

ارزیابی مزرعه‌ای بذرکار جوی و پشته کار حفاظتی نخود با آرایش کشت مختلف

بهنام سپهر^۱ و حسین حاجی‌آقا علیزاده^{۲*}

چکیده

به‌منظور بررسی شش نوع کارنده برای کشت نخود، آزمایشی با استفاده از کرت‌های نواری در قالب یک طرح با بلوک‌های کاملاً تصادفی و با چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان به اجرا درآمد. در این طرح، درصد شکستگی، عمق کاشت، یکنواختی توزیع، ریزش بذر، درصد سبز شدن بذور و ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای اندازه‌گیری شد. ماشین کاشت در عرض کاری ۱/۵ متر با دو عامل سرعت پیشروی و نوع کارنده مورد بررسی قرار گرفت. سرعت پیشروی در دو سطح ۴ و ۶ کیلومتر بر ساعت و نوع کارنده در شش سطح ۷ قلمی، U شکل، T وارون، V شکل دو بشقابی، صلیبی و لاله‌ای شکل آزمایش شدند. هدف کلی از انجام این پژوهش، معرفی بهترین کارنده برای کشت نخود برای ماشین‌آلات کشت مستقیم در ایران، توسعه دانش فنی کاربرد برخی روش‌های کاشت، معرفی موزع جدید که میزان شکست بذر را کاهش می‌دهد و حذف روش‌های سنتی گذشته بود. نتایج نشان داد که کارنده صلیبی در چهار پارامتر مطالعه شده نسبت به سایر کارنده‌ها، برتری معناداری در سطح ۵٪ دارد. کارنده صلیبی در مقایسه با پنج نوع کارنده دیگر موجب افزایش ضریب یکنواختی عمق کاشت به میزان ۷٪، یکنواختی فواصل طولی بذر به مقدار ۲۳٪ و درصد سبز شدن به مقدار ۲/۳٪ نسبت به سایر کارنده‌ها شد. همچنین افزایش سرعت پیشروی، تأثیر معنادار بر درصد شکستگی، ضریب یکنواختی عمق کاشت و ضریب یکنواختی فواصل طولی بذر نداشت، اما موجب کاهش معنادار درصد سبز شدن بذور و افزایش معنادار ظرفیت مزرعه‌ای شد.

واژه‌های کلیدی: آرایش کاشت، بذر، کارنده، ماشین رایزید، نخود.

ارجاع: سپهر ب. و حاجی‌آقا علیزاده ح. ۱۴۰۱ ارزیابی مزرعه‌ای بذرکار جوی و پشته کار حفاظتی نخود با آرایش کشت مختلف. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۳: ۸۳-۹۳. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10137.556>

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.

* نویسنده مسئول h-alizade@basu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۰

مقدمه

نخود^۱ دانه‌ای از نوع حبوبات خوراکی است. نخود سرشار از پروتئین و یکی از قدیمی‌ترین حبوبات کشت‌شده توسط انسان بوده و بقایای ۷۵۰۰ ساله آن در خاورمیانه یافت شده است. با عنایت به اهمیت بخش کشاورزی در استقلال و امنیت کشورها، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری همواره بر پایه افزایش حداکثری تولید محصولات کشاورزی و افزایش ثبات و پایداری در سیستم‌های تولیدی کشاورزی استوار بوده است. در این میان گیاهان دولپه‌ای و بخصوص حبوبات، به‌عنوان منابع غذایی سرشار از پروتئین از یک سو و نقش آن‌ها در حفظ و حاصل‌خیزی اراضی و پایداری سیستم‌های تولیدی از سوی دیگر جایگاه خاصی را دارا هستند.

حبوبات با سطح زیر کشت ۸۷۰ هزار هکتار و تولید ۵۰۸ هزار تن، سهم قابل‌توجهی را در تولیدات زراعی کشور دارند (Hoseinnejad *et al.*, 2015). حبوبات دومین گروه مهم محصولات زراعی پس از غلات بشمار می‌روند. علاوه بر ارزش غذایی و توانایی آن‌ها در تثبیت نیتروژن، به دلیل بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند و لذا از آن‌ها به‌عنوان محصولاتی برای تنوع بخشیدن به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات که غذای اصلی مردم جهان بر آن استوار است یاد می‌کنند. اگرچه در گذشته این گیاهان عمدتاً در آسیا تولید و مصرف می‌شدند و هنوز هم بیشترین سطح زیر کشت و تولید آن‌ها در آسیا است، ولی اطلاعات موجود نشان می‌دهد که در سه دهه گذشته، تولید آن در کشورهای توسعه‌یافته مورد توجه قرار گرفته و تولید آن‌ها روند افزایشی داشته است و به تناسب افزایش سطح زیر کشت و تولید، اعتبارات زیادی برای انجام تحقیقات مرتبط با این گیاهان به منظور بهبود تولید اختصاص یافته است؛ اما در ایران، علیرغم کشت این گیاهان از دیرباز و اهمیت آن در حفظ پایداری تولید غلات و همچنین سبب غذایی خانواده‌ها، توجه به تحقیق و تولید آن در کشور متناسب با جایگاه تاریخی آن نبوده است. این در حالی است که پدیده کم‌آبی و خشکی از ویژگی‌های جغرافیایی کشور ما و کمبود آب در ایران موضوعی غیرقابل‌اجتناب و انکارناپذیر است و علیرغم وابستگی زیاد اقتصاد کشور به کشاورزی به‌ویژه زراعت‌های آبی، منابع

آب موردنیاز زراعت‌های فاریاب بسیار کم است و از این نظر حبوبات که عمدتاً در اراضی دیم کشت می‌شوند و گیاهان کم‌توقعی هستند بسیار اهمیت پیدا می‌کنند. چنانچه موضوع مهم گرمایش جهانی و اثرگذاری آن بر تغییر اقلیم را نیز مورد توجه قرار دهیم، این گیاهان در نظام‌های زراعی آینده اهمیت ویژه‌ای می‌یابند (Chokan & Ghanbari, 2011).

