

ساخت و ارزیابی مزرعه‌ای ماشین کشت مخلوط ذرت و لوبیا

علیرضا مندنی^۱ - سید حسین کار پرور فرد^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۰۶

چکیده

در بسیاری از نقاط جهان، کشت مخلوط به دلیل استفاده حداکثری از منابع محیطی و حاصلخیزی خاک بر تک کشتی برتری دارد. یکی از مشکلات اساسی این نوع زراعت، نبود ماشین مناسب جهت عملیات کاشت می‌باشد. در پژوهش حاضر به منظور کاشت همزمان ذرت و لوبیا با نسبت‌های دقیق و الگوهای کاشت مختلف، ماشین کشت مخلوط نیوماتیکی ساخته شد. این ماشین در پنج سطح فاصله بین بذرهای (۱۰۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۵ و ۲۱۵ میلی‌متری) برای واحد کارنده لوبیا، پنج سطح فاصله بین بذرهای (۸۵، ۱۱۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر) برای واحد کارنده ذرت، سه سطح عمق کاشت (۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر) و با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در سه تکرار و سرعت ثابت ۴ کیلومتر بر ساعت در مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که در فاصله ۵۵ میلی‌متری بین بذرهای و در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری، واحد کارنده ذرت توانایی کمتری در توزیع افقی بذرهای در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ برابر فاصله تتوری دارد. این موضوع باعث شد تا در این فواصل مقدار شاخص‌های چندتایی، نکاشت و دقت افزایش پیدا کنند. در واحد کارنده لوبیا، در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری بین بذرهای و در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری این شاخص‌ها افزایش داشته‌اند. افزایش فاصله بین بذرهای و عمق کاشت رابطه مستقیمی با افزایش شاخص کیفیت تغذیه دارند. در فاصله ۱۶۰ میلی‌متری بین بذرهای ذرت و فاصله ۲۱۵ میلی‌متری بین بذرهای لوبیا و در عمق کاشت ۶۰ میلی‌متری مقدار این شاخص نسبت به سایر فواصل بین بذرهای و عمق‌های کاشت افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شاخص کیفیت تغذیه، کارنده، کشت مخلوط، لوبیا

مقدمه

نظام‌های زراعی می‌شود (Zhang and Li, 2003). این نوع زراعت اغلب به‌طور وسیع در کشورهایی به اجرا در آمده است که زمین‌های قابل کشت کمی دارند و در واقع کشت مخلوط توانسته است سهمی از تنوع زیستی و امنیت غذایی را در آنجا به خود اختصاص دهد، نتایج کشت مخلوط تا حد زیادی به منابع قابل دسترس، شرایط تأثیرگذار بر فنولوژی^۳ و رشد در تمام گونه‌ها وابسته است (Mushagalusa et al., 2008). افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش تنوع زیستی و ثبات بیولوژیکی، بهره‌برداری بهتر از عوامل رشد و همچنین تسهیل در کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز و کاهش ریسک تولیدات کشاورزی از جمله فواید کشت مخلوط می‌باشند (Sauke and Ackermann, 2006; Pandey et al., 2003). در کشت مخلوط غلات با بقولات، غلات با بر خورداری از ریشه افشان، ساختمان خاک را اصلاح نموده و از این طریق از فرسایش آبی خاک جلوگیری می‌کنند (Lazanyi, 2000). بقولات نیز با برخورداری از ریشه عمودی گرایش به نفوذ در اعماق خاک را دارند. بنابراین وجود یک گراس به همراه یک لگوم، در حفاظت خاک نقش مهمی ایفا می‌کند.

افزایش جمعیت جهان، تخریب منابع طبیعی و به دنبال آن نیاز مبرم به افزایش تولیدات غذایی، منجر به ایجاد فشار بر منابع طبیعی شده و پایداری سیستم‌های کشاورزی را تهدید می‌کند (Liebman and Davis, 2000). کشاورزی پایدار عبارت است از نوعی نظام کشاورزی که با برآورده کردن نیازهای حال حاضر، نسل‌های آینده مخاطره‌ای در برآورده کردن نیازهای خود نداشته باشند (Mohler and Liebman, 1987). بنابراین چالش اصلی در کشاورزی پایدار این است که استفاده از نهاده‌های خارجی در اکوسیستم به حداقل کاهش یابد در حالی که منابع داخلی اکوسیستم به نحو بهتر و راندمان بیشتر مورد استفاده قرار گیرد (Ghanberi Bonjar, 2000). کشت مخلوط یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد که از طریق افزایش تنوع و پیچیدگی منجر به افزایش پایداری و ثبات در

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲- دانشیار بخش مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(Email: karparvr@shirazu.ac.ir)
* - نویسنده مسئول:

مخلوط جهت کاشت همزمان دو نوع بذر ذرت و لوبیا با نسبت‌های دقیق و الگوهای کاشت مختلف بود. این ماشین در سطح مزرعه به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های کاشت مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

اجزای تشکیل‌دهنده ماشین کشت مخلوط

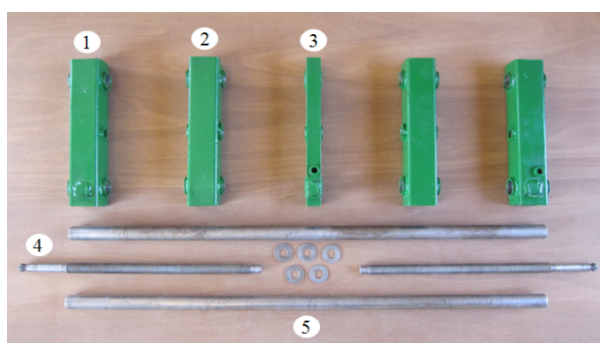
تمامی قطعات تشکیل‌دهنده این ماشین ابتدا توسط نرم افزار SolidWorks 2012 ترسیم و سپس در کارگاه‌های تراشکاری و جوشکاری بخش مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز ساخته شده‌اند.

شاسی قابل تنظیم

جهت تنظیم فواصل بین خطوط کشت با حداکثر سرعت و دقت یک شاسی قابل تنظیم در نقطه اتصال تیرک افزار به واحدهای کارنده طراحی و ساخته شد. شاسی قابل تنظیم این قابلیت را به هر یک واحدهای کارنده می‌دهد که به‌طور مستقل از یکدیگر در جهت افقی به اندازه ۵۵ سانتی‌متر حرکت داشته باشند. در مجموع فواصل بین خطوط کشت توسط این شاسی تا ۱۱۰ سانتی‌متر قابل تنظیم می‌باشد. قطعات تشکیل‌دهنده این شاسی شامل شاسی ثابت، شاسی متحرک، پیچ تنظیم موقعیت و شافت بود (شکل ۱).

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مهم‌ترین گیاه خانواده بقولات به شمار می‌رود که با توجه به پروتئین بالا و سایر خصوصیات زراعی بالاترین سطح کشت را بین حبوبات در جهان به خود اختصاص داده است (Majnoon Hoseini, 1992). ذرت (*Zea mays* L.) سومین محصول غله‌ای جهان و سازگار به محدوده وسیعی از شرایط محیطی است که عملکرد بیشتری را نسبت به سایر غلات در شرایط یکسان تولید می‌کند (Prin and Dwit, 2005). با بررسی تأثیر نسبت‌های مختلفی از بذور ذرت و لوبیا در کشت ترکیبی، نتایج متفاوتی از نظر تراکم بوته و ارتفاع بوته در مقایسه با تک کشتی بذور مذکور مشاهده گردید. به‌علاوه حداکثر میزان پروتئین در تک کشتی مربوط به لوبیا (۱۸/۱۰ درصد) و حداقل آن مربوط به ذرت (۲/۵۰ درصد) گزارش شده است (Muhammad et al., 2006). بررسی و پژوهش در زمینه سیستم کشت مخلوط باید همانند سیستم کشت خالص به اجرا درآید، تا در آینده شرایطی فراهم شود که ماشین‌های کاشت، داشت و برداشت برای ارقام گیاهی ویژه کشت مخلوط فراهم گردد. آن‌گاه طولی نخواهد کشید که این سیستم جایگاه حقیقی و مناسب خود را در تولیدات کشاورزی، مشابه سیستم کشت خالص به‌دست خواهد آورد (Koocheki et al., 2009).

