، چندکاشتی، کیفیت تغذیه و ...) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش سرعت پیشروی، شاخص‌های نکاشت و دقت افزایش می‌یافت (Omidi & Karparvarfard, 2009).

جهت کاشت دقیق همزمان دو نوع بذر ذرت و لوبیا، دستگاه کشت مخلوطی ساخته شد. این ماشین جهت ارزیابی مزرعه‌ای در پنج سطح فاصله بین بذور و سه سطح عمق کاشت با استفاده از شاخص‌های چندکاشتی، نکاشت، کیفیت تغذیه و دقت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر اثرگذاری تیمارهای اعمال شده بر تمامی شاخص‌های ارزیابی بود (Mondani & Karparvarfard, 2016).

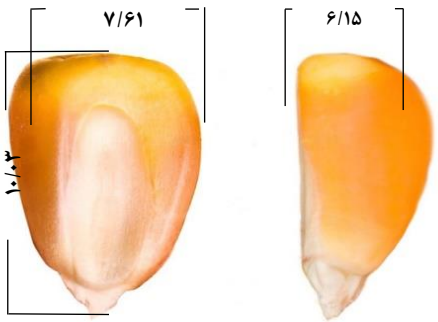
در تحقیقی که توسط لی و همکاران جهت بهبود کارایی دستگاه‌های کشت ذرت انجام گرفت، تأثیر سرعت پیشروی بر شاخص‌های چندکاشتی، نکاشت و دقت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تغییر سرعت پیشروی تأثیر مستقیم بر شاخص نکاشت و نسبت عکس با شاخص کیفیت تغذیه داشته است (Li *et al.*, 2015).

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی آزمایشگاهی موزع غلتکی شیاردار مناسب کشت ذرت به لحاظ تغییر فواصل بین بذور ریخته شده می‌باشد. سامانه مورد نظر در آزمایشگاه توسط تسمهٔ آغشته به گریس و با اندازه‌گیری شاخص‌های ارزیابی ماشین‌های کاشت، مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

بذر مورد استفاده

بذر مورد استفاده در این پژوهش ذرت دانه‌ای با واریتهٔ ۷۰۴ دارای میانگین ابعاد طولی، عرضی و ضخامتی آورده شده در شکل (۱) بود. وزن هزاردانه و چگالی بذر به ترتیب ۰/۳۲۴ کیلوگرم و ۰/۸۱ کیلوگرم بر لیتر بدست آمد. در تمام مراحل آزمایش درصد رطوبت ثابت و برابر با مقدار ۷/۲۸ درصد بر پایهٔ وزن خشک بود.



شکل ۱. ابعاد بذر مورد استفاده در پژوهش

تسمهٔ آغشته به گریس

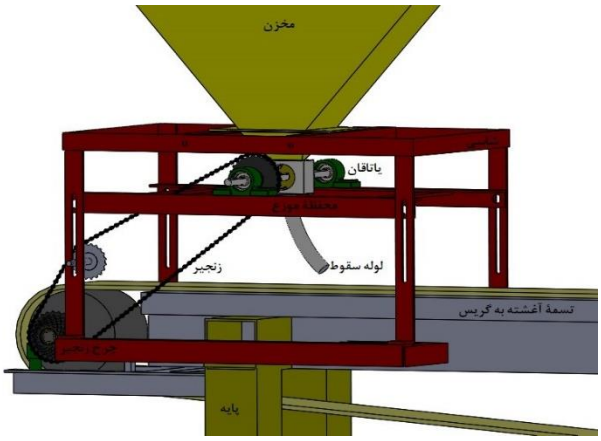
در این پژوهش به منظور ارزیابی آزمایشگاهی از تسمهٔ آغشته به گریس با عرض ۲۰ سانتی‌متر و طول ۱۳/۶ متر که ۶ متر از آن در دسترس بود، استفاده شد. جعبه دندهٔ مربوط به دستگاه، ۳۶ حالت سرعت خطی را برای تسمهٔ آغشته به گریس (سرعت پیشروی) فراهم می‌نمود.

اجزای تشکیل دهندهٔ ماشین‌های کاشت

استوانهٔ موزع، محفظهٔ موزع، برس، لولهٔ سقوط، مخزن اصلی بذر، سامانه انتقال نیرو به موزع، شاسی، محور محرک موزع و یاتاقان‌ها را می‌توان به عنوان اجزاء تشکیل دهندهٔ یک واحد کارنده معرفی نمود (شکل ۲ (الف و ب)).