یکی از مراحل مهم در زراعت محصولات، مرحله کاشت بذر است. عمق مناسب و یکنواخت و با آسیب کمتر به بذر در هنگام کاشت، نقش مؤثری در جوانه‌زنی بذر، درصد سبز مزرعه و استقرار گیاه دارد. بر این اساس عملکرد ماشین‌های کاشت، بسیاری از عواملی که در جوانه زدن و سبز شدن دانه‌های کشت‌شده مؤثرند را تحت تأثیر قرار می‌دهد و لذا عملکرد محصولات می‌تواند بسته به عملکرد کارنده‌ها، متفاوت باشد (Smith *et al.*, 1994). روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی سهم زیادی در کاهش هزینه‌های تولید، نیازهای سوختی، هزینه‌های کارگری، افزایش نفوذ آب در خاک و کاهش رواناب‌ها دارند (Chen *et al.*, 2004).

ماشین بایستی بذرها را با میزان موردنظر بدون هیچ‌گونه پراکندگی و غیریکنواختی غیرقابل‌قبول در طول ردیف بکارد (Ivančan *et al.*, 2004). نتایج تحقیق اثر سرعت پیشروی بر روی یکنواختی فاصله بذرها در یک کارنده نیوماتیک، نشان داد که در سرعت پیشروی ۵ کیلومتر در ساعت، بهترین یکنواختی از نظر فاصله بین بذرها حاصل شده است (Khan *et al.*, 1992).

کارنده‌های کشت مستقیم با حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، در کنترل فرسایش آبی، کاهش تلفات رطوبت خاک و افزایش ماده آلی، پتانسیل قابل‌توجهی دارند (Chen *et al.*, 2004). توانایی عبور بقایا از بین واحدهای کارنده و باز کردن شیار از جمله مشخصه‌های مهم هر کارنده کشت مستقیم در ایجاد بستر بذر مناسب گزارش شده است (Wang *et al.*, 2008). کارایی کارنده‌های مختلف از نظر عواملی مانند عمق قرارگیری بذر و کود، دقت در تأمین فاصله مناسب، نفوذ ریشه در آرایش‌های مختلف برای جذب رطوبت، پراکندگی بذرها در پارامترهای طراحی کارنده‌ها بررسی شدند. نتایج نشان داد که باید ابتدا اقلیم منطقه بررسی شود و سپس اقدام به طراحی و ساخت کارنده مناسب آن منطقه نمود (Murray *et al.*, 2006).

تاکنون در خصوص کشت، با دیگر کارنده‌ها مقایسه و ارزیابی فنی نشده است، لازم است اقدامات لازم در این خصوص صورت پذیرد تا علاوه بر معرفی جدیدترین کارنده، مناسب‌ترین کارنده‌ها نیز برای شرایط اقلیمی کشور و منطقه انتخاب گردد.

موزع‌ها در ماشین‌های کاشت وظیفه تقسیم بذر از مخزن به کارنده را بر عهده دارند. این قطعه در اکثر ماشین‌های کاشت نقطه اصلی شکستن بذر در هنگام انتقال به لوله سقوط است. با یک تغییر کوچک در این موزع می‌توان درصد شکستگی بذر را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. شکل و جنس این موزع در قسمت بذر بسیار مهم‌تر است چرا که شکستگی بذر از کود مهم‌تر است؛ لذا این تغییر شکل بر روی موزع کود تأثیری بر نتیجه کار نخواهد داشت (Murray et al., 2006).

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۸۴۴ متر به صورت طرح کرت‌های نواری (شکل ۱) در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی اجرا شد. در این آزمایش، فرآیند کاشت بذر نخود به‌عنوان بذر درشت‌دانه و با دو عامل سرعت پیشروی و نوع کارنده با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفت. سرعت پیشروی در دو سطح a_1 : ۴ کیلومتر بر ساعت و a_2 : ۶ کیلومتر بر ساعت، نوع کارنده در شش سطح (تیمار) b_1 : V شکل قلمی، b_2 : U شکل، b_3 : T وارون، b_4 : صلیبی، b_5 : V شکل دو بشقابی و b_6 : لاله‌ای شکل آزمایش شدند.

پارامترهای اندازه‌گیری شده در این طرح درصد شکستگی، عمق کاشت، یکنواختی توزیع و ریزش بذر، درصد سبز شدن بذر و ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای است. اندازه کرت‌ها ۱۰۰ متر طول و ۲۰ سانتی‌متر عرض و مساحت زمین کشت‌شده ۱ هکتار بود. پشته ساز دستگاه مورد استفاده قابلیت ساخت دوپشته ۶۰ سانتی‌متری با سه جویچه را داشت.

ماشین ساخته شده متشکل از یک مخزن برای بذر و یک مخزن مجزای دیگر برای کود، شش مدل کارنده با آرایش کاشت متفاوت، سه مدل لوله سقوط خرطومی، تلسکوپ و فنری، سه مدل موزع مورب شیاردار پلاستیکی برای بذر،

بسیاری از خصوصیات منطقه قرارگیری بذر در خاک به نوع شیار بازکن و سایر منضعات واحد کارنده بستگی دارد (Vamerli et al., 2006). شیار بازکن‌های کاردی علاوه بر اینکه نیاز به توان بیشتر و سوخت بیشتر دارند و ظرفیت مزرعه‌ای آن‌ها کمتر است (Silva, 2003) باعث به هم خوردگی بیشتر خاک و شکستن محدوده لایه فشرده شده خاک می‌شوند (Conte et al., 2011). در ارزیابی دو نوع جدید از شیار بازکن‌های تیغه‌ای در کارنده کاشت مستقیم، گزارش شد که میزان یکنواختی عمق کاشت و درصد سبز شدن بوته، در مقایسه با شیار بازکن بیلچه‌ای، بیشتر است (Rahimzadeh et al., 2014). در تحقیقاتی نتیجه گرفته شد که چگالی خاک در ردیف‌های کاشته شده با کارنده‌های مجهز به شیار بازکن کاردی کمتر از شیار بازکن دو بشقابی است (Reis et al., 2006). در آزمایشی مشاهده کردند که به هم خوردگی خاک با شیار بازکن کاردی موجب کاهش مقاومت به نفوذ در محدوده عمق صفر تا ۱۲ سانتی‌متری خاک شده است (Veiga et al., 2007). دو نوع اصلی شیار بازکن کاردی و بشقابی ممکن است تفاوت زیادی در بستر بذر ایجاد کنند (Chaudhuri, 2001). در صورت طراحی نامناسب شیار بازکن‌های بشقابی، بقایای سطحی می‌توانند به درون شکاف شیار بذر وارد شوند و با کاستن از سطح تماس بذر با خاک شیار و ایجاد غیریکنواختی در عمق کاشت، جوانه‌زنی را نیز کاهش دهند (Chen et al., 2004). کاشت عمیق بذر، جوانه‌زنی را به تأخیر می‌اندازد، ضمن اینکه عمق کاشت ناکافی نیز موجب جوانه‌زنی ضعیف و ناچیز می‌شود (Janelle et al., 1993). مشاهده شد که بقایای سطحی موجب کاهش عمق کاشت و غیریکنواختی فاصله بین بذرها می‌شود (Swan et al., 1994).

