Archive of SID

نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸/ شماره ۲/ پاییز و زمستان ۱۳۹۸ (۱-۱۰)

ارزیابی دو نوع موزع دقیق‌کار برای ماشین‌های قلمه‌کار نیشکر

ایمان سلیمانی ورپشتی[۱]، حسن ذکی دیزجی[۲*] و محمد جواد شیخ داودی[۳]

چکیده

در این پژوهش، امکان کاشت دقیق قلمه نیشکر مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت. بدین‌منظور دستگاهی به نام "شبیه‌ساز کاشت قلمه نیشکر" ساخته شد و دو نوع موزع به‌وسیله این دستگاه مورد آزمون قرار گرفتند. آزمون کارگاهی با سه تیمار مختلف شامل سرعت پیشروی در سه سطح ۱، ۲ و ۳ کیلومتر بر ساعت، مکانیسم انتقال قلمه شامل دو سطح تسمه نقاله (انتقال فعال قلمه‌ها به موزع تغذیه) و سطح شیب‌دار و نوع موزع شامل موزع استوانه‌ای دندانه‌دار و موزع چرخ ستاره‌ای انجام شد. این پژوهش در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. دو نوع موزع تحت تیمارهای مختلف با چهار شاخص نکاشت، بیش‌کاشت، کیفیت تغذیه و دقت کاشت ارزیابی شدند. از لحاظ عددی، شاخص بیش‌کاشت در موزع استوانه‌ای دندانه‌دار و شاخص نکاشت در موزع چرخ ستاره‌ای بیشتر بود. دو موزع در شاخص کیفیت تغذیه اختلاف معناداری با یکدیگر نداشتند. تقریباً در تمامی آزمایش‌ها، سرعت پیشروی بالاتر بر کیفیت توزیع قلمه تأثیر نامطلوب می‌گذارد که مجموعی از شاخص‌های مورد آزمون است. نتایج بررسی مکانیسم‌های انتقال قلمه نشان داد که با وجود تسمه نقاله، در کیفیت کاشت قلمه افزایش معناداری مشاهده می‌شود. به‌طور کلی می‌توان گفت که از نظر دقت کشت و کیفیت تغذیه در بین حالت‌های مختلف مورد آزمون، استفاده از موزع ستاره‌ای، انتقال قلمه توسط تسمه نقاله و سرعت ۲ کیلومتر بر ساعت، مطلوب‌ترین حالت است.

واژه‌های کلیدی: قلمه‌کار، موزع دقیق‌کار، کاشت، نیشکر.

ارجاع: سلیمانی ورپشتی ا. ذکی دیزجی ح. و شیخ داودی م. ج. ۱۳۹۸. ارزیابی دو نوع موزع دقیق‌کار برای ماشین‌های قلمه‌کار نیشکر. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۸(۲): ۱-۱۰.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، رشته مکانیزاسیون کشاورزی، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
۳- استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
*** نویسنده مسئول**: hzakid@scu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۸