یکی از مشکلات اساسی کشت مخلوط نبود ماشین‌های کشاورزی مناسب برای انجام عملیات کاشت دو یا چند گیاه به‌صورت همزمان می‌باشد. به‌علاوه رقابت بین گونه‌ای، اثر سوء ترشحات ریشه‌ای و تفاوت بودن نیازهای غذایی و سموم شیمیایی از جمله مشکلات در اجرای عملیات کشت مخلوط به شمار آورد (Mazaheri, 1994). هدف از انجام این پژوهش طراحی و ساخت ماشین کشت



شکل ۱- قطعات تشکیل‌دهنده شاسی قابل تنظیم (۱) شاسی ثابت کناری (۲) شاسی متحرک (۳) شاسی ثابت مرکزی (۴) پیچ تنظیم موقعیت (۵) شافت

Fig.1. Adjustable frame components: 1) Fixed lateral frame 2) Moveable frame 3) Fixed central frame 4) Position adjusting bolt 5) Shaft

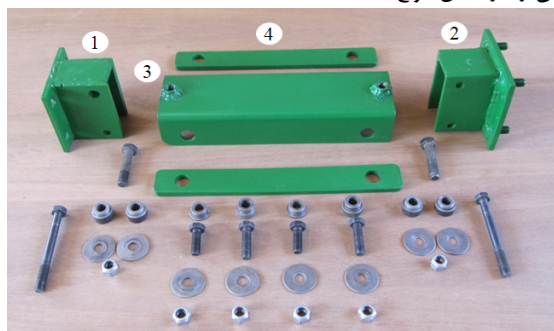
اثرات ناهموازی‌های سطح مزرعه بر روی عمق کاشت طراحی و ساخته شد (شکل ۲). بر روی شاسی مفصلی یک مکانیزم کنترل نفوذ

شاسی مفصلی

برای هریک از دو واحد کارنده، یک شاسی مفصلی جهت حذف

شیار بازکن وجود دارد. این مکانیزم از دو عدد پیچ تنظیم موقعیت تشکیل شده است که با تنظیم این پیچ‌ها می‌توان محدوده حرکت عمودی واحدهای کارنده و نفوذ شیار بازکن را در داخل انواع خاک‌ها

کنترل کرد.



شکل ۲- قطعات تشکیل دهنده شاسی مفصلی (۱) فک جلویی (۲) فک عقبی (۳) ناودانی (۴) بازو
Fig. 2. Hinge frame components: 1) Front clamp 2) Rear clamp 3) Channel-iron 4) Arm

در طراحی این ماشین از شیار بازکن کفشی استفاده شد. این شیار بازکن، دارای تیغه‌ای بود که پهنای آن به طرف عقب تدریجاً بیشتر شده و در انتهای آن دو دیواره وجود داشت که لوله سقوط در ابتدای این دیواره‌ها قرار می‌گرفت.

پوشاننده

پوشاننده‌های مورد استفاده در این پژوهش از نوع کاردی بودند.

چرخ تنظیم عمق و فشار دهنده

در این پژوهش از چرخ‌های لاستیکی به منظور فشردن خاک روی بذرها استفاده شد. جهت نگهداری چرخ فشار دهنده در یک موقعیت مناسب بعد از پوشاننده‌ها یک شاسی طراحی و ساخته شد. چرخ فشار دهنده توسط دو بازوی کناری به این شاسی متصل می‌شد (شکل ۴).

سیستم انتقال نیرو به موزع

این سیستم نیز شامل قطعاتی است که به صورت جداگانه توضیح داده خواهند شد.

چرخ زمین گرد (محرک)

تأمین نیروی اولیه سیستم انتقال نیرو به موزع از طریق چرخ زمین گرد بود.

مکانیزم چرخ‌زنجیر

در مسیر انتقال نیرو بعد از چرخ زمین گرد یک مکانیزم چرخ‌زنجیر طراحی و ساخته شد. این مکانیزم شامل دو چرخ‌زنجیر قابل تعویض بود.

شاسی محفظه موزع

جهت قرار گرفتن موزع‌ها در یک فضای ایمن برای هر کدام از آن‌ها یک شاسی طراحی و ساخته شد. این شاسی در مرکز واحدهای کارنده قرار می‌گرفت و شاسی مفصلی، مخزن بذر، شیار بازکن، پوشاننده‌ها، چرخ تنظیم عمق و موزع را به هم متصل می‌کرد (شکل ۳).

مکانیزم موزع

موزع‌های نصب شده بر روی هر یک از واحدهای کارنده از نوع صفحه‌ای نیوماتیکی بودند. صفحه موزع ذرت دارای ۳۶ سوراخ به قطر ۴/۵ میلی‌متر و از جنس استیل بود، در واحد کارنده لوبیا نیز از صفحه موزع ۳۶ سوراخ به قطر سوراخ‌های ۵/۵ میلی‌متر و از جنس استیل استفاده شد.

لوله سقوط بذر

بعد از خروجی موزع و در ابتدای دو دیواره شیار بازکن یک لوله سقوط جهت هدایت بذرها در یک نقطه مشخص در داخل شیار ایجاد شده درون خاک طراحی و ساخته شد.

فن مکشی

از یک فن مکشی جهت ایجاد خلاء مورد نیاز برای چسبیدن بذرها به سوراخ‌های صفحه موزع استفاده شد. فشار مکشی بین ۴۰- تا ۵۵- میلی بار تنظیم شده بود. محل قرارگیری فن در قسمت جلو ماشین و روی شاسی اتصال سه نقطه بود، لوله‌های مکشی آن توسط لوله خرطومی به موزع‌ها متصل می‌شدند.

شیار بازکن



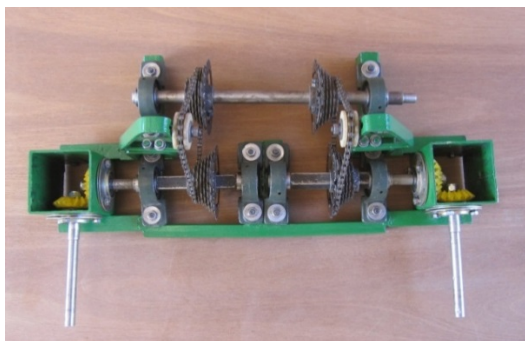
شکل ۴- نمایی از مکانیزم چرخ تنظیم عمق و فشار دهنده
Fig. 4. The mechanism of depth wheel and packer wheel (side view)

جعبه‌دنده ۹۰ درجه

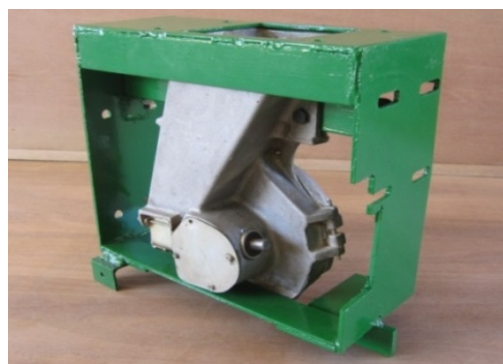
به‌منظور تغییر جهت چرخش هر یک از خروجی‌های جعبه‌دنده اصلی یک جعبه‌دنده ۹۰ درجه طراحی و ساخته شد. این جعبه‌دنده از دو چرخ‌دنده مخروطی تشکیل شده است که در داخل یک محفظه قرار گرفته‌اند. از آنجا که واحدهای کارنده دارای حرکت افقی برای تنظیم فواصل بین خطوط کشت و حرکت عمودی جهت پیمودن نوسانات روی سطح زمین می‌باشند، اتصال محور خروجی جعبه‌دنده ۹۰ درجه به موزع از طریق چهار شاخه گاردان و محور تلسکوپی بود.

چرخ‌های حمل‌کننده

از دو عدد چرخ حمل‌کننده جهت کنترل واحدهای کارنده، در سطح مزرعه استفاده شد. این چرخ‌ها توسط توبی و بازو به تیرک افزار متصل می‌شدند. اتصال بازوی چرخ‌ها به تیرک افزار به‌صورت کشویی بود تا زمانی که توسط شاسی قابل تنظیم، فواصل بین خطوط کشت تنظیم می‌شود، از حرکت و صدمه وارد کردن چرخ‌های حمل‌کننده به خطوط کشت قبلی جلوگیری شود.