بر این اساس، هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر ماشین رابزید (*Raised bed* - بذرکار جوی و پشته کار حفاظتی) با شش مدل شیار بازکن سوار شده بر روی آن بر میزان شکستگی، یکنواختی عمق قرارگیری بذر، یکنواختی توزیع و ریزش بذر، درصد سبز گیاه و ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای است. در ایران برای کشت نخود از کارنده‌های مختلفی استفاده می‌شود و سالانه پیشرفت تکنولوژی، نسل جدیدی از کارنده‌ها را به بازار معرفی می‌کند. با توجه به اینکه کارنده صلیبی جزء جدیدترین کارنده‌ها محسوب می‌شود (Murray et al., 2006) و

موزع ساده برای کود و موزع ساده چدنی است.

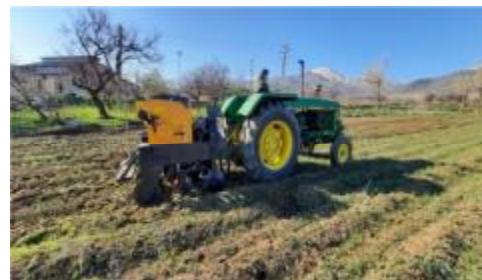
مستقیم روی تراکم بوته و درصد سبز شدن بذر دارد (Mohammad Qasem Nejad Maleki, 2018). درصد

شکستگی طبق معادله ۱ اندازه‌گیری می‌شود:

$$A = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

که در آن: A: درصد شکستگی بذر، n: تعداد بذر شکسته شده خارج شده از موزع و N: تعداد کل بذرهای خروجی است.

پس از قرار دادن دستگاه در شرایط کاشت و بستن کیسه‌هایی زیر لوله سقوط، عملیات ارزیابی انجام شد سپس بذر سالم و شکسته از هم جدا شدند و از معادله بالا، درصد شکستگی هر دستگاه محاسبه گردید. همچنین در این مرحله موزع چدنی و پلاستیکی مورب طراحی شده برای کاهش درصد شکستگی باهم مقایسه شدند (شکل ۲).

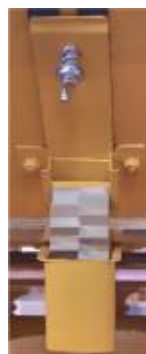


شکل ۱- عملیات کاشت و انجام آزمون مزرعه‌ای در کرت‌های نواری مزرعه هدف

روش‌های اندازه‌گیری

درصد شکستگی و صدمات مکانیکی وارده به بذور

درصد شکستگی و صدمات مکانیکی وارده به بذر یکی از پارامترهای مهم ارزیابی سیستم موزع و انتقال بذر در بذرکار است؛ چراکه کیفیت بذر کاشته شده ارتباط



ج



ب



الف

شکل ۲- الف - موزع مورب پلاستیکی ب - موزع چدنی ج - موزع ساده برای کود

که در آن: S_H : ضریب یکنواختی توزیع عمق کاشت، Y: میانگین قدر مطلق تفاضل داده‌ها از میانگین یا میزان عمق تنظیمی (cm) و D_H : عمق تنظیمی یا میانگین عمق اندازه‌گیری شده (cm) است.

یکنواختی توزیع و ریزش بذر

پس از سبز شدن تمام بذرهای کاشته شده، در ۳۰ نقطه به صورت تصادفی، از خطوط میانی هر کرت، فاصله بوته‌ها روی دو ردیف موازی را به وسیله کولیس اندازه‌گیری کرده و از معادله (۳) برای محاسبه یکنواختی توزیع بذرها استفاده گردید (Mohammad Qasem Nejad Maleki, 2018).

یکنواختی عمق قرارگیری بذر

کیسه‌ها از دستگاه جدا شده و دوباره لوله سقوط به کارنده‌ها متصل شدند و دستگاه برای ارزیابی عملکرد وارد مزرعه شد. پس از کاشت و سبز شدن تمام بذرهای کاشته شده، در نقاطی از هر کرت، بوته‌هایی را به‌طور تصادفی بیرون آورده و عمق کاشت از محل قرارگیری بذر تا آن قسمت از ساقه که در اثر فقدان نور، سبز نگردیده و فاقد کلروفیل و دارای رنگ روشن است اندازه‌گیری شد. با استفاده از معادله (۲) ضریب یکنواختی توزیع عمودی یا عمق قرارگیری بذر محاسبه گردید (Senapati et al., 1988); (Karayel & Ozmerzi, 2002).

$$S_H = \left(1 - \frac{Y}{D_H}\right) \quad (2)$$

که در آن: C_e : ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای برحسب هکتار در ساعت
 W : عرض کار ماشین (m)، S : سرعت پیشروی (km/h) و
 η_f : بازده مزرعه‌ای برحسب درصد که طبق معادله (۶) بدست می‌آید:

$$\eta_f = \frac{T_t}{T_e + T_a + T_h} \quad (۶)$$

که در آن: T_t : زمان خالص یا مؤثر انجام کار برحسب دقیقه و
 $T_o = T_e + T_a + T_h$: کل زمان صرف شده جهت انجام عملیات برحسب دقیقه است.