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

عملیات کاشت یکی از مهم‌ترین مراحل زراعی است و این امر در مورد گیاهان چندساله مانند نیشکر، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند زیرا سودآوری چندساله طی برداشت اولیه تا آخرین راتون به کاشت وابسته است (Dowie, 2009). کاشت نیشکر به دو صورت کشت بذر و قلمه انجام می‌شود. کاشت بذر برای تولید نژاد جدیدی از نیشکر و کاشت قلمه با هدف تهیه شکر و محصولات جانبی انجام می‌شود. با توجه به ساقه نیشکر، سه نوع ماشین کاشت وجود دارد: تک‌بندکار (Mohammadi, 2002)، قلمه‌کار (Taghinezhad *et al*., 2014 and Namjoo *et al*., 2015) و تمام‌ساقه‌کار (Salassi *et al*., 2004). کشت قلمه (با دو الی سه بند در حدود ۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر) به دو صورت دستی و ماشینی انجام می‌شود و در جوانه‌زنی قلمه‌های کشت‌شده به روش دستی و ماشینی اختلاف معناداری وجود ندارد (Stolf *et al*., 1984). از طرفی کاشت دستی قلمه و یا تمام‌ساقه بسیار هزینه‌بر است و پیدا کردن نیروی کار لازم برای این عمل هرروز دشوارتر می‌شود و به همین دلیل نیاز به سامانه کاشت تمام مکانیزه به‌خوبی احساس می‌شود (Ripoli & Ripoli, 2010). زمان‌بر بودن کاشت دستی و نیاز به کارگر فراوان، باعث به تأخیر افتادن کاشت و در پی آن کاهش عملکرد محصول در بعضی نواحی شده و همین عامل باعث محدود شدن توان کشاورز در کاشت بیشتر نیشکر شده است. از طرفی در کشور هند، هزینه کاشت ماشینی ۶/۶۷ دلار بر هکتار و کاشت دستی ۱۰/۷۲ دلار بر هکتار محاسبه شد که با یکدیگر تفاوت چشمگیری دارند و ارزان‌تر بودن سامانه ماشینی، گسترش آن را توجیه می‌نماید (Bachche *et a*l., 2007). بنابراین کاشت مکانیزه قلمه نیشکر علاوه بر مزایای اقتصادی از جمله کاهش هزینه کارگری و تجهیزات لازم، هزینه‌های به‌موقع انجام نشدن عملیات کشت نیشکر را نیز کاهش می‌دهد (Johnson *et al*., 2011). از ۳۳۰۰ نفر ساعت نیروی لازم برای تولید نیشکر در هر هکتار، ۲۳۸ نفر ساعت به عملیات کاشت مربوط است (Yadav & Choudhuri, 2001) و با کاشت مکانیزه می‌توان ۷۳/۳۳ درصد این نیرو را کاهش داد (Bhal & Sharma, 2001). از طرفی علاوه بر کاهش سختی کار، آموزش نیروی کارگری به‌عنوان نیروی متخصص برای کشت مکانیزه می‌تواند نرخ بیکاری را کاهش دهد.

گزارش نهایی اکثر پژوهش‌هایی که به بررسی کارنده‌های نیشکر و به‌خصوص برنده-کارنده‌ها پرداخته‌اند، حاکی از عدم وجود سامانه توزیع مناسب قلمه در شیار است (Ripoli & Ripoli, 2010؛ Patil *et al*., 2004؛ Salassi *et al*., 2004). همچنین در بسیاری از این ماشین‌ها، افزایش سرعت پیشروی سبب توزیع مناسب قلمه‌ها درون شیار کشت می‌شود. اما اگر این سرعت از سرعت بهینه تجاوز کند، تغییر فاصله بین قلمه‌های کاشته شده، عدم یکنواختی و به هم ریختن الگوی کشت را به دنبال خواهد داشت (Patil *et a*l., 2004, Namjoo *et al*., 2015؛ Robotham & Chappell, 2002؛ Dafa'alla & Hummeida, 1991). در پژوهشی، نمونه آزمایشی سه مدل موزع استوانه دندانه‌دار شامل استوانه با ۴ ردیف دندانه به طول ۲ و ۴ سانتی‌متر و موزع به شکل مکعب مستطیل، برای کاشت دقیق نیشکر طراحی، ساخته و ارزیابی شد. هر موزع با فاکتورهای کیفیت تغذیه دستگاه، شاخص بیش‌کاشت (Multiple index)، نکاشت (Miss index) و دقت کاشت (Precision) مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت موزع استوانه‌ای با ۴ ردیف دندانه با طول دندانه‌های ۲ سانتی‌متر و سرعت پیشروی ۱۵ متر بر دقیقه به عنوان بهترین موزع انتخاب شد. در این تیمار میزان نکاشت ۰/۸۳ درصد، بیش‌کاشت ۷/۵ درصد و کیفیت تغذیه ۹۱/۶۷ درصد گزارش شد. همچنین همان موزع با سرعت پیشروی ۳۰ متر بر دقیقه به عنوان گزینه مناسب بعدی تعیین شد (Taghinezhad *et al*., 2014).