شکل ۶- جعبه‌دنده مکانیکی زنجیری
Fig. 6. Mechanical chain gear box

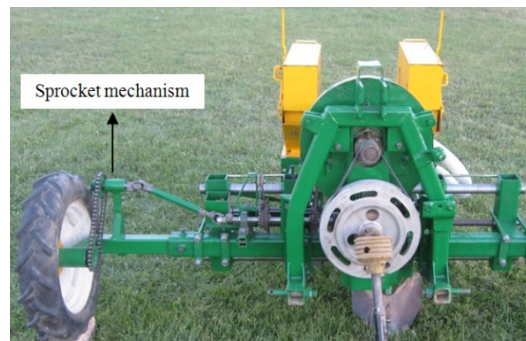


شکل ۳- شاسی محفظه موزع
Fig. 3. Metering case frame

با توجه به الگوی کاشت انتخاب شده و تعویض چرخ‌زنجیرهای مناسب در این قسمت می‌توان به راحتی فواصل بین بذرهای کاشته شده روی خطوط کشت را تغییر داد. جهت تنظیم کشش زنجیر شاسی محور چرخ‌زنجیر دوم، به‌صورت قابل تنظیم ساخته شد (شکل ۵).

جعبه‌دنده مکانیکی زنجیری

به‌منظور تنظیم فواصل بین بذرهای کاشته شده روی خطوط کشت در محدوده وسیع‌تر، یک جعبه‌دنده مکانیکی زنجیری نیز، در مسیر انتقال نیرو به موزع طراحی و ساخته شد (شکل ۶). این جعبه‌دنده دارای یک محور ورودی و دو محور خروجی مستقل از یکدیگر بود. هریک از خروجی‌های جعبه‌دنده به یکی از ورودی‌های محفظه موزع واحدهای کارنده متصل می‌شد و ۴۳ سرعت مختلف و نزدیک به هم را انتقال می‌داد. بنابراین جعبه‌دنده این قابلیت را به هر یک از واحدهای کارنده می‌داد تا فواصل بین بذور کاشته شده بر روی خطوط کشت را در یک محدوده‌ی نزدیک به هم تغییر دهد.



شکل ۵- نمایی از مکانیزم چرخ‌زنجیر
Fig. 5. The mechanism of sprocket (front view)

مخزن شیب متحرک

مخزن‌های بذر به صورت شیب متحرک طراحی و ساخته شده‌اند تا با توجه به زاویه استقرار مواد بر روی یکدیگر، شیب کف این مخزن‌ها قابل تنظیم باشند (شکل ۷). کف هر مخزن از دو قسمت

متحرک تشکیل شده است این کف‌های متحرک از یک طرف به ورق آهنی کف لولا و از طرف دیگر توسط بازو به یک مکانیزم قابل تنظیم متصل می‌شدند. محدوده حرکت هر یک از کف‌های متحرک مخزن ۴۵ درجه متغیر است.



شکل ۷- مخزن‌های شیب متحرک سوار شده بر روی ماشین کشت مخلوط
Fig. 7. Slop moveable seed hoppers mounted on intercropping machine

پشته ساز

جهت ایجاد جوی و پشته در زمان انجام عملیات کاشت از یک پشته‌ساز استفاده شد. موقعیت افقی و عمودی پشته‌ساز بر روی تیرک ابزار قابل تنظیم بود تا متناسب با الگوی کاشت انتخابی جوی با ابعاد مورد نظر را ایجاد کند.

عملیات خاک‌ورزی انجام شده

جهت انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه زمین مورد آزمایش توسط یک گاواهن برگردان‌دار تا عمق ۲۵ سانتی‌متر شخم زده شد. بعد از اتمام این مرحله، محدوده زمین مورد نظر دو بار به صورت عمود بر هم توسط یک هرس بشقابی آفست دیسک زده شد تا سطح خاک به اندازه کافی نرم و عاری از کلوخه شود. و در نهایت به علت ناهموار بودن سطح مزرعه از یک هموارکننده جهت تسطیح سطح مزرعه استفاده شد.

مشخصات بذرهای مورد استفاده

در این پژوهش از بذر لوبیا قرمز، رقم درخشان با قوه نامیه ۹۳ درصد و درجه خلوص ۹۷ درصد و بذر ذرت، رقم هیبرید SC-704 با قوه نامیه ۸۸ درصد و درجه خلوص ۹۸ درصد استفاده شد. میانگین مشخصات ابعادی (طول، عرض و ضخامت) به ترتیب ۱۲/۹۵، ۸/۴۶ و ۴/۷۷ میلی‌متر برای ذرت و ۱۳/۳۶، ۶/۳۲ و ۵/۷۸ میلی‌متر برای لوبیا قرمز اندازه‌گیری گردید. به علاوه وزن هزار دانه ذرت و لوبیا قرمز به ترتیب ۳۲۰ و ۲۶۰ گرم به دست آمد.

الگوهای کاشت انجام شده جهت ارزیابی مزرعه‌ای

به کمک شاسی قابل تنظیم، فواصل بین خطوط کشت برای ذرت و لوبیا ۳۷۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. موقعیت واحدهای کارنده بر روی شاسی قابل تنظیم به گونه‌ای بود تا ذرت روی پشته و لوبیا در داخل جوی کشت شود. فواصل بین بذرهای کاشته شده روی خطوط کشت جهت کشت مخلوط ذرت و لوبیا به ترتیب ۵۵ میلی‌متر و ۲۱۵ میلی‌متر در الگوی کاشت اول، ۸۵ میلی‌متر و ۱۸۵ میلی‌متر در الگوی کاشت دوم، ۱۱۰ میلی‌متر و ۱۵۰ میلی‌متر در الگوی کاشت سوم، ۱۳۰ میلی‌متر و ۱۲۰ میلی‌متر در الگوی کاشت چهارم، ۱۶۰ میلی‌متر و ۱۰۰ میلی‌متر در الگوی کاشت پنجم بودند. عمق کاشت برای تمام فواصل بین بذرهای ذرت و لوبیا به ترتیب ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌متر انتخاب شد. آزمایش‌ها با سرعت ثابت ۴ کیلومتر بر ساعت انجام گرفتند.

موقعیت و شرایط مزرعه مورد آزمایش

آزمایش‌ها، در یک قطعه زمین ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در ۱۵ کیلومتری شمال غربی شیراز در منطقه باجگاه با طول جغرافیایی ۴۶° و ۵۲° شرقی، عرض جغرافیایی ۵۰' و ۲۹° شمالی و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا گردید. بافت خاک زمین مورد استفاده لومی-رسی و دارای ۴۸ درصد سیلت، ۳۴ درصد رس و ۱۶ درصد شن بود.

جهت ارزیابی مزرعه‌ای واحدهای کارنده ذرت و لوبیا در پنج سطح مختلف فاصله بین بذر ها و سه سطح مختلف عمق کاشت از طرح کرت‌های خرد شده در سه تکرار استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی مزرعه‌ای واحد کارنده لوبیا