T_e : زمان رفت

T_a : زمان برگشت

T_h : زمان توقف

نتایج و بحث

درصد شکستگی و صدمات مکانیکی وارده به بذر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، نشان داد که درصد شکستگی کارنده ۴ و ۶ که با موزع چدنی نیز مورد بررسی قرار گرفتند، معنادار نشده است و درصد شکستگی در سایر کارنده‌ها که از موزع مورب استفاده نموده‌اند در سطح ۱ درصد معنادار شده است (که در ردیف مربوط به بلوک در جدول ۲ نشان داده شده است)؛ به طوری که در مقایسه میانگین‌ها، موزع‌های مورب با کمترین میزان شکستگی در حدود ۰/۲۵ درصد نسبت به موزع چدنی با ۳/۱۳ درصد از نظر صدمات مکانیکی وارده به بذر برتری دارد (جدول ۳). عموماً صدمات مکانیکی بذر در کشت مکانیزه در مسیر انتقال و توزیع بذر رخ می‌دهد. همزن داخل مخزن، مکانیزم موزع و مسیر حرکت بذر از موزع به سطح خاک از عوامل صدمات مکانیکی به بذر است (Mohammad Qasem Nejad Maleki, 2018).

$$S_L = \left(1 - \frac{Y}{D_L}\right) \quad (۳)$$

که در آن: S_L : ضریب یکنواختی توزیع بذر برحسب درصد،
 Y : میانگین قدر مطلق تفاضل داده‌ها از میانگین آن‌ها یا میزان فاصله تنظیمی (cm) و D_L : میانگین فاصله تنظیمی بین بذرها بر روی ردیف (cm) است.

درصد سبز گیاه

جهت تعیین درصد سبز گیاه، پس از سبز شدن بوته‌ها، به‌طور تصادفی تعداد بوته سبز شده در هر متر از طول ردیف‌ها شمارش گردید و با داشتن قوه نامیه و درصد خلوص و تعداد بذور کاشته شده در مساحت موردنظر و با توجه به مقدار بذر در هکتار، با استفاده از معادله (۴) درصد سبز گیاه محاسبه گردید (Mohammad Qasem Nejad Maleki, 2018).

$$E = \frac{n}{N \times v \times p} \quad (۴)$$

که در آن: E : درصد سبز شدن، n : تعداد بوته سبز شده، N : تعداد بذر کاشته شده، v : قوه نامیه بذر که مطابق با راهنمای نوشته‌شده بر روی بسته بذر تهیه شده ۹۰ درصد فرض شد و p : درصد خلوص است.

ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای

از آنجایی که اندازه‌گیری پارامترهای مؤثر در محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای در کرت‌های آزمایش با طول ۱۰۰ متر عملاً غیرممکن است، لذا در قطعه زمینی از مزرعه آزمایشی، به طول ۲۰۰ متر و در شرایط کاری یکسان با کرت‌های آزمایشی، زمان‌های رفت و برگشت و دور زدن‌ها و لنگی در کار را اندازه‌گیری و در نهایت با استفاده از معادله (۵) ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای محاسبه شد (Srivastava et al., 2006).

$$C_e = \frac{W \times S \times \eta_f}{10} \quad (۵)$$

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای مورد ارزیابی در ارزیابی مزرعه‌ای

تیمار	دوربین واتسون	انحراف معیار خطا	ضریب همبستگی تعدیل شده (R^2)	ضریب همبستگی (R)
۱	۱/۷۵	۰/۶۸۹	۰/۲۳۰	۰/۱۵۲
۲	۱/۵۵	۰/۷۴۳	۰/۳۵۰	۰/۲۶۰
۳	۱/۸۷	۰/۶۱۸	۰/۶۹۰	۰/۲۴۳
۴	۲/۲۱	۰/۹۶۷	۰/۶۳۱	۰/۴۶۵
۵	۱/۹۵	۰/۹۸۶	۰/۹۶۵	۰/۳۴۶
۶	۲/۱۸	۰/۲۱۸	۰/۵۶۸	۰/۳۹۸

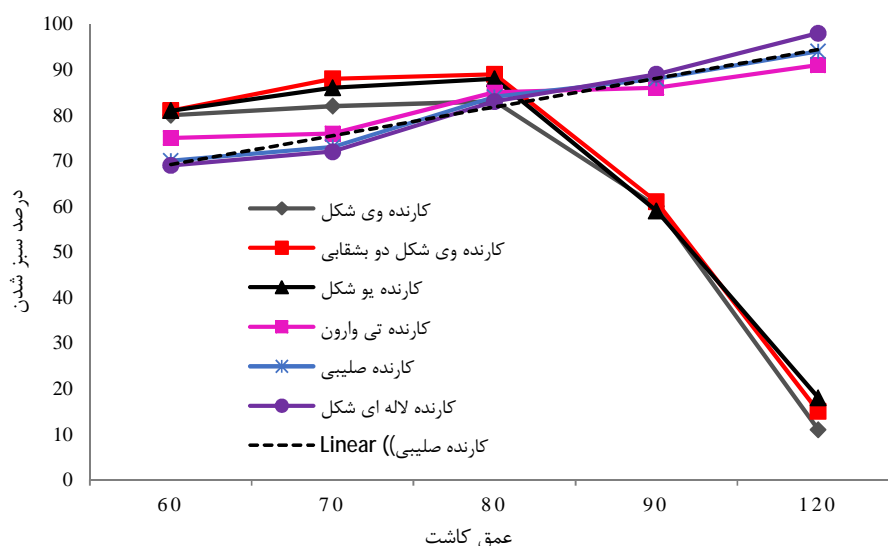
جدول ۲- جدول ANOVA

میانگین مربعات						منابع تغییرات
ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار در ساعت)	درصد سبز شدن	یکنواختی فواصل طول‌ی بذر	یکنواختی عمق کاشت	درصد شکستگی	درجه آزادی	
۰/۶۱۸**	۸۰*	۲۱۱/۴*	۳۶۸/۹۶ ^{ns}	۹/۴۵**	۳	بلوک
۰/۵۱۶*	۶۰	۴۵/۱۱*	۳/۸۴*	۹/۴۵**	۱	نوع کارنده: ۱
۰/۴۳۶*	۷۰*	۷۴/۹۶*	۶/۹۳	۹/۴۵**	۲	۲
۰/۲۴۶*	۸۰*	۸۴/۴۵*	۴/۱۵	۹/۴۵**	۱	۳
۰/۵۲۶*	۸۳*	۹۶/۴۵*	۱/۶۳**	۹/۴۵**	۱	۴
۰/۱۱۶*	۶۵*	۶۸/۱۳*	۶/۵۶*	۹/۴۵**	۱	۵
۰/۳۲۶*	۸۰*	۵۹/۹۵*	۳/۱۴*	۹/۴۵**	۱	۶
۱/۱۳	۹/۶	۱۸/۷	۶۳/۴۵	۹/۴۵**	۲	خطا
۴/۴۵	۵۸/۱۳*	۴۵/۱۸۶ ^{ns}	۴۶/۱۶۸ ^{ns}	۰/۳۵۰ ^{ns}	۱	سرعت پیشروی کارنده
۲/۱۸	۱۶۳/۱۵*	۷۱/۶۳*	۹۰/۲۹ ^{ns}	۰/۳۷۸*	۱	نوع کارنده×سرعت پیشروی
۱/۱۶	۴/۳	۶/۶۳	۴۵	۰/۰۱۵	۴	خطا
۱۸	۱۳	۱۷	۹	۱۰		درصد ضریب تغییرات

ns، * و **: به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح یک و پنج درصد.