با توجه به مشکلات کشت دستی و عدم توانایی مناسب ماشین‌های موجود کشت مکانیزه در توزیع مناسب قلمه (Ripoli & Ripoli, 2010)، وجود مکانیسم قراردادن دقیق قلمه نیشکر در هنگام کاشت ضروری است. هر چند در این زمینه مطالعاتی در ایران انجام و سیستم‌های توزین مختلفی آزمایش شده است (Mohammadi, 2002 ; Taghinezhad *et a*l., 2014; Namjoo *et a*l., 2015; Akbarnia, 2017)، اما هنوز مطالعه در این زمینه ادامه دارد و در کشت و صنعت‌های نیشکر کشور کارنده مناسبی معرفی نشده است (Mansouri *et al*., 2019). بنابراین هدف اصلی این پژوهش یافتن سامانه موزع مناسب قلمه‌کاری است به گونه‌ای که بتوان سامانه موزع کارنده‌های موجود را طوری تغییر داد که شاخص‌های کشت قلمه بهبود یابند. می‌توان مصرف قلمه و هزینه

www.SID.ir

Archive of SID

کاشت را کاهش و از طرفی سرعت کار و ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه را افزایش داد. در صورت کشت دقیق قلمه، عملکرد گیاه نیز بیشتر خواهد شد. به‌بیان دیگر می‌توان با اضافه‌کردن یک موزع دقیق در انتهای سامانه توزیع ریزشی ماشین‌های موجود، به کارنده‌های دقیق کار دست‌یافت. بنابراین با توجه به موارد یادشده، پژوهش حاضر به دنبال یافتن موزع بهینه برای کشت دقیق قلمه نیشکر است.

مواد و روش‌ها

نمونه قلمه

با توجه به زمان آزمون‌ها و نیاز به قلمه آماده کشت، برای تهیه قلمه و انجام آزمون‌ها از رقم نیشکر CP-70 استفاده شد. طی آزمایش اولیه با ۳۰ عدد قلمه، میانگین کلی قطر و چگالی قلمه‌ها به‌ترتیب برابر ۲/۱۰ سانتی‌متر (CV=۰/۵) و ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود. همچنین زاویه غلتش قلمه‌ها در حدود ۳۵ درجه بود.

دستگاه شبیه‌ساز قلمه‌کار

برای آزمون موزع قلمه‌کار نیشکر به دستگاهی نیاز است که شرایط کاری مختلف ماشین کاشت را شبیه‌سازی کند. همچنین بتواند اثر عوامل کاری قابل تنظیم ماشین کاشت، شرایط زمین و قلمه را بر شاخص‌های کیفیت کاشت مورد بررسی قرار دهد. برای این کار نخست، دستگاه آزمون موزع قلمه‌کار نیشکر به نام شبیه‌ساز قلمه‌کار (به‌اختصار دستگاه آزمون) ساخته شد. سپس دو نوع موزع موردنظر ساخته و آزمون کارگاهی توسط این دستگاه انجام شد (شکل ۱). قسمت‌های اصلی تشکیل‌دهنده دستگاه آزمون عبارتند از: شاسی، مخزن قلمه، مکانیزم انتقال، موزع، موتورها و دوربین تصویربرداری. موزع‌های مورد آزمون در محل خود قرارداده شده و به موتور الکتریکی با سرعت قابل تنظیم (Dazheng Model, China, 12V, Max1340T) متصل شدند. قلمه‌ها درون مخزن قلمه یکسو شده و با طول یکسان ۳۰ سانتی‌متر قرار داده شدند. سپس موزع با سرعت‌های دورانی مختلف، به‌گونه‌ای چرخانده شد که در صورت بازدهی کامل موزع به‌صورت نظری، با در نظر گرفتن طول میانگین قلمه، ۱۰ سانتی‌متر هم‌پوشانی قلمه‌ها حاصل شود. طول هم‌پوشانی معادل یک سوم طول قلمه است.

شکل ۱- دستگاه ساخته شده برای شبیه‌سازی قلمه‌کاری نیشکر

برای نشان دادن فاصله زمانی مابین سقوط دو قلمه از یک دوربین فیلم‌برداری استفاده شد. علت عدم استفاده از تسمه گریس‌اندود، نامناسب بودن این دستگاه برای آزمون قلمه‌کار می‌باشد. زیرا در مقایسه با بذرهای دانه‌ای، سقوط قلمه به علت وزن زیاد با ضربه و تکانه همراه بوده و امکان جابجایی و یا افتادن آنها از روی تسمه گریس‌اندود وجود دارد. آزمون بدین شکل است که تغذیه قلمه‌ها از یک مجرا به مکانیزم انتقال متصل به موزع انجام می‌گیرد. قلمه‌ها از موزع عبور کرده و پس از گذشتن از مقابل دوربین روی زمین می‌ریزند. سرعت چرخش موزع قابل

www.SID.ir

Archive of SID

تنظیم است که با تغییر آن تعداد قلمه توزیع شده در واحد زمان مشخص و سرعت پیشروی خطی دستگاه در مزرعه تعیین می‌شود. سرعت پیشروی یا همان سرعت کار دستگاه، با سرعت چرخش دورانی موزع رابطه مستقیم دارد.