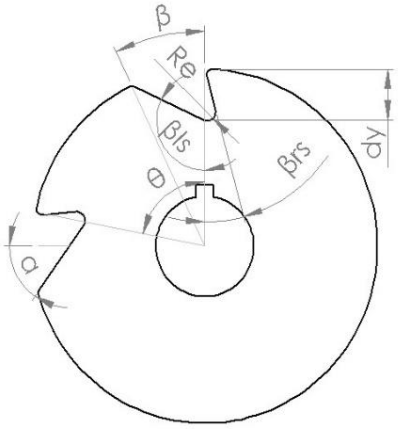
استوانهٔ موزع

در طراحی استوانه، شکل و تعداد شیارها از عوامل مهم می‌باشند. اندازهٔ شیارها با توجه به اندازهٔ بذر انتخابی و تعداد بذری که باید در آن جای گیرد، تعیین می‌شود. پنج متغیر طراحی و دو متغیر مکانی که در شکل (۳) نشان داده شده‌اند در طراحی شکل شیار استفاده شد.



شکل ۲. الف. طرح‌وارهٔ واحد کارنده

شکل ۲. ب. واحد کارنده مورد استفاده در پژوهش



شکل ۳. طرح‌وارهٔ موزع‌های استفاده شده در این پژوهش

در این شکل d_y بیانگر عمق شیار، β زاویهٔ دهانهٔ شیار، β_{Is} زاویهٔ شیار در سمت چپ، β_{rs} زاویهٔ شیار در سمت راست، R_e شعاع انحنای ته شیار و θ جابجایی زاویه‌ای استوانه است.

α زاویهٔ شیب سمت چپ شیار که با غیر قابل ارتجاعی فرض کردن استوانه از رابطهٔ (۱) محاسبه می‌شود:

$$\alpha = \theta + \beta_{Is} - 90 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

وقتی α با زاویهٔ θ_r که زاویهٔ اصطکاک بین بذور و سطح داخلی شیار برابر باشد، بذور داخل شیار شروع به سر خوردن بطرف پایین می‌کنند.

اگر θ_{Sp} زاویهٔ مکانی شیار هنگام به پایین لغزیدن بذور باشد مقدار آن از رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود(Rebati & Zareian, 2003):

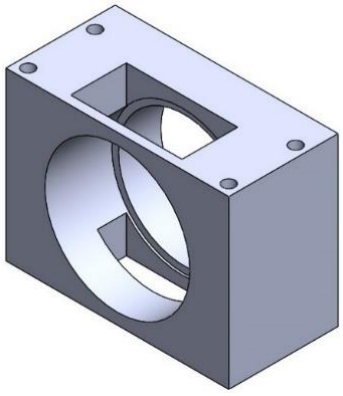
$$\theta_{Sp} = \theta_r - \beta_{Is} + 90 \quad \text{(رابطه ۲)}$$

با توجه به زاویهٔ سکون بذر[1] (۴۶ درجه)، زاویهٔ اصطکاک بین بذر و شیار (۲۲ درجه) و زاویهٔ اصطکاک بین بذر و برس(۵۰ درجه)، زوایای سمت چپ و راست شیار به ترتیب ۱۵ و ۶۵ درجه و زاویه دهانه شیار ۲۳ درجه محاسبه گردید. با درنظر گرفتن شکل و اندازه بذور، سه زاویهٔ ۲۳، ۲۵ و ۲۷ درجه به عنوان زوایای دهانهٔ شیار انتخاب شدند. همچنین بمنظور تأمین فاصله بین بذور کشت شده در مزرعه که متناسب با قوهٔ نامیه بذر است، تعداد شیارهای موزع ۴، ۵ و ۶ درنظر گرفته شد. ضخامت تمامی موزع‌ها ۱۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. موزع‌ها ابتدا در نرم‌افزار Solidworks طراحی و سپس از جنس تفلون زلامید ساخته شدند (شکل ۴).

شکل ۴. موزع طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks

محفظه موزع

جهت استقرار موزع‌های ساخته شده، محفظه‌ای از جنس تفلون طراحی و ساخته شد (شکل ۵). همچنین از بلبرینگی به منظور هم‌مرکز نمودن استوانهٔ موزع با دهانهٔ محفظه موزع استفاده شد. جهت جلوگیری از خروج بذرهای درون شیارهای موزع در محفظه موزع، درپوشی مناسب مهیا گردید.