کردند، در عمق‌های کم، درصد سبز شدن پایین ولی در عمق‌های بیشتر تا ۱۲ سانتی‌متر، درصد سبز شدن بسیار بیشتر بود. علت زیاد شدن درصد سبزی کارنده صلیبی و لاله‌ای این بود که ریشه در روش کشت مستقیم در سطح خاک پخش نشد و بذر کمتر از بین رفت. این نتایج با گفته‌ی Murray et al. (2006) همخوانی داشت.

طبق نمودار شکل ۳ بهترین عملکرد کارنده‌های V شکل، دو بشقابی و U شکل تا ارتفاع ۷ سانتی‌متری بود و پس از این ارتفاع چون آرایش کشت در نظر گرفته شده برای آن‌ها جوابگوی نیاز رشد ریشه نبود، درصد سبز شدن کاهش می‌یافت. این عدد برای کارنده T وارون به ۸ سانتی‌متر رسید. برای کارنده‌های لاله‌ای شکل و صلیبی که بذر را در عمق بیشتر می‌کارند و شرایط را برای نفوذ ریشه فراهم



شکل ۳- درصد سبز شدن کارنده‌ها در عمق کاشت صفر تا ۱۲ سانتی‌متری برای محصول نخود

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مورد ارزیابی در ارزیابی مزرعه‌ای (با موزع مورب پلاستیکی برای بذر و موزع ساده برای کود در تمامی کارنده‌ها)

تیمار	درصد شکستگی	یکنواختی عمق کاشت	یکنواختی فواصل طولی بذر	درصد سبز شدن	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار در ساعت)
۱	۰/۲۵	۰/۹۱۶	۰/۷۶۳	۸۰/۸	۱/۲
۲	۰/۲۵	۰/۹۲۵	۰/۷۴۳	۸۲/۳	۱/۲
۳	۰/۲۵	۰/۹۱۶	۰/۷۵۸	۸۵/۳	۱/۲
۴	۰/۲۵	۰/۹۹۳	۰/۸۱۷	۸۷/۶	۱/۲
۵	۰/۲۵	۰/۹۱۹	۰/۷۶۳	۸۱/۳	۱/۲
۶	۰/۲۵	۰/۹۸۶	۰/۷۹۴	۸۵	۱/۲



شکل ۴- لوله سقوط تلسکوپي



شکل ۵- قیفی دایره‌ای شکل

مقایسه میانگین درصد شکستگی در سرعت پیشروی‌های مختلف، نشان داد که با افزایش سرعت پیشروی از ۴ به ۶ کیلومتر در ساعت، افزایش معنادار در میزان شکستگی بذر ایجاد نمی‌شود (جدول ۴). به عبارتی افزایش سرعت گردش موزع‌ها در محدوده سرعت پیشروی ۴ تا ۶ کیلومتر در ساعت تأثیر معنادار روی درصد شکستگی بذر نداشته است، اما برهم‌کنش سرعت پیشروی و نوع کارنده در سطح ۱٪ معنادار است (جدول ۵). کمترین درصد شکستگی بذر مربوط به سرعت پیشروی ۴ کیلومتر بر ساعت بود. نوع کارنده‌ها در اینجا در درصد شکستگی تأثیرگذار نیست و فقط موزع، همزن، لوله سقوط، قیفی و سایر اجزای انتقال بذر در اینجا دخیل بودند.

موزع مورب در این تحقیق، با موزع استوانه‌ای شیاردار بذرکارهای موجود در بازار ایران تفاوت داشت. موزع شیاردار همان‌گونه که از نامش پیداست، استوانه‌ای است که شیارهای ناودانی شکل در سطح جانبی آن ایجاد شده است. این نوع موزع‌ها در داخل یک قاب و بر روی یک محور مرکزی قرار می‌گیرند و میزان بذر را برحسب حجم آن تنظیم کرده و انتقال می‌دهند. هنگامی که استوانه شیاردار می‌چرخد، مقداری بذر به صورت حجمی در بین شیارهای استوانه و پیاله محاط قرار گرفته و در اثر چرخش استوانه شیاردار، بین دانه‌های بذر و همچنین بین بذر و سطح تماس، اصطکاک ایجاد می‌شود و ممکن است تعدادی از بذرها بین استوانه شیاردار و پیاله گیر کرده و بشکنند. بذر پس از خروج از موزع در اثر نیروی ثقل به درون لوله سقوط می‌افتد. ارتفاع زیاد موزع از سطح زمین و برخورد بذر به بدنه لوله در هنگام سقوط از علل دیگر صدمات مکانیکی بذرکارهای موجود در بازار است. علت پایین آمدن درصد شکستگی در اینجا نیز به خاطر تغییر لوله سقوط از خرطومی به تلسکوپي (شکل ۴) و طراحی یک قیف دایره‌ای شکل در هنگام خروج بذر از موزع است (شکل ۵). این نتیجه ناشی از تغییر مکانیزم، توسط *Vahedi et al.* (2006) و *Khosravani et al.* (2006) نیز تأیید شده بود.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین پارامترهای مورد ارزیابی در دو سرعت پیشروی

سرعت	درصد شکستگی	یکنواختی عمق کاشت	یکنواختی فواصل طولی بذر	درصد سبز شدن	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار در ساعت)
۴ کیلومتر در ساعت	۱/۹۸	۰/۶۳۲	۰/۶۱۳	۸۷/۸	۱/۲۵
۶ کیلومتر در ساعت	۲/۲	۰/۵۹۵	۰/۶۲۳	۸۲/۳	۱/۸۳

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین برهم کنش سرعت پیشروی و نوع کارنده