مکانیزم انتقال قلمه

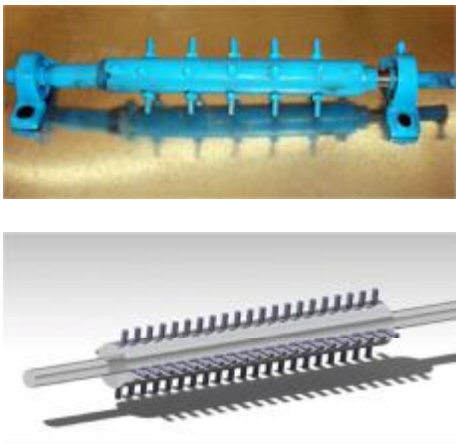
مکانیزم انتقال قلمه شامل مکانیزم انتقال اجباری یا تسمه نقاله متحرک و مکانیزم انتقال آزاد تحت وزن یا سطح شیب‌دار (زاویه حدود ۴۰ درجه) است. حرکت دورانی مکانیزم انتقال اجباری (تسمه نقاله) همانند موزع‌ها به‌وسیله موتورهای الکتریکی تامین می‌شود (شکل ۲). تسمه نقاله از جنس نوار لاستیک با قطر ۲ میلی‌متر، عرض ۳۰ و طول ۱۱۵ سانتی‌متر است.

شکل ۲- سطح شیب‌دار انتقال قلمه به موزع

موزع‌ها

موزع استوانه‌ای دندانه‌دار

ابتدا مدل رایانه‌ای از این نوع موزع براساس نتایج پژوهش پیشین (Taghinezhad *et al*., 2014) ایجاد شد (شکل ۳ پایین). سپس با توجه به شرایط قلمه‌های مورد آزمایش و مکانیزم انتقال، در حین ساخت تغییراتی در آن ایجاد شد. در موزع استوانه‌ای دندانه‌دار، دندانه‌هایی در ۴ ردیف عمود برهم روی استوانه قرار گرفته‌اند. هر ردیف با ردیف بعدی ۹۰ درجه زاویه دارد و در بین هر دو ردیف یک قلمه قرار می‌گیرد. قطر استوانه مرکزی ۴ سانتی‌متر بوده و ارتفاع دندانه‌ها ۲ سانتی‌متر است (شکل ۳).



شکل ۳- موزع استوانه‌ای دندانه‌دار: مدل رایانه‌ای اولیه (پایین) و ساخته شده به همراه یاتاقان‌های نگه‌دارنده (بالا)

موزع چرخ ستاره‌ای

به پیشنهاد و سفارش کارشناسان مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، موزع چرخ ستاره‌ای ساخته شد. موزع چرخ ستاره‌ای شامل یک میله است که تعدادی چرخ ستاره‌ای شش‌پر برروی آن قرار دارند و قلمه‌ها در فاصله میان پره‌های چرخ ستاره‌ای قرار گرفته و با چرخش موزع به درون شیار سقوط رها می‌شوند. این موزع از موزع چرخ ستاره‌ای بذری الهام گرفته که برای توزیع متناسب قلمه، تغییراتی در آن اعمال شده است (شکل ۴).