شاخص چندتایی

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص چندتایی (جدول ۱) بیانگر این بود که تیمار سطوح مختلف فاصله بین بذر ها روی خطوط کشت اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و تیمار سطوح مختلف عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر روی شاخص چندتایی دارند. این نتایج نشان می‌داد که اثر متقابل سطوح مختلف فاصله بین بذر ها روی خطوط کشت و عمق کاشت دارای اثر معنی‌داری بر روی شاخص چندتایی نبودند. نتایج مقایسه میانگین شاخص چندتایی در سطوح مختلف فاصله بین بذر های لوبیا روی خطوط کشت در شکل ۸ نشان داد که شاخص چندتایی با کاهش فاصله بین بذر های لوبیا روی خطوط کشت افزایش می‌یابد. زمانی که پوشاننده‌ها عملیات پوشاندن روی بذر ها را انجام می‌دادند وجود کلوخه و بقایای گیاهی در سطح مزرعه در بعضی از مواقع باعث مسدود شدن جلوی پوشاننده‌ها شده و این امر باعث تغییر موقعیت بذر های قرار گرفته درون خاک می‌شد. از آنجا که کارنده به سمت جلو حرکت می‌کرد تغییر موقعیت بذر ها باعث نزدیک شدن آن‌ها به یکدیگر می‌گردید، در نتیجه این کاهش فاصله بین بذر ها موجب قرار گرفتن بذر های بیشتری در محدوده صفر تا ۰/۵ برابر فاصله تئوری شده و در نهایت افزایش شاخص چندتایی را به دنبال داشت. نتایج نشان داد، در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری بین بذر ها مقدار شاخص چندتایی نسبت به سایر فواصل بین بذر ها بیشتر بود. علت این افزایش احتمالاً بخاطر حساسیت بیشتر فاصله بین بذر های کمتر نسبت به تغییر موقعیت بذر ها توسط پوشاننده‌ها می‌باشد. مشاهده نتایج مقایسه میانگین شاخص چندتایی در سطوح مختلف عمق کاشت نشان داد که با افزایش عمق کاشت شاخص چندتایی کاهش پیدا می‌کرد به نحوی که با افزایش عمق کاشت به اندازه ۴۰ میلی‌متر شاخص چندتایی با کاهش معنی‌دار ۲/۲۴٪ روبه‌رو می‌شد. علت این کاهش احتمالاً به‌خاطر تأثیرات کمتر پوشاننده‌ها بر روی بذر های کاشته شده در عمق کاشت ۶۰ میلی‌متری بود (شکل ۹).

اندازه‌گیری متغیرهای آزمایشی

در این پژوهش از شاخص‌های چندتایی^۱، نکاشت^۲، کیفیت تغذیه^۳ و دقت^۴ به‌ترتیب براساس روابط (۱) الی (۴) (Smith, 1995 Kachman and) جهت بررسی کارایی دستگاه در سطح مزرعه استفاده گردید.

$$D = \frac{n_1}{N} \times 100 \quad (۱)$$

D: شاخص چندتایی (%، N: تعداد کل فواصل اندازه‌گیری شده و n₁: تعداد فواصل کاشتی که در محدوده صفر تا ۰/۵ برابر فاصله تئوری قرار دارند.

$$M = \frac{n_3 + n_4 + n_5}{N} \times 100 \quad (۲)$$

M: شاخص نکاشت (%، N: تعداد کل فواصل اندازه‌گیری شده و n₃, n₄, n₅: تعداد فواصل کاشتی است که در محدوده ۱/۵ تا ∞ برابر فاصله تئوری قرار دارند.

$$A = \frac{n_2}{N} \times 100 \quad (۳)$$

A: شاخص کیفیت تغذیه (%، N: تعداد کل فواصل اندازه‌گیری شده و n₂: تعداد فواصل کاشتی که در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ برابر فاصله تئوری قرار دارند.

$$C = \frac{S_2}{X_{ref}} \times 100 \quad (۴)$$

C: شاخص دقت (%، X_{ref}: فاصله کاشت تئوری و S₂: انحراف معیار فواصلی که در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ برابر فاصله تئوری قرار دارند.

اندازه‌گیری فواصل بین گیاهان سبز شده:

۲۵ روز بعد از اولین آبیاری، زمانی که تغییری در تعداد گیاهان جوانه زده ذرت و لوبیا مشاهده نشد، ابتدا فاصله ۵ متر میانی از هر ردیف علامت‌گذاری شد و توسط یک کولیس فواصل گیاهان (فاصله بیرونی دو گیاه، قطر ساقه گیاه اول و دوم) قرار گرفته در محدوده مورد نظر درست از روی سطح زمین به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه (۵) فاصله بین دو گیاه (M) به‌صورت دقیق محاسبه گردید.

$$M = C - \left(\frac{A + B}{2} \right) \quad (۵)$$

A: قطر گیاه اول (mm)، B: قطر گیاه دوم (mm) و C: فاصله بیرونی دو گیاه از یکدیگر (mm).

- 1- Multiple index
- 2- Miss index
- 3- Quality of feed index
- 4- Precision index

شاخص نکاشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص نکاشت (جدول ۱) نشان داد که تیمارهای سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی شاخص نکاشت داشته اما اثر متقابل سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری بر روی شاخص نکاشت ندارند. بیشترین مقدار شاخص نکاشت در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری بین بذرهای مشاهده شد و مقدار آن برابر با ۱۶/۲۲٪ بود (شکل ۱۰). شاخص نکاشت با افزایش فاصله بین بذرهای لوبیا روند کاهشی دارد به‌طوری‌که در فاصله ۲۱۵ میلی‌متری بین بذرهای به‌ازای اختلاف فاصله ۱۱۵ میلی‌متری، شاخص نکاشت نسبت به بیشترین مقدار خود کاهش معنی‌دار ۴۲/۹٪ پیدا کرده و مقدار آن به ۹/۲۶٪ می‌رسید. لغزش چرخ زمین گرد باعث کاهش آبی سرعت چرخش صفحه موزع و رسیدن سرعت چرخش آن به صفر می‌شود. کاهش آبی سرعت چرخش صفحه موزع در حین انجام عملیات کاشت باعث افزایش فواصل بین بذرهای قرار گرفته درون خاک شده و این افزایش فواصل موجب کاهش یکنواختی فاصله بین بذرهای همین طور ورود آن‌ها به محدوده شاخص نکاشت می‌شد و در نهایت افزایش شاخص نکاشت را به‌وجود می‌آورد. مقایسه میانگین شاخص نکاشت در سطوح مختلف عمق کاشت در شکل ۱۱ نشان داد که بین عمق‌های کاشت ۴۰ و ۶۰ میلی‌متری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد اما این عمق‌های کاشت دارای اختلاف معنی‌داری با عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری بودند. نتایج بیانگر این بود که کاهش عمق موجب افزایش شاخص نکاشت می‌شد.

شاخص کیفیت تغذیه

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص کیفیت تغذیه نشان داد که تیمارهای سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی شاخص کیفیت تغذیه دارند. نتایج حاکی از این بود که اثر متقابل سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت دارای اثر معنی‌داری بر روی شاخص کیفیت تغذیه نبودند (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین در شکل ۱۲ نشان‌دهنده این بود که در فاصله ۲۱۵ میلی‌متری بین بذرهای شاخص کیفیت تغذیه به بیشتر مقدار خود برابر با ۸۵/۸۳٪ می‌رسد. کاهش فاصله بین بذرهای رابطه مستقیم با شاخص کیفیت تغذیه داشت به نحوی که مقدار این شاخص با افت ۱۲/۷٪ در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری بین بذرهای به ۷۴/۹۱٪ می‌رسید. شاخص کیفیت تغذیه کمیتی است که مستقیماً تحت تأثیر شاخص‌های نکاشت و چندتایی قرار می‌گیرد. از آنجا که

بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های شاخص‌های نکاشت و چندتایی در سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت نشان‌دهنده این موضوع بود که کاهش فاصله بین بذرهای لوبیا روی خطوط کشت موجب افزایش این شاخص‌ها شده، در نتیجه کاهش شاخص کیفیت تغذیه با کاهش فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت منطقی به نظر می‌رسد. نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱۳ نشان داد که کمترین مقدار شاخص کیفیت تغذیه مربوط به عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری است اما در عمق کاشت ۴۰ میلی‌متری شاخص کیفیت تغذیه دارای افزایش معنی‌دار ۳/۳٪ و همچنین در عمق کاشت ۶۰ میلی‌متری این شاخص به اندازه ۸٪ نسبت به عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری افزایش معنی‌دار از خود نشان می‌دهد.