منبع تغییرات	درصد شکستگی	یکنواختی عمق کاشت	یکنواختی فواصل طولی بذر	درصد سبز شدن	ظرفیت مزرعه‌ای (هکتار در ساعت)
a ₁ b ₁	۱/۱۲	۰/۸۰۲	۰/۷۵۵	۸۱/۱۲	۱/۱۲
a ₁ b ₂	۱/۸	۰/۷۶۷	۰/۷۴۷	۸۴/۱۳	۱/۱۸
a ₂ b ₁	۱/۱۲	۰/۷۹۱	۰/۷۸۲	۸۰/۱۲	۱/۱۸
a ₂ b ₂	۱/۸	۰/۷۶۲	۰/۷۶۴	۷۹/۴۵	۱/۱۹
a ₃ b ₁	۱/۱۲	۰/۸۱۱	۰/۷۶۲	۸۰/۶۳	۱/۲۵
a ₃ b ₂	۱/۸	۰/۸۰۲	۰/۷۴۱	۸۰/۱۰	۱/۲۹
a ₄ b ₁	۱/۱۲	۰/۸۴۴	۰/۷۹۴	۸۳/۷۸	۲/۱
a ₄ b ₂	۱/۸	۰/۷۷۱	۰/۷۷۴	۸۱/۲۲	۲/۹
a ₅ b ₁	۱/۱۲	۰/۷۸۱	۰/۷۳۴	۷۸/۱۴	۱/۴
a ₅ b ₂	۱/۸	۰/۷۵۲	۰/۷۰۵	۷۷/۱۶	۱/۷
a ₆ b ₁	۱/۱۲	۰/۸۰۳	۰/۷۸۴	۸۰/۱۵	۱/۲
a ₆ b ₂	۱/۸	۰/۷۸۳	۰/۷۶۷	۷۹/۱۴	۱/۳

a₁: کارنده V قلمی، a₂: کارنده U شکل، a₃: کارنده T وارون، a₄: کارنده صلیبی، a₅: کارنده V بشقابی، a₆: کارنده لاله‌ای. b₁: سرعت پیشروی ۴ کیلومتر بر ساعت؛ b₂: سرعت پیشروی ۶ کیلومتر بر ساعت.

نشان داد که افزایش سرعت پیشروی از ۴ به ۶ کیلومتر در ساعت، تأثیر معناداری بر یکنواختی عمق کاشت نداشته است.



شکل ۶- فنر سه تایی تودرتو

نتایج مقایسه میانگین برهم کنش سرعت پیشروی و نوع کارنده بر ضریب یکنواختی عمق کاشت نشان داد که کارنده صلیبی در سرعت پیشروی ۴ کیلومتر بر ساعت با ۸۴ درصد، بالاترین ضریب یکنواختی را دارد و بعد از آن

نتایج مقایسه میانگین درصد شکستگی، در سرعت پیشروی‌های مختلف نشان داد با افزایش سرعت پیشروی از ۴ به ۶ کیلومتر در ساعت، در میزان شکستگی بذر افزایش معنادار ایجاد نمی‌شود (جدول ۳). به عبارتی افزایش سرعت گردش موزع‌ها در محدوده سرعت پیشروی ۴ تا ۶ کیلومتر در ساعت تأثیر معناداری بر درصد شکستگی بذر نداشته است.

ضریب یکنواختی عمق کاشت

جدول نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع کارنده، بر یکنواختی عمق کاشت، در تیمار ۱، ۵ و ۶ در سطح ۵٪ و تیمار ۴ نخود در سطح ۱٪ معنادار است (جدول ۱). کارنده صلیبی و لاله‌ای با میانگین شاخص یکنواختی ۹۹ درصد، نسبت به سایر کارنده‌ها برتری دارند (جدول ۲). علت آن طراحی درست محلی برای نفوذ ریشه و حفظ رطوبت است. در اینجا بر روی هر کارنده از یک فنر برای تنظیم عمق و کنترل نوسانی کارنده استفاده شده است. فنر از نوع سه تایی و تودرتو است (شکل ۶).

این فنر می‌تواند حالت کششی و یا فشاری نسبت به شیار بازکن داشته باشد و در هر دو صورت با توجه به تنظیم کشش و یا فشار آن بعد از رفع ناهمواری، واحد کارنده را به سر جای قبلی بازگرداند؛ بنابراین اگر آماده‌سازی بستر بذر خوب نباشد و ناهمواری در سطح مزرعه زیاد باشد، بازهم یکنواختی توزیع عمق وجود دارد. نتایج جدول ۳

معنادار نیست. مقایسه میانگین برهم‌کنش سرعت پیشروی و نوع کارنده از لحاظ یکنواختی فواصل طول بذر نشان داد که کارنده صلیبی با سرعت پیشروی ۴ کیلومتر بر ساعت، با ۷۹ درصد یکنواختی، طول بذر بهتری نسبت به سایر تیمارها دارد.

درصد سبز شدن

نتایج جدول ۱ نشان داد که نوع کارنده، برهم‌کنش نوع کارنده و سرعت پیشروی، بر درصد بوته‌های سبز شده در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنادار دارد. با توجه به جدول ۲، کارنده صلیبی با میانگین درصد سبز ۸۸ درصد نسبت به سایر کارنده‌ها برتری دارد. برای جوانه زدن بایستی بذر را در عمق مناسب و یکنواخت قرار داد و مهم‌ترین معیار ارزیابی عملکرد موزع (فاکتورهای مؤثر بر پرشدگی سلول و صدمه رسیدن بذر)، شیار بازکن و پوشاننده، درصد سبز شدن بذرهایی است که در شیار کاشته شده‌اند. (Mohammad Qasem Nejad Maleki, 2018).

سرعت پیشروی تأثیر معنادار در میزان درصد سبز داشته است. به طوری که با افزایش سرعت از ۴ به ۶ کیلومتر در ساعت، میانگین درصد سبز کارنده‌ها، در سطح احتمال ۵ درصد کاهش معنادار داشته است (جدول ۴). علت این امر اثرات جزئی سرعت پیشروی بر عملکرد شیار بازکن‌ها و پوشاننده‌ها در ایجاد یک عمق و پوشش خاک یکنواخت روی بذر است. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سرعت پیشروی و نوع کارنده از نظر درصد سبز شدن در جدول ۴، نشان داد که تغییرات سرعت پیشروی در سطح ۵ درصد کاهش معنادار دارد. بیشترین درصد سبز شدن مربوط به کارنده صلیبی در سرعت پیشروی ۴ کیلومتر بر ساعت با ۸۴ درصد است که با افزایش این سرعت به ۶ کیلومتر بر ساعت درصد سبز شدن به ۸۱ درصد کاهش یافت؛ اما از نظر آماری تفاضل دو میانگین معنادار نبود. همچنین کمترین درصد سبز شدن هم مربوط به کارنده V شکل بشقابی در سرعت ۶ کیلومتر بر ساعت به دست آمد و این به خاطر مکانیزم نامناسب طراحی این نوع شیار بازکن بود.