شکل۵. محفظهٔ موزع طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks

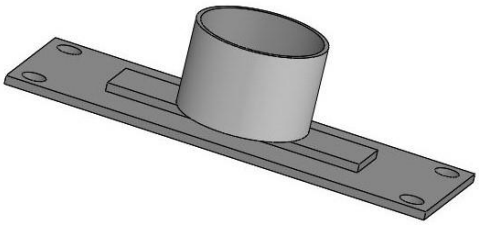
1. Angle of Repose

برس

در این آزمایش به صورت تجربی از یک قطعهٔ لاستیکی انحنادار به عنوان برس محفظهٔ موزع استفاده شد.

لوله سقوط

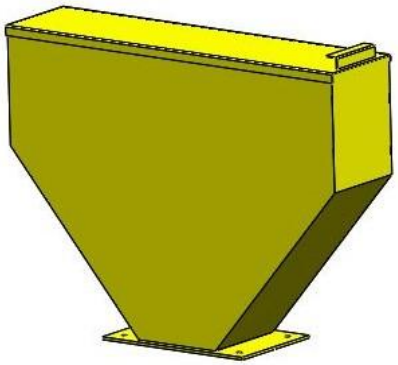
خنثی کردن حرکت بذر خارج شده از لوله سقوط نسبت به سرعت تسمهٔ آغشته به گریس با انتخاب زاویهٔ مناسب لوله سقوط با راستای قائم امکان پذیر است. زاویهٔ لولهٔ سقوط بذر با راستای قائم برابر با ۳۳ درجه محاسبه گردید (Srivastava *et al*., 2006). بمنظور بهتر دیده شدن بذور هنگام خروج از محفظهٔ موزع، تصمیم به استفاده از لولهٔ لاستیکی شفاف گرفته شد. همچنین جهت حفظ مقاومت و تغییر نکردن حالت لوله، از لوله‌ای که درون آن را با سیم به صورت مارپیچی مهار شده بود، استفاده گردید. همچنین جهت اتصال لولهٔ سقوط به محفظهٔ موزع ملزوماتی بر قسمت زیرین محفظه استفاده شد (شکل ۶). زاویهٔ ۳۳ درجهٔ بدست آمده به صورت یک برش بر لبهٔ لوله (محل اتصال آن با زیر محفظهٔ موزع) ایجاد شد.



شکل ۶. رابط لولهٔ سقوط با محفظهٔ موزع طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks

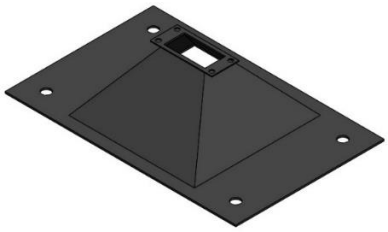
مخزن

زاویهٔ دیوارهٔ مخزن به عنوان متغیرهای طراحی، عامل اصلی حرکت یکنواخت بذرهای خارج شده از مخزن است. باتوجه به زاویهٔ اصطکاک داخلی بذر مورد نظر، زاویه ۶۸ درجه بمنظور زاویهٔ دیوارهٔ مخزن محاسبه شد (Srivastava *et al*., 2006). مخزن اصلی در نرم‌افزار Solidworks طراحی و از ورقه‌های فولادی ساخته شد (شکل ۷).



شکل ۷. مخزن اصلی طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks

همچنین با توجه به کوچکتر بودن ابعاد دهانهٔ ورود بذر به محفظهٔ موزع نسبت به دهانهٔ خروجی مخزن اصلی، مخزن ثانویه‌ای بمنظور رابط بین مخزن اصلی و محفظهٔ موزع طراحی و ساخته شد (شکل ۸).



شکل ۸. مخزن ثانویهٔ طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks

سامانه انتقال نیرو به موزع

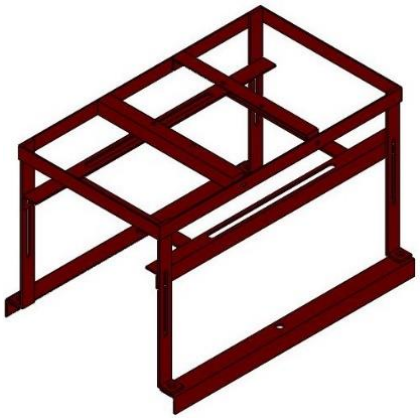
یکی از تنظیمات کارنده‌ها تغییر سرعت دورانی محور موزع جهت بدست آوردن فواصل متغیر و مناسب بین بذور ریخته شده بر روی خط کشت است. بدین منظور از یک جعبه دندهٔ مکانیکی زنجیری که شامل یک جفت چرخ زنجیر (شکل ۹- الف) ، یک زنجیرسفت‌کن (شکل ۹-ب) و زنجیری با گام ۱۲/۷۳ میلی‌متر بود، استفاده شد. نیروی دورانی بوجود آمده توسط غلتک متحرک تسمهٔ آغشتهٔ به گریس که به عنوان چرخ زمین‌گرد بود، از طریق این مجموعه به محور محرک موزع انتقال داده می‌شد (شکل ۱).