شاخص دقت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص دقت در جدول ۱ نشان داد که تیمار سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد و همچنین تیمار سطوح مختلف عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی شاخص دقت دارند. این نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری بر روی شاخص دقت ندارند. مشاهده نتایج مقایسه میانگین شاخص دقت در شکل ۱۴ نشان داد که در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری بین بذرهای شاخص دقت برابر با ۲۳/۸۳٪ است ولی در فاصله ۱۲۰ میلی‌متری بین بذرهای شاخص دقت با کاهش ۶/۱٪ روبه‌رو شده اما اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد، این روند کاهشی با افزایش فاصله بین بذرهای لوبیا به مسیر خود ادامه داده و در فاصله ۲۱۵ میلی‌متری بین بذرهای به کمترین مقدار خود برابر با ۱۸/۵٪ می‌رسید. تغییر موقعیت بذرهای نحوه بیرون آمدن آن‌ها از درون خاک موجب ایجاد نوسان در فاصله بین بذرهای قرار گرفته درون خاک در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ برابر فاصله تئوری نسبت به فاصله تئوری شده و در نتیجه اختلاف بین این دو فاصله باعث افزایش انحراف معیار در این محدوده می‌گردد و از آنجا که انحراف معیار رابطه مستقیم با شاخص دقت دارد موجب افزایش این شاخص می‌شد. بدیهی است هر چقدر فاصله بین بذرهای کمتر باشد این نواسانات بر روی انحراف معیار آن‌ها بیشتر اثر می‌گذارد و باعث افزایش شاخص دقت می‌شود. شکل ۱۵ مقایسه میانگین شاخص دقت در سطوح مختلف عمق کاشت را نشان می‌دهد، نتایج بیانگر این بود که با افزایش عمق کاشت شاخص دقت کاهش می‌یابد.

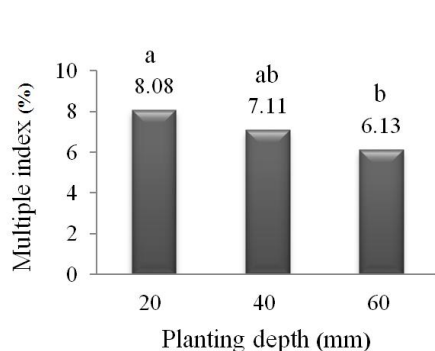
جدول ۱- تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در واحد کارنده لوبیا

Table 1- Analysis of variance for measured variables in bean planting unit

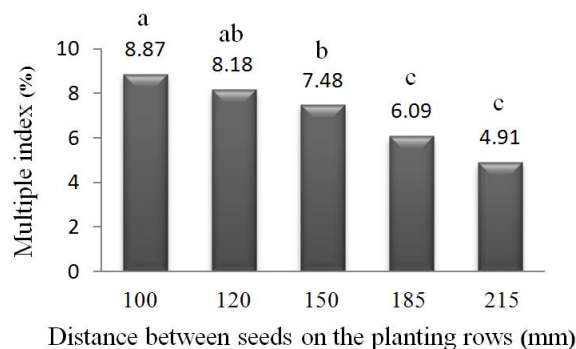
منابع تغییرات Sources of variations	درجه‌ی آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares			
		چندتایی (%) Multiple (%)	نکاشت (%) Miss (%)	کیفیت تغذیه (%) Quality of feed (%)	دقت (%) Precision (%)
بلوک (r) Block (r)	2	0.299 ^{ns}	1.294 ^{ns}	1.174 ^{ns}	30.029 ^{ns}
فاصله‌ی بین بذرها (a) Distance between seeds (a)	4	23.067 ^{**}	89.043 ^{**}	200.114 ^{**}	54.507 [*]
بلوک × فاصله بین بذرها Distance between seeds × Block	8	1.399 ^{ns}	8.887 ^{ns}	9.725 ^{ns}	7.968 ^{ns}
عمق کاشت (b) Planting depth (b)	2	14.359 [*]	85.796 ^{**}	169.57 ^{**}	89.385 ^{**}
فاصله بین بذرها × عمق کاشت Distance between seeds × Planting depth	8	3.765 ^{ns}	4.393 ^{ns}	4.532 ^{ns}	2.088 ^{ns}
خطا Error	20	3.275	7.342	13.667	9.502

ns, *, ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

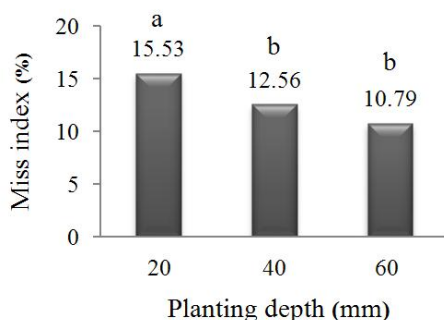
ns, * and ns are significant at 1 and 5% probability levels and non-significant, respectively.



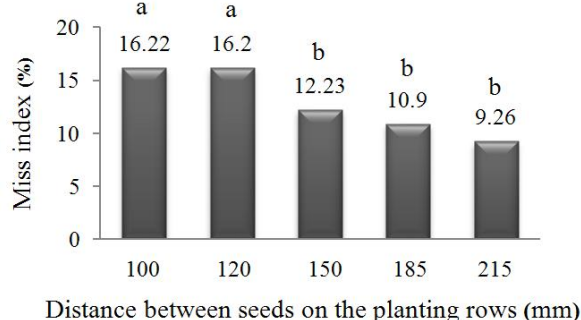
شکل ۹- تأثیر عمق کاشت بر شاخص چندتایی
Fig. 9. Effect of planting depth on multiple index



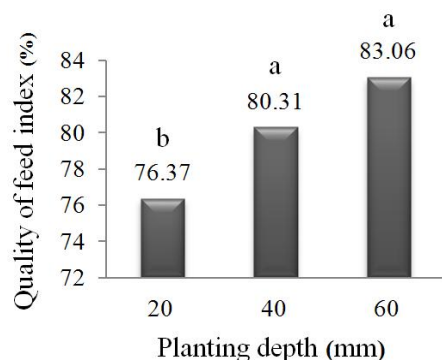
شکل ۸- تأثیر فاصله بین بذرهای لوبیا بر شاخص چندتایی
Fig. 8. Effect of distance between seeds of bean on multiple index



شکل ۱۱- تأثیر عمق کاشت بر شاخص نکاشت
Fig. 11. Effect of planting depth on miss index

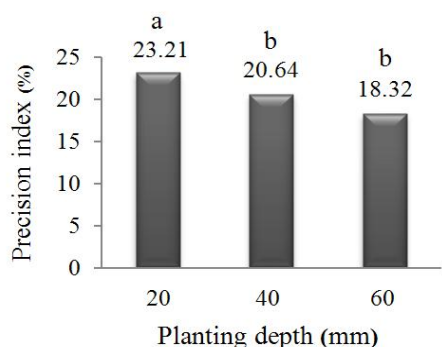


شکل ۱۰- تأثیر فاصله بین بذرهای لوبیا بر شاخص نکاشت
Fig. 10. Effect of distance between seeds of bean on miss index



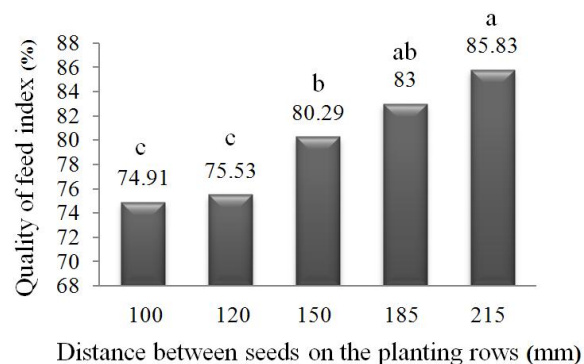
شکل ۱۳- تأثیر عمق کاشت بر شاخص کیفیت تغذیه

Fig. 13. Effect of planting depth on quality of feed index



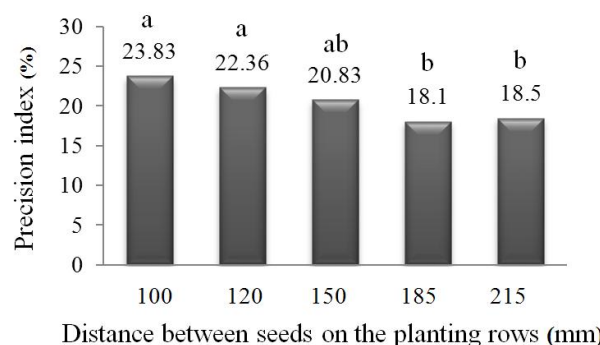
شکل ۱۵- تأثیر عمق کاشت بر شاخص دقت

Fig. 15. Effect of planting depth on precision index



شکل ۱۲- تأثیر فاصله بین بذرهای لوبیا بر شاخص کیفیت تغذیه

Fig. 12. Effect of distance between seeds of bean on quality of feed index



شکل ۱۴- تأثیر فاصله بین بذرهای لوبیا بر شاخص دقت

Fig. 14. Effect of distance between seeds of bean on precision index

که چرخ فشاردهنده زمانی که از روی این کلوخه‌ها عبور می‌کرد، باعث سرش کلوخه‌ها در زیر خود شده و از آنجایی که این کلوخه‌ها در تماس مستقیم با بذرهای قرار گرفته درون خاک بودند باعث جابه‌جایی آن‌ها شده و در نتیجه حرکت بذر، کاهش فاصله بین بذر را درون خاک به دنبال داشت. مسلماً هر چقدر فاصله در نظر گرفته شده بین بذر روی خطوط کاشت کمتر باشد نسبت به عوامل تغییردهنده موقعیت آن‌ها درون خاک حساس‌تر هستند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱۷ نشان داد که عمق کاشت نیز، یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی شاخص چندتایی می‌باشد.