شکل ۴- موزع چرخ ستاره‌ای: تصویر مدل رایانه‌ای (بالا) و ساخته شده (پایین)

www.SID.ir

Archive of SID

روش آزمایش

تعداد دور لازم در دقیقه برای چرخش موزع به تعداد قلمه‌های تغذیه شده در هر دور موزع بستگی دارد. به‌عبارت دیگر، با داشتن طول قلمه، میزان هم‌پوشانی و تعداد قلمه تغذیه شده در هر دور موزع، می‌توان تعداد دور لازم برای چرخش آن را برای مسافت کاشت موردنظر محاسبه کرد. برای ارزیابی کیفیت کاشت از روش ارائه شده توسط کاچمن و اسمیت (۱۹۹۴) استفاده شد. چهار پارامتر با عنوان بیش‌کاشت (بیش هم‌پوشانی)، نکاشت (کم هم‌پوشانی)، کیفیت تغذیه موزع (QFI) و دقت کاشت تعریف شدند. نظریه کاچمن برای بذرهای دانه‌ای مطرح شده است و اندازه بذر با توجه به کوچکی آن در نظر گرفته نمی‌شود. لذا برای قلمه به تغییراتی در شاخص‌های اندازه‌گیری نیاز است که در ادامه ذکر می‌شود. بر طبق تعریف کاچمن بیش‌کاشت موقعیتی است که فاصله دو بذر از نصف فاصله نظری کمتر باشد و در اینجا زمانی است که فاصله مرکز دو قلمه قرار گرفته برروی نوار فرضی کشت از نصف فاصله با هم‌پوشانی ذکر شده کمتر باشد (معادله (۱)).

$$\frac{Y}{2} > X \qquad (۱)$$

X= فاصله واقعی بین مرکز دو قلمه

Y= فاصله مطلوب بین مرکز دو قلمه

نکاشت به حالتی اطلاق می‌شود که در آن فاصله دو بذر کاشته شده، از یک و نیم برابر فاصله تئوری بیشتر باشد و در اینجا کم‌هم‌پوشانی به حالتی گفته می‌شود که فاصله بین مرکز دو قلمه از یک و نیم برابر فاصله با هم‌پوشانی استاندارد بیشتر باشد (معادله (۲)).

$$(\frac{Y}{2}+Y) < X \qquad (۲)$$

X= فاصله واقعی بین مرکز دو قلمه

Y= فاصله مطلوب بین مرکز دو قلمه

همان‌گونه که در معادله (۳) نشان داده شده است کیفیت تغذیه، درصد موقعیت‌هایی است که دو بذر بیشتر از نصف فاصله تئوری و کمتر از یک و نیم برابر فاصله تئوری را داشته باشند. اگر فاصله مرکز دو قلمه بایستی ۲۰ سانتی‌متر باشد، تعداد قلمه‌های با فاصله بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر جزو شاخص کیفیت تغذیه به‌حساب می‌آیند.

$$QFI = 100 - (Miss\ index + Multiple\ index) \qquad (۳)$$

نزدیک بودن فواصل کاشت بذر به فاصله موردنظر نشان دهنده دقت کاشت (ضریب تغییرات) است. برای محاسبه آن از معادله (۴) استفاده می‌شود که انحراف معیار فاصله بذرهایی که در بخش‌های نکاشت و بیش‌کاشت قرار نگرفته‌اند بر فاصله مطلوب تقسیم می‌شود (Kachman, Smith & 1995).

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

S_2= انحراف معیار فاصله بذرهایی که در بخش‌های نکاشت و بیش‌کاشت قرار نگرفته‌اند X_{ref}= فاصله مطلوب (میانگین) و C= ضریب تغییرات است.

دو معیار اصلی برای انتخاب سطوح مناسب تیمارها و در کل انتخاب شرایط مناسب کاشت، شاخص‌های کیفیت تغذیه و دقت کاشت هستند. با توجه به اینکه کیفیت تغذیه از دو شاخص بیش‌کاشت و نکاشت به‌دست می‌آید، به‌نوعی این دو شاخص را پوشش می‌دهد. لازم به ذکر است که کیفیت تغذیه شاخص مثبتی است و افزایش آن مطلوب شناخته می‌شود. ولی شاخص دقت کاشت معادل ضریب تغییرات بوده و افزایش آن نامطلوب است. آزمون با استفاده از سه متغیر مستقل انجام شد. متغیر اول، سرعت پیشروی که دارای سه سطح ۱، ۲ و ۳ کیلومتر بر ساعت است. متغیر دوم، مکانیسم انتقال یا تغذیه قلمه به درون موزع است که دارای دو سطح انتقال اجباری (تسمه نقاله متحرک) و انتقال آزاد (تسمه نقاله ثابت) است. متغیر سوم، نوع موزع است که در آن از دو موزع چرخ ستاره‌دار و استوانه دندانه‌دار استفاده می‌شود. با استفاده از طرح آزمون فاکتوریل بر پایه کرت‌های کاملاً تصادفی و سه تکرار، در کل ۳۶ آزمایش انجام شد.

برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون دانکن استفاده شد. برای پیاده‌سازی طرح آماری برروی داده‌ها و تحلیل آن‌ها، نرم‌افزار ام‌استت‌سی (Mstatc) مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به استفاده از روش پردازش تصویر در مشاهده و اندازه‌گیری فاصله زمانی بین ریزش قلمه‌ها، عملاً در این روش خط کاشتی به وجود نمی‌آید. بنابراین در این روش اندازه‌گیری یا مشاهده چگونگی قرارگرفتن قلمه‌ها در شیار ممکن نیست و صرفاً فاصله قلمه‌ها برروی خط فرضی کاشت اندازه‌گیری می‌شود.

یک دوربین فیلم‌برداری در پایین موزع قرار گرفته است که به‌صورت پیاپی از حرکت قلمه تصویربرداری می‌نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

فاصله زمانی دو تصویری که قلمه در مرکز تصویر و مقابل نشانه روی پایه دستگاه قرار دارد، نشان‌دهنده فاصله زمانی سقوط دو قلمه است. فاصله قلمه‌ها در ردیف فرضی کاشت با استفاده از طول قلمه مشخص می‌شود سپس فاصله زمانی سقوط قلمه‌ها، به‌وسیله نرم‌افزار ادوبی پریمیر (Adobe Premiere Pro CC v12) استخراج شد. در گام بعد، این داده‌ها در نرم‌افزار مایکروسافت اکسل (Microsoft Excel 2013) قرارداده شده و به فاصله مکانی قلمه‌ها برروی خط کاشت فرضی تبدیل شد. شاخص‌های بیش‌کاشت، نکاشت، کیفیت و دقت کاشت، با استفاده از معادلات (۱) تا (۴) محاسبه شدند.

نتایج و بحث

تأثیر تیمار نوع موزع بر شاخص‌ها

جدول ۱، تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص نکاشت، بیش‌کاشت، کیفیت تغذیه و دقت کاشت را نشان می‌دهد.

تأثیر پارامترهای سرعت، نوع سامانه انتقال و نوع موزع بر شاخص نکاشت در سطح احتمال ۱% معنادار بود. همچنین تأثیر متقابل تیمارهای سرعت و سامانه انتقال نیز در سطح احتمال ۱% معنادار است که بیان‌گر تأثیر تحویل به‌موقع قلمه در شاخص نکاشت و وابستگی آن به سرعت پیشروی است. اما تأثیر متقابل سرعت و موزع معنادار نشد. احتمال می‌رود که این عدم معناداری به‌دلیل تطابق مناسب موزع با سرعت پیشروی از طریق افزایش سرعت چرخش باشد.

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر شاخص بیش‌کاشت، نشان می‌دهد که تیمار سرعت و نوع مکانیسم انتقال، بر روی شاخص بیش‌کاشت تأثیر معنادار در سطح احتمال ۱% داشته است. اما نوع موزع بر شاخص بیش‌کاشت تأثیر معناداری نداشت. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر شاخص کیفیت تغذیه بیان می‌نماید که سرعت کار تأثیر معناداری در سطح احتمال ۱% دارد که با یافته‌های Taghinezhad *et al.* (2014) و Khani (2007) مطابق است. مکانیسم انتقال قلمه که شامل دو حالت تسمه نقاله و سطح شیب‌دار است، بر روی شاخص کیفیت تغذیه تأثیر معنادار با سطح احتمال ۱% را نشان می‌دهد. تأثیر نوع موزع بر شاخص کیفیت تغذیه معنادار نیست. براساس نتایج تجزیه واریانس شاخص دقت، سرعت پیشروی فرضی کارنده (سرعت کار) بر روی شاخص دقت، تأثیر معنادار با سطح احتمال ۱% دارد. همچنین نوع مکانیسم انتقال قلمه برروی شاخص دقت، تأثیر معنادار با سطح احتمال ۱% دارد. تیمار نوع موزع تأثیر معناداری بر شاخص دقت کاشت نداشته است. برای بررسی بهتر تأثیر تیمارها بر دو شاخص اصلی یعنی کیفیت تغذیه و دقت کاشت، اثرات متقابل تیمارها در این دو شاخص بررسی شد. در این میان صرفاً اثر متقابل سرعت کار و مکانیسم انتقال قلمه برروی شاخص کیفیت تغذیه معنادار است (شکل ۵). در تیمار تسمه نقاله، هر سه سطح سرعت بدون اختلاف معنادار هستند ولی در تیمار سطح شیب‌دار، سطح ۱ و ۳ سرعت، اختلاف معناداری با یکدیگر دارند.