شکل ۹. الف. چرخ زنجیر طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks ب. زنجیر سفت کن طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks

شاسی

جهت نصب واحد کارنده بر روی تسمهٔ آغشته به گریس و همچنین نصب اجزاء تشکیل دهنده واحد کارنده، شاسی مطابق

شکل (۱۰) طراحی و ساخته شد. به منظور محل نصب و تنظیم زنجیرسفت کن، شیاری مناسب بر روی شاسی ایجاد شد.



شکل ۱۰. شاسی طراحی شده در نرم‌افزار Solidworks

محور محرک موزع

محور محرک موزع از جنس فولاد تراشیده و به منظور جلوگیری از حرکت طولی موزع نسبت به محور، خار مناسبی تهیه و بر روی محور جازنی شد.

یاتاقان‌ها

به منظور اتصال اجزاء ساخته شده به شاسی از دو یاتاقان استفاده شد. یاتاقان‌ها هم راستا بودن محور موزع با موزع و محفظهٔ آن را فراهم می‌نمودند (شکل ۲).

سرعت سنج

جهت محاسبهٔ سرعت خطی تسمه و سرعت دورانی موزع از دو دورسنج مدل E50S8-500-3-T-1 ساخت کارخانه Autonic کشور آمریکا استفاده شد. به منظور محاسبهٔ سرعت خطی تسمهٔ آغشته به گریس، دورسنجی جهت محاسبهٔ دور غلتک متحرک دستگاه و همچنین جهت محاسبهٔ سرعت دورانی موزع از یک دورسنج برای محاسبهٔ سرعت دورانی محور محرک موزع استفاده گردید.

سرعت پیشروی مورد نظر با تغییر در تنظیمات جعبه‌دندهٔ تسمهٔ آغشته به گریس، برابر با ۳/۵ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شد (Mondani & Karparvarfard, 2016; Rebati & Zareian, 2003).

همچنین یک برد الکترونیکی به منظور ثبت داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سرعت سنج‌های استفاده شده در این پژوهش، طراحی شد.

تعریف شاخص‌های مورد اندازه‌گیری

فراهم ساختن فواصل انتخابی بین بذرهای ریخته شده بر روی تسمهٔ آغشته به گریس با استفاده از جعبه دندهٔ مکانیکی زنجیری استفاده شده در پژوهش حاصل گردید. هشت سطح فاصلهٔ بین بذور ریخته شده (۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. این فواصل بر اساس آن تعداد شیارهای موزع‌هایی که قادر بودند تا فواصل مورد نظر را تأمین نمایند در جدول (۱) نشان داده شده است. همچنین سرعت‌های دورانی نیز متناسب با وضعیت‌های مورد نظر در جدول درج گردیده است. لازم به ذکر است که محدودهٔ فواصل بین بذور انتخابی در جدول مذکور صرفاً بر اساس تجربیات عملی کاربران و اعداد مندرج بر روی کیسه‌های حاوی بذر ذرت خریداری شده می‌باشند. در پژوهش حاضر تأثیر فواصل انتخاب شده بر شاخص‌های چندکاشتی، کیفیت تغذیه، نکاشت و دقت مطابق با تعاریف زیر که بر پایه فاصلهٔ کشت نظری بین بذرها محاسبه می‌گردند و همچنین میزان بذور آسیب دیده، مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱. فواصل بین بذور حاصل شده از تعداد شیار و سرعت دورانی موزع‌ها

	فاصلهٔ بین بذور در شرایط آزمایشگاهی(cm)							
	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
تعداد شیار	۶	۶	۵	۵	۶	۶	۴	۵
سرعت دورانی (rpm)	۱۲۰	۱۰۵	۱۱۵	۱۰۵	۹۰	۷۵	۱۰۵	۷۷/۵