شاخص نکاشت

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص نکاشت در جدول ۲ بیانگر این بود که تیمارهای سطوح مختلف فاصله بین بذر روی خطوط کاشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۱

نتایج ارزیابی مزرعهای واحد کارنده ذرت

شاخص چندتایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص چندتایی در جدول ۲ نشان می‌داد که تیمارهای سطوح مختلف فاصله بین بذر روی خطوط کاشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی شاخص چندتایی دارند، همچنین اثر متقابل سطوح مختلف فاصله بین بذر روی خطوط کاشت و عمق کاشت دارای اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر روی شاخص چندتایی بودند. نتایج کلی در شکل ۱۶ نشان داد که شاخص چندتایی با کاهش فاصله بین بذرهای ذرت روی خطوط کاشت افزایش می‌یابد. یکی از دلایل احتمالی افزایش شاخص چندتایی علاوه بر پوشانده‌ها، چرخ فشاردهنده خاک روی بذر بود. زمانی که چرخ فشاردهنده عملیات فشرده کردن خاک روی بذر را انجام می‌داد وجود کلوخه با شکل و اندازه‌های مختلف روی سطح خاک در مسیر حرکت این چرخ باعث تغییر موقعیت بذرهای قرار گرفته درون خاک می‌شد. به این صورت

شاخص کیفیت تغذیه به کمترین مقدار خود یعنی $۷۱/۴۸\%$ می‌رسید. افزایش فاصله بین بذرهای ذرت روی خطوط کشت باعث افزایش این شاخص می‌شد به طوری که در فاصله ۸۵ میلی‌متری بین بذرهای این شاخص به اندازه $۳/۵\%$ نسبت به فاصله ۵۵ میلی‌متری افزایش معنی‌دار داشته است. بررسی بیشتر نمودار نشان داد که شاخص کیفیت تغذیه به افزایش خود ادامه داده و در فاصله ۱۶۰ میلی‌متری بین بذرهای این شاخص با افزایش $۱۵/۵\%$ به بیشترین مقدار خود برابر $۸۴/۶۶\%$ می‌رسید. در نهایت با اطمینان کامل می‌توان گفت بیشترین راندمان واحد کارنده ذرت در فاصله ۱۶۰ میلی‌متری بین بذرهای ذرت وجود داشت. شکل ۲۱ نشان‌دهنده این بود که یکی دیگر از عواملی که موجب تغییرات شاخص کیفیت تغذیه می‌شد عمق کاشت بذرها بود.

شاخص دقت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص دقت نشان داد که تیمارهای سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی شاخص دقت دارند اما اثر متقابل سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت دارای اثر معنی‌داری بر روی شاخص دقت نبودند (جدول ۲). بیشترین مقدار شاخص دقت مربوط به فاصله ۵۵ میلی‌متری بین بذرهای بود (شکل ۲۲)، این مطلب یکنواختی کمتر در توزیع افقی بذرهای قرار گرفته درون خاک را در این فاصله نسبت به سایر فواصل بین بذرهای می‌رساند. افزایش سرعت چرخش صفحه موزع و برخورد بذرهای به دیواره‌ی لوله سقوط بذر موجب ایجاد نوسان در سرعت فرود آن‌ها می‌شد، همچنین شکل و اندازه و وزن بذرهای نیز روی سرعت فرود آن‌ها تأثیر مستقیم می‌گذاشت. نواساناتی که در سرعت فرود بذرهای وجود داشت باعث توزیع افقی بذرهای قرار گرفته درون خاک با یکنواختی کمتر شده و در نهایت موجب افزایش انحراف معیار بذرهایی که در محدوده $۰/۵$ تا $۱/۵$ برابر فاصله تئوری قرار دارند می‌شد، از آنجا که در فاصله ۵۵ میلی‌متری بین بذرهای سرعت چرخش صفحه موزع نسبت به سایر فواصل بیشتر بود این موضوع را می‌توان به عنوان دلیل احتمالی افزایش شاخص دقت در این فواصل بین بذرهای مطرح کرد. مقایسه میانگین شاخص دقت در سطوح مختلف عمق کاشت در شکل ۲۳ نشان داد که بین سطوح مختلف عمق کاشت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در عمق کاشت ۶۰ میلی‌متری شاخص دقت دارای کمترین مقدار خود بود این موضوع نشان‌دهنده افزایش راندمان واحد کارنده ذرت در توزیع یکنواخت بذرهای در این عمق کاشت نسبت به سایر عمق‌های کاشت است. در عمق کاشت ۴۰ میلی‌متری مقدار شاخص دقت دارای افزایش $۸/۷\%$ و در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری این شاخص به اندازه $۱۵/۳\%$ نسبت به کمترین مقدار

درصد بر روی شاخص نکاشت دارند. این نتایج نشان داد که اثر متقابل سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری بر روی شاخص نکاشت ندارند. نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱۸ نشان داد، بیشترین مقدار شاخص نکاشت مربوط به فاصله ۵۵ میلی‌متری بین بذرهای و برابر با $۱۸/۱۳\%$ بود، با افزایش فاصله بین بذرهای ذرت روی خطوط کشت شاخص نکاشت کاهش پیدا می‌کرد به طوری که در فاصله ۱۶۰ میلی‌متری بین بذرهای شاخص نکاشت با افت چشمگیر و معنی‌دار $۴۹/۴\%$ نسبت به بیشترین مقدار خود مواجه می‌شد. چرخ‌های فشاردهنده و پوشاننده‌ها از یک طرف باعث کاهش فواصل بین بذرهای قرار گرفته درون خاک می‌شدند ولی از طرف دیگر افزایش فواصل بین بذرهای را به دنبال داشتند. در بعضی از مواقع این افزایش فواصل موجب ورود فاصله بین بذرهای قرار گرفته درون خاک به محدوده شاخص نکاشت می‌شد. از جمله دلایل احتمالی دیگر افزایش شاخص نکاشت در سطح مزرعه عدم جوانه‌زنی برخی از بذرهای درون خاک بود. نتایج مقایسه میانگین شاخص نکاشت در سطوح مختلف عمق کاشت نشان داد که بیشترین مقدار شاخص نکاشت در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری وجود دارد اما شاخص نکاشت در عمق‌های کاشت ۴۰ و ۶۰ میلی‌متری کاهش معنی‌داری را نسبت به عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری از خود نشان می‌داد (شکل ۱۹). در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری کاهش رطوبت خاک به صورت آبی بوده و بذرهای فرصت کمتری برای استفاده از رطوبت خاک جهت انجام عملیات جوانه‌زنی داشتند و در نتیجه درصد بذرهایی که سر از خاک بیرون می‌آورند نسبت به عمق‌های کاشت ۴۰ و ۶۰ میلی‌متری کمتر بود. این موضوع می‌تواند یکی از دلایل احتمالی افزایش شاخص نکاشت در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری باشد. از جمله علل دیگر افزایش شاخص نکاشت در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری می‌توان به تأثیرات بیشتر چرخ‌های فشاردهنده و پوشاننده‌ها بر روی تغییر موقعیت بذرهای قرار گرفته درون خاک اشاره کرد.