جدول ۱- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) تأثیر سرعت کار، مکانیزم انتقال قلمه، نوع موزع و اثرات متقابل آن‌ها بر شاخص‌ها

منبع تغییرات	درجه آزادی	نکاشت	بیش‌کاشت	کیفیت تغذیه	دقت کاشت
سرعت کار (V)	۲	۱۱۸۴/۷۱۰**	۲۱۵/۲۴۷**	۲۴۰۹/۰۹۶**	۱۷۵۹/۲۴۷**
مکانیزم انتقال قلمه (M)	۱	۵۸۲/۹۰۱**	۶۱/۱۵۲**	۲۶۸/۷۴۱**	۷۲/۹۱۷**
نوع موزع (S)	۱	۸۴/۲۱۱**	۹/۳۶۴ $^{n.s}$	۳۶/۸۴۵ $^{n.s}$	۰/۰۷۵ $^{n.s}$
سرعت کار × مکانیزم انتقال قلمه (V.M)	۲	۱۱۴/۶۸۴**	۳۷/۶۸۶*	۸۱/۰۸۷**	۴/۰۶۲ $^{n.s}$
سرعت کار × نوع موزع (V.S)	۲	۲/۷۴۷ $^{n.s}$	۴/۸۵۵ $^{n.s}$	۱۲/۵۹۱ $^{n.s}$	۵/۵۹۷ $^{n.s}$
مکانیزم انتقال قلمه × نوع موزع (M.S)	۱	۷۲/۱۹۳**	۹/۳۶۴ $^{n.s}$	۳۰/۱۴۰ $^{n.s}$	۱۱/۲۳۹**
سرعت کار × مکانیزم انتقال قلمه × نوع موزع (V.M.S)	۲	۱۷/۵۶۷ $^{n.s}$	۲۱/۵۰۲ $^{n.s}$	۲۱/۹۰۹ $^{n.s}$	۱۳/۶۵۶**
خطا	۲۴	۶۶/۶۰۰	۱۰۸/۲۰۲	۲۳۸/۸۸۷	۲۵/۷۳۱
کل	۳۵	۲۱۲۵/۶۱۳	۴۶۷/۳۷۱	۳۰۹۹/۲۹۷	۱۸۹۲/۵۲۶

** اختلاف معنادار در سطح احتمال ۱% و $^{n.s}$ عدم وجود اختلاف معنادار

این امر می‌تواند به‌دلیل عملکرد نامناسب سطح شیب‌دار در تغذیه به‌موقع قلمه در سرعت‌های بالا باشد. به‌گونه‌ای که در سرعت سه کیلومتر بر ساعت، کاهش شدید کیفیت تغذیه پدید می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار میانگین نکاشت، بیش‌کاشت، کیفیت تغذیه و دقت کاشت با توجه به دو سطح تیمار نوع موزع در جدول ۲ آورده شده است. از آنجا که تأثیر نوع موزع بر شاخص کیفیت تغذیه معنادار نیست، می‌توان تأثیر کیفیت تغذیه در هر دو موزع را یکسان دانست. این یافته نشان می‌دهد که هر دو موزع در محدوده مابین نکاشت و بیش‌کاشت، مقدار یکسانی قلمه قرار می‌دهند. به‌عبارت دیگر با در نظر گرفتن خطای بالا (بین نیم تا یک و نیم برابر فاصله معیار قلمه‌ها)، هر دو موزع کارکرد مشابهی دارند. ولی در خطای کم که اختلاف قلمه‌گذاری دقیق را نشان می‌دهد، متفاوت عمل می‌کنند. این مهم با شاخص دقت کاشت سنجیده می‌شود.