شاخص چندکاشتی

شاخص چندکاشتی(D)، درصد فواصلی است که کمتر یا مساوی نصف فاصلهٔ نظری هستند که n_1 تعداد فواصل در کل (N) است.

$$D = \frac{n_1}{N} \times 100$$ (رابطه ۳)

شاخص کیفیت تغذیه

شاخص کیفیت تغذیه (A)، درصد فواصلی است که بیشتر از نصف و کمتر از ۱/۵ برابر فاصلهٔ نظری است که n_2 تعداد فواصل موجود در این ناحیه در کل (N) است.

$$A = \frac{n_2}{N} \times 100$$ (رابطه ۴)

شاخص نکاشت

شاخص نکاشت (M)، درصد فواصلی است که بزرگتر از ۱/۵ برابر فاصلهٔ نظری است که در آن m_j، فواصل در ناحیه j و N تعداد کل

فواصل است.

$$M = \frac{m_j}{N} \times 100$$ (رابطه ۵)

شاخص دقت

دقت (C)، نشان می‌دهد که پراکنش موجود در محدودهٔ کیفیت تغذیه تا چه حد به فاصلهٔ نظری (X_{ref}) نزدیک است که در آن S_2 بیانگر انحراف معیار فواصل موجود در محدودهٔ کیفیت تغذیه می‌باشد.

$$C = \frac{S_2}{X_{ref}} \times 100$$ (رابطه ۶)

میزان بذور آسیب دیده

میزان بذور آسیب دیده با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد که در آن s_d تعداد بذرهای آسیب دیده در کل بذر (N) است.

$$B = \frac{s_d}{N} \times 100$$ (رابطه ۷)

فاصلهٔ بین بذرهای ریخته شده در فاصلهٔ ۳ متری میانی از تسمهٔ آغشته به گریس اندازه‌گیری و ثبت شدند.

نتایج و بحث

به منظور تجزیهٔ و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS و SPSS استفاده گردید. جدول (۲) تجزیه واریانس مربوط به تأثیر سطوح مختلف فاصلهٔ بین بذور بر شاخص‌های معرفی شده را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از انجام ۳ تکرار می‌باشد.

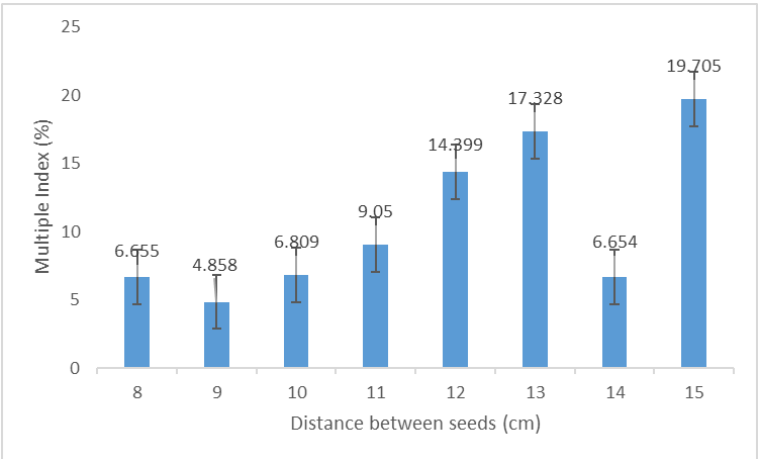
جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمار آزمایش بر شاخص‌های مورد نظر

تیمار	درجه آزادی	شاخص چندکاشتی	شاخص کیفیت تغذیه	شاخص نکاشت	شاخص دقت	میزان بذور آسیب دیده
فاصله بین بذور (cm)	۷	۳۳۵/۵۳۴*	۱۰۹/۵۲۲ns	۵۲۵/۸۸۷**	۴۱/۳۸۶*	۱۳/۰۱۴ns
خطای کل	۷۱	۱۳۲/۴۳۷۹	۸۲/۶۱۴	۱۱۱/۰۴۴	۱۷/۴۳۵	۲۴/۵۷۶