شاخص کیفیت تغذیه

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به شاخص کیفیت تغذیه در جدول ۲ نشان داد، تیمارهای سطوح مختلف فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت و عمق کاشت اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر روی شاخص کیفیت تغذیه دارند، ولی اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر شاخص کیفیت تغذیه ندارند. نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل ۲۰ نشان داد که میان سطوح مختلف فاصله ۸۵ و ۱۱۰ میلی‌متری بین بذرهای و فواصل ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متری بین بذرهای اختلاف معنی‌دار وجود ندارد اما در این فواصل شاخص کیفیت تغذیه به تدریج افزایش پیدا می‌کرد. در فاصله ۵۵ میلی‌متری بین بذرهای

خود افزایش پیدا کرده بود. با توجه به مشاهدات فوق به این نتیجه می‌رسیم که کاهش عمق کاشت موجب یکنواختی کمتر فواصل بین بذرهای کاشته شده درون خاک می‌شد.

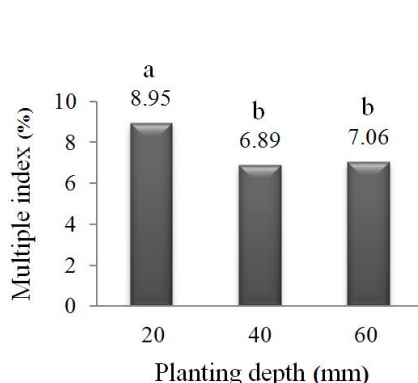
جدول ۲- تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در واحد کارنده ذرت

Table 2- Analysis of variance for measured variables in corn planting unit

منابع تغییرات Sources of variations	درجه‌ی آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares			
		چندتایی (%) Multiple (%)	نکاشت (%) Miss (%)	کیفیت تغذیه (%) Quality of feed (%)	دقت (%) Precision (%)
بلوک (r) Block (r)	2	3.272 ^{ns}	0.157 ^{ns}	3.269 ^{ns}	2.362 ^{ns}
فاصله‌ی بین بذرهای (a) Distance between seeds (a)	4	49.611 ^{**}	132.707 ^{**}	326.533 ^{**}	37.416 [*]
بلوک × فاصله‌ی بین بذرهای Distance between seeds × Block	8	4.122 ^{ns}	4.762 ^{ns}	5.496 ^{ns}	3.346 ^{ns}
عمق کاشت (b) Planting depth (b)	2	19.475 ^{**}	107.158 ^{**}	217.995 ^{**}	61.675 ^{**}
فاصله‌ی بین بذرهای × عمق کاشت Distance between seeds × Planting depth	8	8.691 [*]	11.525 ^{ns}	18.358 ^{ns}	3.440 ^{ns}
خطا Error	20	3.275	10.452	14.685	6.037

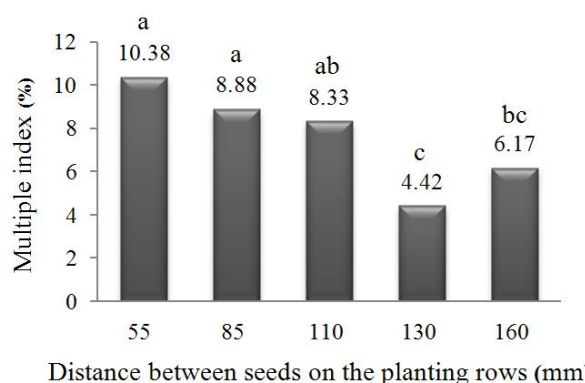
ns, * و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

ns, * and ** are significant at 1 and 5% probability levels and non-significant, respectively.



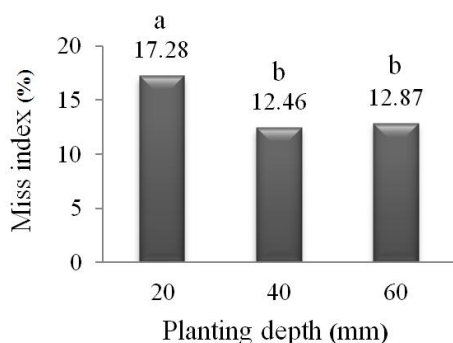
شکل ۱۷- تأثیر عمق کاشت بر شاخص چندتایی

Fig. 17. Effect of planting depth on multiple index

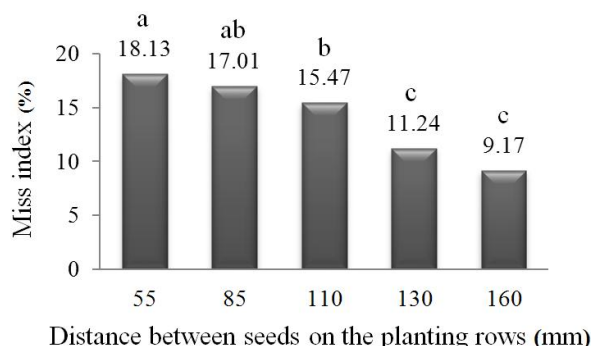


شکل ۱۶- تأثیر فاصله بین بذرهای ذرت بر شاخص چندتایی

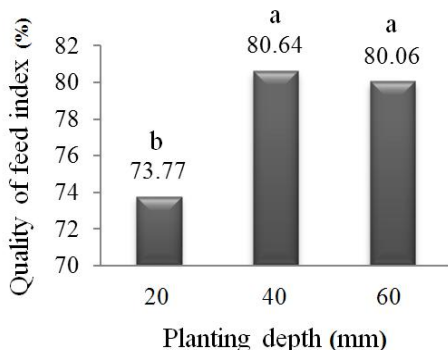
Fig. 16. Effect of distance between seeds of corn on multiple index



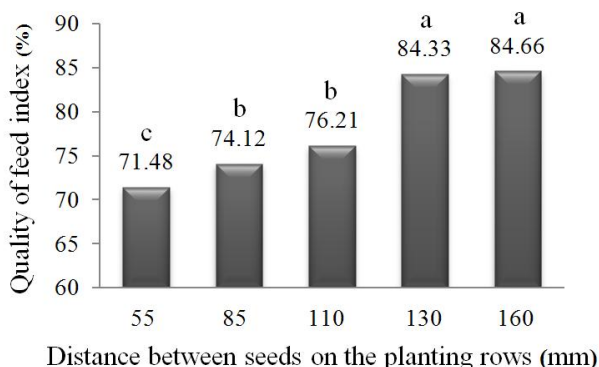
شکل ۱۹- تأثیر عمق کاشت بر شاخص نکاشت
Fig. 19. Effect of planting depth on miss index



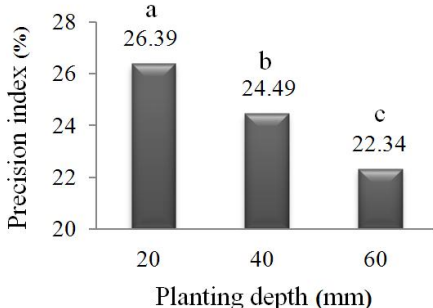
شکل ۱۸- تأثیر فاصله بین بذرهای ذرت بر شاخص نکاشت
Fig. 18. Effect of distance between seeds of corn on miss index



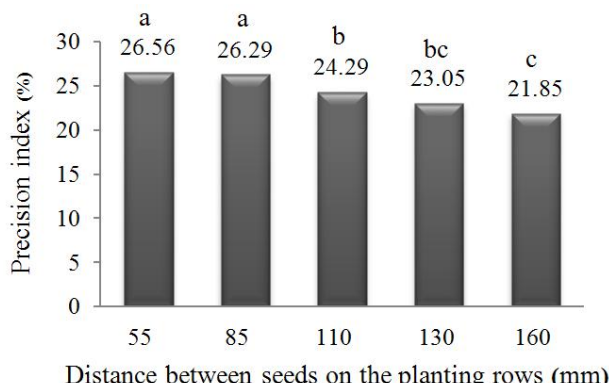
شکل ۲۱- تأثیر عمق کاشت بر شاخص کیفیت تغذیه
Fig. 21. Effect of planting depth on quality of feed index



شکل ۲۰- تأثیر فاصله بین بذرهای ذرت بر شاخص کیفیت تغذیه
Fig. 20. Effect of distance between seeds of corn on quality of feed index



شکل ۲۳- تأثیر عمق کاشت بر شاخص دقت
Fig. 23. Effect of planting depth on precision index



شکل ۲۲- تأثیر فاصله بین بذرهای ذرت بر شاخص دقت
Fig. 22. Effect of distance between seeds of corn on precision

کاشت نیز از جمله عوامل تأثیرگذار بر روی شاخص‌های چندتایی، نکاشت، دقت و کیفیت تغذیه می‌باشد. در فاصله ۵۵ میلی‌متری بین بذرهای واحد کارنده ذرت توانایی کمتری در توزیع افقی بذر را در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ برابر فاصله تئوری داشت. این موضوع باعث

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل ارزیابی واحدهای کارنده ذرت و لوبیا در سطح مزرعه نشان می‌داد که علاوه بر فاصله بین بذرهای روی خطوط کشت، عمق

راندمان بالایی نسبت به سایر فواصل بین بذرهای بودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که کاهش عمق کاشت موجب افزایش شاخص‌های چندتایی، نکاشت، دقت و کاهش شاخص کیفیت تغذیه می‌شد. به‌طوری‌که در عمق کاشت ۲۰ میلی‌متری شاخص‌های چندتایی، نکاشت و دقت در واحدهای کارنده ذرت و لوبیا به بیشترین مقدار خود و شاخص کیفیت تغذیه به کمترین مقدار خود نسبت به سایر عمق‌های کاشت می‌رسید.