ظرفیت مزرعه‌ای

بر اساس جدول نتایج تجزیه واریانس، بین تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف معنادار وجود دارد (جدول ۱). عواملی

کارنده لاله‌ای در سرعت پیشروی ۴ کیلومتر بر ساعت با ۸۰ درصد قرار گرفته است. به عبارتی با افزایش سرعت پیشروی، ضریب یکنواختی عمق کاهش یافته، اما این کاهش معنادار نبوده است (جدول ۴).

ضریب یکنواختی فواصل طولی بذر

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش نشان داد که اثر نوع کارنده بر یکنواختی فواصل طولی بذر در سطح احتمال ۱٪ معنادار است (جدول ۱). مطابق با جدول ۲ از نظر یکنواختی فواصل بوته‌های سبز شده، کارنده V شکل قلمی با ۷۶ درصد، U شکل با ۷۴ درصد، T وارون با ۷۶ درصد، صلیبی با ۸۲ درصد، V شکل بشقابی با ۷۶ درصد و لاله‌ای شکل با ۷۹ درصد شاخص فاصله کاشت به دست آمدند. بالا بودن این اعداد مربوط به طراحی مناسب موزع، قرارگیری مناسب بذر تک کن و لوله سقوط مناسب است (Mohammad Qasem Nejad Maleki, 2018). در بذرها با موزع ساده، اگرچه میزان متوسط ریزش بذر مشخص است، بذر بیشتر به صورت کپه‌ای در طول ردیف کاشته می‌شود و فاصله بین بذرها روی ردیف مشخص نیست. چون بذرها به طور در هم از محفظه به لوله سقوط و داخل شیار ریخته می‌شود. این نتایج با مطالعات (Ahmadi et al., 2008) در یک راستا است.

در جدول ۳، نتایج مقایسه میانگین فواصل طولی بذر در دو سرعت پیشروی مختلف نشان داد که افزایش سرعت از ۴ به ۶ کیلومتر در ساعت، کاهش معنادار در ضریب یکنواختی فواصل طولی بذرها نداشته است. چراکه موزع، نیرو محرکه خود را در این مدل از چرخ زمین‌گرد می‌گیرد و سرعت دورانی چرخ زمین‌گرد با سرعت پیشروی ماشین متناسب است و هرچه سرعت زیاد می‌شود، سرعت گردش موزع نیز زیادتر می‌شود. البته با افزایش سرعت پیشروی ممکن است دو حالت پیش بیاید، اول آنکه متناسب با افزایش سرعت پیشروی، سرعت گردش موزع زیادتر می‌شود و با افزایش سرعت گردش موزع، امکان دارد بازده پر شدن موزع کمتر شود و دوم اینکه با افزایش سرعت، ممکن است سُرش چرخ زمین‌گرد زیادتر شود که هر دو حالت در میزان کاشت بذر تأثیر می‌گذارد. نتایج جدول ۴ مؤید این موضوع است که با افزایش سرعت پیشروی از ۴ به ۶ کیلومتر بر ساعت میزان یکنواختی فواصل طولی بذر کاهش پیدا کرده است، اما این کاهش از نظر آماری

به مورب پلاستیکی ۱/۲۵٪ کاهش یافت. این نتایج طراحی و مکانیزم برتر موزع، کارنده‌ها و تنظیمات مختلف دستگاه را در کشت محصولات درشت‌دانه نشان می‌دهد. افزایش سرعت پیشروی تأثیر معنادار بر پارامترهای درصد شکستگی، ضریب یکنواختی عمق کاشت و ضریب یکنواختی فواصل طولی بذر نداشته است. ولی موجب کاهش معنادار درصد سبز و افزایش معنادار ظرفیت مزرعه‌ای شده است. در کل نتایج نشان داد کارنده صلیبی با موزع مورب پلاستیکی و لوله سقوط تلسکوپی در کاشت بذر درشت‌دانه مناسب‌تر است.

منابع

- Ahmadi, I., Jaberimoez, M., & Ahmadvand, G. (2008). Evaluation of different planters in relation to seed flow rate, germination, planting depth and uniformity of rapeseed distribution. *15th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization*. Ferdowsi University. Mashhad, Iran. (In Persian).
- Chaudhuri, D. (2001). Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills-A review. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79: 125-137.
- Chen, Y., Monero, F., Lobb, D., Tessier, S., & Cavers, C. (2004). Effects of six tillage methods on residue incorporation and crop performance under a heavy clay soil condition. *Transaction of the ASAE*, 47(4): 1003-1010.
- Chokan, R., & Ghanbari, A. A., (2011). Beans, food sources rich in organic and inorganic compounds and their quantitative and qualitative improvement. *4th National Conference on Iranian Beans*. Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Arak, Iran. (In Persian).
- Conte, O., Levien, R., Debiasi, H., Sturmer, S. L. K., Mazurana, M., & Muller, J. (2011). Soil disturbance index as an indicator of seed drill efficiency in no-tillage agro systems. *Soil and Tillage Research*, 114: 37-42.
- HoseinNejad, A., Mehrpooyan, M., & Faramarzi, A. (2015). Application of two mechanized bean cultivars in comparison with hand cultivation and evaluation of their efficiency in some agronomic characteristics in red bean cultivars. *International Conference on Applied Research in Agriculture*, Tehran, Iran. (In Persian).
- Ivancan, S., Sito, S., & Fabijanac, G. (2004). Effect of precision drill operating speed on
- که در ظرفیت مزرعه‌ای یک ماشین تأثیرگذار است، شامل سرعت، عرض کار و بازده مزرعه‌ای است. در این آزمون، عامل سرعت در دو سطح ۴ و ۶ کیلومتر بر ساعت برای تمامی کارنده‌ها یکسان در نظر گرفته شد. از دیگر عوامل تأثیرگذار روی بازده ماشین می‌توان به همپوشانی، تلفات زمانی برای تنظیم و پر کردن مخزن بذر و لنگی کار به خاطر گیرکردن چرخ اشاره کرد. در این آزمون با توجه به الگوی کاشت پشته‌ای، ماشین با عرض کار کامل خود استفاده شد. هیچ تلفات زمانی برای پر کردن مخازن و تنظیم ماشین در حین آزمون وجود نداشت. به طوری که در محاسبه بازده مزرعه‌ای برای تیمارها، مقادیر جدول ۴ در دو سرعت پیشروی به دست آمده است. نتایج در جدول ۳ نشان داد که با افزایش سرعت پیشروی، ظرفیت مزرعه‌ای به طور معناداری افزایش پیدا کرد که پیشتر Mohammad Qasem Nejad Maleki. (2018) نیز این نتایج را تأیید نموده است. البته این موضوع می‌تواند به شکل و ابعاد، طول و عرض مزرعه و زمان‌های توقف جهت تنظیم ماشین و دور زدن‌ها در سر و ته مزرعه و ... بستگی داشته باشد؛ اما با توجه به ثابت بودن عرض کار و بازده مزرعه‌ای سطوح مختلف تیمارها که پیشتر به آن اشاره شد، به نظر می‌رسد عامل افزایش سرعت، علت تفاضل معنادار ظرفیت مزرعه‌ای در دو سرعت پیشروی ۴ و ۶ کیلومتر بر ساعت شده است. نتایج جدول ۴ نشان داد که کارنده صلیبی در سرعت پیشروی ۶ کیلومتر بر ساعت و با ۲/۹ هکتار بر ساعت نسبت به بقیه تیمارها بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای را دارد و کارنده V شکل قلمی در سرعت ۴ کیلومتر بر ساعت با ۱/۱۲ هکتار بر ساعت کمترین ظرفیت مزرعه‌ای را به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری

بررسی کلی نتایج تحقیق نشان داد که کارنده صلیبی در چهار پارامتر مطالعه شده (عمق کاشت، یکنواختی توزیع، ریزش بذر، درصد سبز شدن بذور و ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای) نسبت به سایر کارنده‌ها برتری معناداری دارد. کارنده صلیبی در مقایسه با پنج نوع کارنده دیگر و نسبت به بالاترین اعداد به دست آمده از تیمارها موجب افزایش ضریب یکنواختی عمق کاشت به میزان ۷٪، یکنواختی فواصل طولی بذر ۲۳٪ و درصد سبز شدن به مقدار ۲/۳٪ شده است. درصد شکستگی بذور با تغییر موزع از چدنی

- Servicios Agricolas de la FAO (FAO)*, No: 110.
- Srivastava, A., Goering, C., & Rohrbach, R. (2006). Engineering Principles of Agricultural Machines. ASABE. Text Book. Copyright by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, 23: 201-310.
- Swan, J. B., Higgs, R. L., & Peterson, A. E. (1994). Surface residue in row treatment effects on long-term no tillage and continuous corn. *Agronomy Journal*, 86: 711-718.
- Vahedi, A. (2006). Evaluate the three planter tips and select the best ones in rapeseed planting. *4th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization*, University of Tabriz, Iran. (In Persian).
- Vamerali, T., Bertocco, M., & Sartori, L. (2006). Effects of a new wide-sweep opener for no-till planter on seed zone properties and root establishment in maize (*Zea mays L.*): A comparison with double-disk opener. *Soil and Tillage Research*, 89(2): 196-209.
- Veiga, M., Horn, R., Reinert, D. J., & Reichert, J. M. (2007). Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2): 104-113.
- Wang, Q. J., He, J., Yao, Z. L., Li, H. W., Li, W. Y., & Zhang, X. M. (2008). Design and experiment on powered disc no-tillage planter for ridge-tillage. *Transactions of the CSAM*, 6: 68-72. (In Chinese).
- the intra-row seed distribution for parsley. *Bio-systems engineering*, 99: 333-343.
- Janelle, L., Tessier, S., & Lague, C. (1993). Seeding tool design for no-tillage conditions in north-east. *ASAE, paper No: 93-1561*.
- Karayel, D., & Ozmerzi, A., (2002). Effect of tillage methods on sowing uniformity of maize. *Canadian Bio-systems engineering*, 44(2): 29-2226.
- Khan, A. S., Tabassum, M. A., & Farooq, M. (1992). Effect to mechanize seeding and planting operations in Pakistan. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 29(9): 15-21.
- Khosravani, A., Javadi, O., & ZarifNeshat, S. (2006). Technical evaluation of pneumatic and mechanical seeders common in sugar beet cultivation. *4th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization*, University of Tabriz, Iran. (In Persian).
- Mohammad Qasem Nejad Maleki, H. (2018). Field evaluation of mechanized rapeseed farms in Shushtar region. *Bi-Quarterly Journal of Plant Crop Science*. (8), 2: 195-184.
- Murray, J. R., Tullberg, J. N., & Basnet, B. B. (2006). Planters and their components: types, attributes, functional requirements, classification and description. *Chicago No, 435-2016-33740*.
- Rahimzadeh, R., Abdollahpour, S. h., Ajabshirchi, Y., Sartipi, N., Sharifi, A., & Mohammadi, A. (2014). New designed opener for conservation tillage in dry land. *Agricultural Mechanization*, 2(1): 93-96.
- Reis, E. F., Schaefer, C. G., Fernandes, H. C., Naime, J. M., & Arau, E. F. (2006). Densidade do solo no ambiente solo-semente e velocidade de emergência em sistema de semeadura demilho. (Soil bulk density in the soil environment and seed emergence rate in corn seeding system). *Revista Brasileira de Ciência do Solo (RBCS)*, 30(5): 777-785.
- Senapati, P. C., Mohapatra, P. K., & Setpathly, D. (1988). Field performance of seeding devices in rainfed situation in Orissa, India. *Applied Engineering in Agriculture*, 13(1): 95-98.
- Silva, P. R. A. (2003). Mecanismos sulcadores de semeadora-adubadora na cultura do milho (*Zea mays L.*) no sistema de plantio direto (Mechanisms planter furrow openers in corn field in no tillage). M. Sc. Thesis, Universidade Estadual Paulista. *Ju' lio de Mesquita Filho*, Botucatu/SP, Brazil.
- Smith, D. W., Sims, B. G., & O'Neill, D. H. (1994). Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment: principles and practices. *Spanish. Boletin de*