*** و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.**

شاخص چندکاشتی

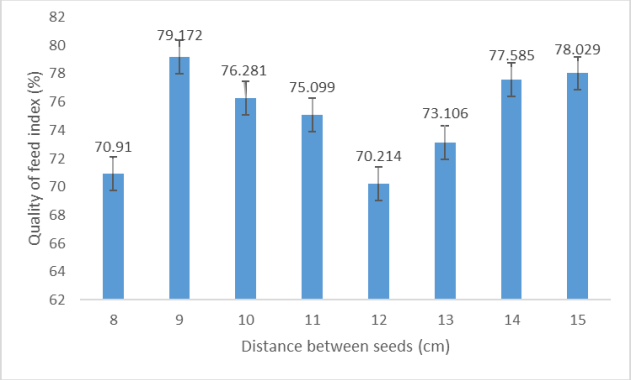
با توجه به جدول (۲) سطوح مختلف فاصلهٔ بین بذور در سطح احتمال ۵ درصد، اثر معنی‌داری بر شاخص چندکاشتی داشته است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین سطوح مختلف فاصلهٔ بین بذور بر شاخص چندکاشتی در شکل (۱۱) بیانگر آن است که با افزایش فاصلهٔ بین بذور شاخص مورد نظر نیز افزایش یافته است (Mondani & Karparvarfard, 2016). با توجه به جدول (۱)، فاصلهٔ ۱۴ سانتی‌متری بین بذور حاصل از افزایش ناگهانی سرعت دورانی محور موزع بوده است، لذا با افزایش سرعت دورانی موزع شانس ورود بذور به درون شیارهای موزع کاهش یافته و در نهایت تعداد بذور کمتری در فاصلهٔ تعریف شده برای این شاخص قرار گرفته‌اند که درنهایت باعث افت میزان شاخص چندکاشتی و همچنین افزایش شاخص نکاشت شده است. بنابراین نظر به اینکه استفاده از موزع چهار شیاری تحت سرعت دورانی ۱۰۵ دور در دقیقه، صرفاً به منظور تأمین فاصلهٔ ۱۴ سانتی‌متری بین بذور جهت ارائه نظم برای فواصل نمایش داده شده در نمودار می‌باشد (جدول ۱)، لذا در شکل (۱۱) تغییر ناگهانی در نمودار ستونی مرتبط با شاخص چندکاشتی در این فاصله بوجود آمده است.



شکل ۱۱. تأثیر فاصلهٔ بین بذور بر شاخص چندکاشتی

شاخص کیفیت تغذیه

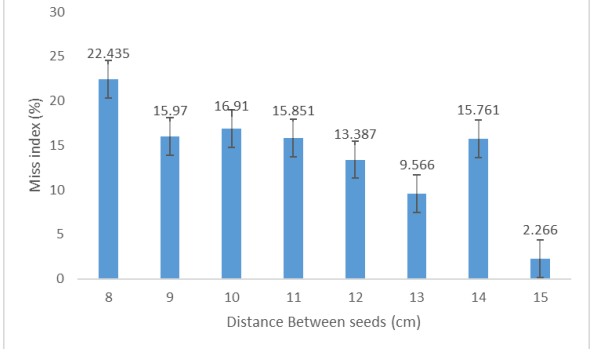
جدول (۲) تجزیه واریانس سطوح مختلف فاصلهٔ بین بذور در سطح احتمال ۵ درصد که اثر معنی‌داری بر شاخص کیفیت تغذیه نداشته است را نشان می‌دهد. این امر می‌تواند ناشی از عملکرد تقریباً یکسان موزع‌ها در محدودهٔ شاخص کیفیت تغذیه باشد. باتوجه به شکل (۱۲) درصد نسبتاً بالای شاخص کیفیت تغذیه برای موزع غلتکی شیاردار بدون در نظر گرفتن تعداد شیارها و سرعت دورانی، در محدودهٔ فواصل بین بذور قابل توجه می‌باشد.



شکل ۱۲. تأثیر فاصلهٔ بین بذور بر شاخص کیفیت تغذیه

شاخص نکاشت

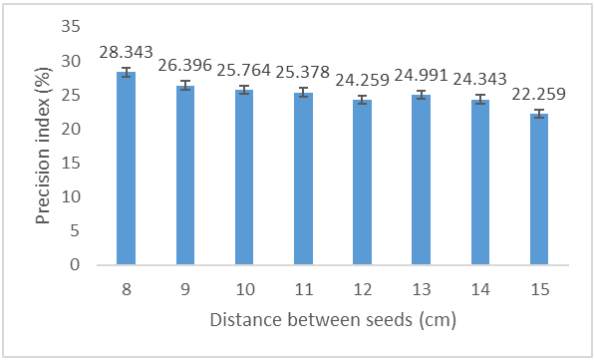
نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) برای تیمار اعمال شده در آزمایش، نشان دهندهٔ اثر معنی‌دار تیمار بر شاخص نکاشت در سطح احتمال ۱ درصد است. همچنین با توجه به شکل (۱۳) با افزایش فاصلهٔ بین بذور، غالباً شاخص نکاشت کاهش یافته است (Mondani & Karparvarfard, 2016; Onal et al., 2012). گرچه در تحت تعداد شیار ثابت، با کاهش سرعت دورانی، فاصلهٔ بین بذور ریخته شده افزایش یافته است (جدول ۱)، از طرفی شاخص نکاشت نیز غالباً کاهش پیدا کرده است، بنابراین می‌توان این پدیده را ناشی از افزایش امکان استقرار بذر در شیارهای موزع دانست. بطور کلی می‌توان گفت با افزایش سرعت دورانی می‌توان انتظار داشت که شاخص نکاشت به صورت صعودی افزایش یابد. این پدیده زمانی بارزتر خواهد بود که فاصلهٔ بین بذور به حداقل ممکن تقلیل یابد.