می‌شد تا در این فواصل مقدار شاخص‌های چندتایی، نکاشت و دقت افزایش پیدا کنند، همچنین در واحد کارنده لوبیا نیز در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری بین بذرهای این شاخص‌ها افزایش داشته‌اند. شاخص کیفیت تغذیه نشان‌دهنده قرار گرفتن بذرهای در موقعیت مناسب و از قبل تعیین شده است. نتایج نشان داد که در فاصله ۱۶۰ میلی‌متری بین بذرهای ذرت و فاصله ۲۱۵ میلی‌متری بین بذرهای لوبیا این شاخص نسبت به سایر فواصل بین بذرهای افزایش یافته و در نتیجه نشان می‌داد که واحدهای کارنده ذرت و لوبیا در فواصل یاد شده دارای

References

1. Ghanbari Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a low – input forage. Wye College, University of London, London.
2. Kachman, S. D., and J. A. Smith. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Transaction of the ASAE 38 (2): 379-387.
3. Koocheki, A., M. Hosseini, and A. Hashemi- Dezfooli. 2009. Sustainable agricultural systems. Mashhad: Jihad-E-Daneshgahi Publications. 7th printing. PP. 162. (In Farsi).
4. Lazanyi, J. 2000. Grass pea and green manure effects in the great Hungarian plain. Lathyrus Lathyrism Newsletter 1: 28-30.
5. Liebman, M., and A. S. Davis. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low- input farming systems. Weed Research 40: 27-47.
6. Majnoon Hoseini, N. 1992. Bean of Iran. Jihad Tehran University Publications. PP. 240. (In Farsi).
7. Mazaheri, D. 1994. Intercropping. Tehran University Publication. PP. 262. (In Farsi).
8. Mohler, C. L., and M. Liebman. 1987. Weed productivity and composition in sole crop and intercrops of barley and field pea. Journal of Applied Ecology 24: 685-699.
9. Muhammad, I., M. Rafiq, A. Sultan, M. Akram, and M. Arifgoher. 2006. Green fodder yield and quality evolution of maize and cowpea sown alone and in combination. Journal of Agricultural Research 44 (1): 121-129.
10. Mushagalusa, G. N., J. F. Ledent, and X. Draye. 2008. Shoot and root competition in potato /maize intercropping: Effect on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.
11. Pandey, I. B., V. Bharati, and S. S. Mishra. 2003. Effect of maize (*Zea mays* L.) -based intercropping systems on maize yield and associated weeds under rainfed condition. Indian Journal of Agronomy 48: 30-33.
12. Prin, S. U., and J. Dwit. 2005. Intercropping cereal and grain legumes, A Farmers Perspective, Research at the Louis Bolk inStitute live Stock Department, w.w.w.agric.nsw.gov.au.
13. Sauke, H., and K. Ackermann. 2006. Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa* L.). Weed Research 46: 453-461.
14. Zhang, F., and L. Li. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient- use efficiency. Plant and Soil 248: 305-312.

Development and field evaluation of an intercropping machine for corn and bean

A. Mondani¹- S. H. Karparvarfard^{2*}

Received: 28-10-2014

Accepted: 27-05-2015

Introduction

Maximum efficiency of natural resources, reduced risk of production, improved fertility of soil, and increased production per area enjoyment have made intercropping a preferential practice compared with cropping. One of the fundamental problems in this kind of cropping is non-existence of suitable machines. In this research, a new intercropping machine has been designed and built for intercropping of corn and bean with precise ratios and different planting patterns.

Materials and Methods

The experiments were conducted at the Badjgah Research Station, Shiraz University, located in NW Shiraz, Iran. The soil texture was clay loam (16% sand, 48% silt, and 35% clay). The plot size was 9 m wide and 12 m long. The total number of the plots were 9. The basic components of intercropping machine were an adjustable frame to adjust row spacing for each unit planter about 550 mm horizontally independently (the row spacing between corn and bean planting lines was considered 375 mm), a hinged frame for adjustment of seeding depth and possible poor emergence of plants due to very deep or shallow planting, metering case frames for installing the vacuum metering disk units around which the seed drums have a row of 36 holes of 4.5 and 5.5 mm diameter for corn and bean, respectively, seed delivery tubes, a suction fan, shovel openers used for bedder planting for corn and lister planting for bean, a knife covering attachment, seed-firming wheels, interchangeable gears which are mechanical chain drives for 43 varying seeding rates driven by carrying wheel drives, two metal seed hoppers whose lower side walls' slope can be adjust at a maximum level of 45°. A front wheel assist, Massey Ferguson tractor (MF-399) (ITM, Tabriz, Iran) with a maximum engine power of 81 kW was used for field test of intercropping machine. Moldboard plow was used for primary tillage and the depth of plowing was 25 cm. Next, by an offset disk harrow, the field was disked twice for pulverizing lumps, mulching the surface and firming the underneath soil to provide a smooth uniform seedbed. In this study, the common bean seed (var. *Derakhshan*) and corn hybrid seed (SC-704) with 93 and 83 percent of germination and 97 and 98 percent of purity, respectively, were used. This machine was operated in five different distance patterns between corn and bean seeds on each row: 55 mm and 215 mm in the first pattern, 85 mm and 185 mm in the second pattern, 110 mm and 150 mm in the third pattern, 130 mm and 120 mm in the fourth pattern, and 160 mm and 100 mm in the fifth pattern for corn and bean, respectively. For all patterns, the depth of planting for corn and bean seeds was chosen as 20, 40, and 60 mm. In addition, the forward speed was assumed to be constant (4 km h⁻¹). By using split plots with three replicates and SAS software (2002), the results were analyzed.

Results and Discussion

The multiple index, miss index, precision index, and quality of feed index was evaluated. The analysis of variance for bean planting unit showed that difference distance between seeds and various planting depth were significantly higher for multiple index ($P < 0.01$), but their interactions were not significant ($P \geq 0.05$). Also, with decreasing the seeds distances, the multiple index was increased ($P < 0.05$). Moreover, comparing the results of the average multiple index in different levels of planting depth indicated that the multiple index was decreased when at higher depths of planting ($P < 0.05$). The seeds distance and planting depth were significantly higher for miss index and quality of feed index ($P < 0.01$), but their interactions were not significant for either index ($P > 0.05$). The precision index was significant was affected by different levels of seeds distance ($P < 0.05$) and was higher for different levels of seeds planting depths ($P < 0.01$), but their interactions were not significant. In corn planting unit, the results showed that the different distances between seeds and planting depths were significantly higher for multiple index, miss index, quality of feed index, and precision index ($P < 0.01$). Also their interactions were significant for multiple index ($P < 0.05$), but the other indices showed no significant interactions ($P > 0.05$).

1- Graduate Student, Biosystems Engineering Department, Shiraz University, Shiraz, Iran

2- Associate Professor, Biosystems Engineering Department, Shiraz University, Shiraz, Iran

(*- Corresponding Author Email: karparvr@shirazu.ac.ir)

Conclusions

Data data suggested a higher quality index once corn and bean were respectively plated at 160 and 215 mm seed distance with a planting depth of 60 mm being optimum for each corn and bean.

Keywords: Bean, Corn, Intercropping, Planter, Quality of feed index