شکل ۱۳. تأثیر فاصلهٔ بین بذور بر شاخص نکاشت

شاخص دقت

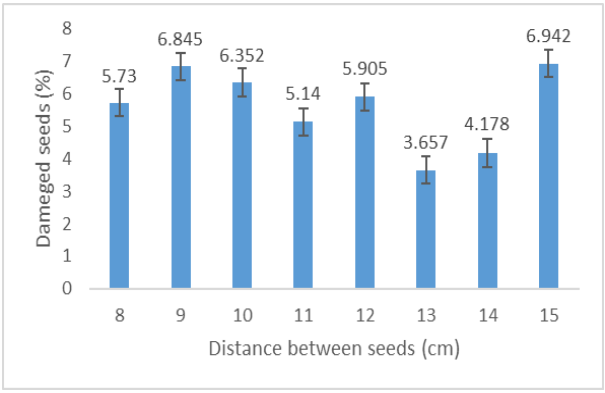
با توجه به جدول (۲) سطوح مختلف فاصلهٔ بین بذور در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص دقت اثر معنی‌داری داشته است. شکل (۱۴) که بیانگر مقایسه میانگین سطوح مختلف فاصلهٔ بین بذور است نشان داد که با افزایش فاصلهٔ بین بذور مقدار این شاخص کاهش یافته است (Mondani & Karparvarfard, 2016; Onal et al., 2012). باتوجه به مفهوم شاخص دقت که بیانگر پراکنش بذور قرار گرفته در محدودهٔ شاخص کیفیت تغذیه است، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش سرعت دورانی محور موزع و درنهایت کاهش فاصلهٔ بین بذور ریخته شده بر خط کشت، پراکنش بذور نیز بیشتر می‌شود.



شکل ۱۴. تأثیر فاصلهٔ بین بذور بر شاخص دقت

میزان بذور آسیب دیده

باتوجه به تجزیه واریانس جدول (۲) سطوح مختلف فاصلهٔ بین بذور در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی داری بر میزان بذور آسیب دیده نداشته است. بطور کلی با افزایش سرعت دورانی موزع مواجه با افزایش پدیدهٔ آسیب دیدگی بذر خواهیم بود. گرچه افزایش تعداد شیار با کاهش سرعت دورانی نیز منجر به افزایش فاصلهٔ بین بذور می‌گردد، لیکن به دلیل افزایش تراکم مقدار بذر در داخل محفظهٔ استقرار موزع، موجب افزایش میزان بذور آسیب دیده خواهد شد.



شکل ۱۵. تأثیر فاصلهٔ بین بذور بر میزان بذور آسیب دیده

مقدار بهینه فاصلهٔ بین بذور

به منظور بدست آوردن حالت بهینه فاصلهٔ بین بذور، از رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد (Rahmatian *et al*., 2018). در این معادله، بهینه فاصلهٔ بین بذور به عنوان متغیر وابسته و شاخص‌های ارزیابی شده به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. در معادلهٔ (۸) به منظور بدست آوردن بهینه فاصلهٔ بین بذور، C_1، C_2، C_3، C_4 و C_5 ضرایب شاخص‌ها و C_6 بیانگر عرض از مبدأ بودند که با استفاده از نرم‌افزار SAS بدست آمدند (جدول ۳).

(رابطه ۸)

بهینه فاصلهٔ بین بذور = (C_1×چندکاشتی) + (C_2×کیفیت تغذیه) + (C_3×نکاشت) + (C_4×دقت) + (C_5×میزان آسیب به بذور) + C_6

جدول ۳. ضرایب بدست آمده از رگرسیون چند متغیره

	ضرایب معادله رگرسیون					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
مقدار عددی ضرایب	۰/۰۸۳۵۱	۰/۰۳۲۵۱	۰/۰۴۲۰۸۲	۰/۰۳۶۲۰	۰/۰۵۵۴۱	۶/۳۶۳۱۴

با استفاده از ضرایب حاصله از نرم‌افزار و همچنین جداول مقایسه میانگین، مناسب‌ترین حالت مربوط به هریک از شاخص‌ها انتخاب و با قرار دادن در معادله (۸) مقدار بهینه فاصلهٔ بین بذور برابر با ۱۱/۱ سانتی‌متر حاصل شد که با توجه به جدول (۱)، با استفاده از موزع ۵ شیاره در سرعت دورانی ۱۰۵ دور بر دقیقه مقدار بهینه حاصل می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور تامین بهترین کیفیت تغذیه موزع آزمایشگاهی طراحی شده، و با ارزیابی بر روی تسمهٔ آغشته به گریس که در هشت سطح فاصلهٔ بین بذور (۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ سانتی‌متر) که ناشی از تعداد شیار (سه سطح)، سرعت دورانی موزع (هشت سطح) و سرعت پیشروی ثابت ۳/۵ کیلومتر بر ساعت بودند، فاصلهٔ بهینه بین بذور، بر اساس رگرسیون خطی چند متغیره معادل ۱۱/۱ محاسبه گردید. بنابراین با تنظیم دستگاه کارنده جهت ایجاد فاصلهٔ ۱۱ سانتی‌متری بین بذور، بهینه مقادیر بذور آسیب دیده، دقت، نکاشت، کیفیت تغذیه و چندکاشتی حاصل شد. به عبارت دیگر می‌توان انتظار داشت با استفاده از موزع ۵ شیاره غلتکی و با سرعت دورانی ۱۰۵ دور بر دقیقه، کیفیت تغذیه معادل ۷۵٪ که در حد قابل قبولی می‌باشد، حاصل گردد.

REFERENCES

Abdolahzare, Z., Asoodar, M. A., Kazemi, N., Rahnama, M. & Abdanan Mehdizadeh, C. (2016). Optimization of the most important operational parameters of a pneumatic seeder using real-time monitoring for Cucumber and Watermelon seeds. *Journal of Agriculture Machinery*, 6(1), 35-48. (In Farsi)

Glenn, D., R. Steckel, A., Miles, S., Reed, J. & Hiron, R. W. P. (1995). Improving seeding establishment by a dibber drill. *Journal of Horticulture Science*, 70(3), 517-528.

Li, Y., Xiantao, H., Tao, C., Dongxing, Z., Song, S., Rui, Z. & Mantao, W. (2015). Development of mechatronic driving system for seed meters equipped on conventional precision corn planter. *International Journal Agriculture and Biologic Engineering*, 8(4).

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

Omidi, A. & Karparvarfard, S. 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(1), 35-44. (In Farsi).

Onal. I., Degirmancioglu, A. & Yazgi, A. (2012). An evaluation of seed spacing accuracy of a vacuum type precision metering unit based on theoretical considerations and experiment. *Turk Journal Agriculture*, 36, 133-144.

Pinter, L., Nemeth, J. & Szirbik, M. (1978). Trend of grain yield in maize (Zea mays L.)Hybrids as a function of plant number per unit area and sowing uniformity. *Acta Agronomica Hungarica*, 27, 389-404.

Prins, U. & Wit, J. de. (2006). Intercropping cereal and grain legumes: A Farmers Perspective. In Proceedings: *Joint Organic Congress*, 30-31 May., Odense, Denmark.

Rahmatian, M., Karparvarfard, S. H. & Nematollahi, M. A. (2018). Prediction for optimizing performance of chisel blade used in combined tillage to obtain suitable effectiveness. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 49(1), 73-82. (In Farsi).

Rebati, J. & Zareian, S. (2003). Design Construction and Labotaroty Evaluation of A Roller Metering Device For Hill Dropping. *Journal of Agriculture Science*, 13(4), 75-85. (In Farsi).

establishment in grass sods using minimum-tillage seeding techniques without herbicide application. *Agronomy Journal*, 75(2), 167-172.

Srivastava, A. K., Goering, C. Rohrbach, R. & Buckmaster, D. (2006). *American Society of Agriculture and Biological Engineers*. Michigan.

Taylor, R. W. & Allinson, D. W. (1983). Legume