تأثیر تیمار سرعت پیشروی بر شاخص‌ها

در تیمار سرعت، سطوح یک و دو اختلاف معناداری در کیفیت تغذیه نداشتند ولی در سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت، کاهش شدید کیفیت تغذیه مشاهده می‌شود (جدول ۳). این امر احتمال نامناسب بودن این نوع کشت در سرعت بالا را افزایش می‌دهد. چرا که برای هر ماشین کارنده کیفیت تغذیه شاخصی بسیار مهم است و کاهش آن باعث افت کیفیت کاشت می‌شود. این یافته‌ها با نتایج تحقیق پیشین مطابق است (Taghinezhad *et al*., 2014).

در تیمار سرعت پیشروی، با افزایش سرعت کاهش دقت مشاهده می‌شود. به‌گونه‌ای که هر سه سطح سرعت با یکدیگر اختلاف معناداری دارند. بهترین دقت در سرعت ۱ کیلومتر بر ساعت اتفاق افتاده است. لذا دقت بهتر در سرعت کمتر است که با نتایج پژوهش‌های پیشین در مورد قلمه‌کاری (Bozorgi, 2015؛ Khani, 2007؛ Taghinezhad *et al*., 2014) و بذرکاری (ZakiDizaji, *et al*., 2010) هماهنگ است.

مشاهده شد که در سرعت پیشروی ۳ کیلومتر بر ساعت، هر دو شاخص کیفیت تغذیه و دقت کاشت مقدار نامطلوبی دارند. از این‌رو می‌توان این سرعت را برای کاشت قلمه نیشکر به روش ذکرشده نامناسب قلمداد کرد. همچنین اکثر تیمارهای با سرعت ۳ کیلومتر بر ساعت نسبت به هم‌گروه‌های خود دقت کاشت بالاتری دارند که این امر در تطابق با نتایج تقی‌نژاد و همکاران است که سرعت‌های بالا را مطلوب ندانسته‌اند (Taghinezhad *et al*., 2014).

تأثیر تیمار نوع مکانیسم انتقال قلمه بر شاخص‌ها

در جدول ۴ مقدار میانگین نکاشت، بیش‌کاشت، کیفیت تغذیه و دقت کاشت با توجه به دو سطح تیمار نوع مکانیسم انتقال قلمه آورده شده است. این دو سطح شامل سطح شیب‌دار به‌عنوان مکانیسم انتقال غیرفعال و تسمه نقاله به‌عنوان مکانیسم فعال انتقال قلمه هستند. هنگام استفاده از سطح شیب‌دار، متناسب با افزایش سرعت، کاهش کیفیت تغذیه مشاهده می‌شود. این پدیده حاصل ثبات تقریبی نرخ تحویل قلمه در سطح شیب‌دار است. به این دلیل که سطح شیب‌دار و در کل مکانیسم تغذیه غیرفعال، توانایی تطابق با سرعت گردش موزع را نخواهد داشت.

در هنگام اعمال تیمار تسمه نقاله، در کیفیت تغذیه مابین سطوح مختلف سرعت اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود. علت این امر، تحویل به‌موقع قلمه به موزع بدون توجه به سرعت است. این نتیجه، یافته‌های Bozorgi (2015) در آزمون با تغذیه مثبت قلمه به نقاله را تایید می‌نماید. استفاده از سطح شیب‌دار تأثیر بسیار نامطلوبی بر دقت کاشت می‌گذارد. استفاده از مکانیسم انتقال فعال که در اینجا تسمه نقاله می‌باشد، شاخص‌های کاشت قلمه را بهبود می‌بخشد.

جدول ۲- مقدار میانگین شاخص‌ها در دو نوع موزع

نوع موزع	مقادیر میانگین شاخص			
	دقت کاشت (%)	کیفیت تغذیه (%)	بیش‌کاشت (%)	نکاشت (%)
استوانه‌ای	۱۷/۲	۸۴/۱	۶/۴	[b]۹/۵
چرخ ستاره‌ای	۱۷/۳	۸۲/۱	۵/۳	[a]۱۲/۶

www.SID.ir

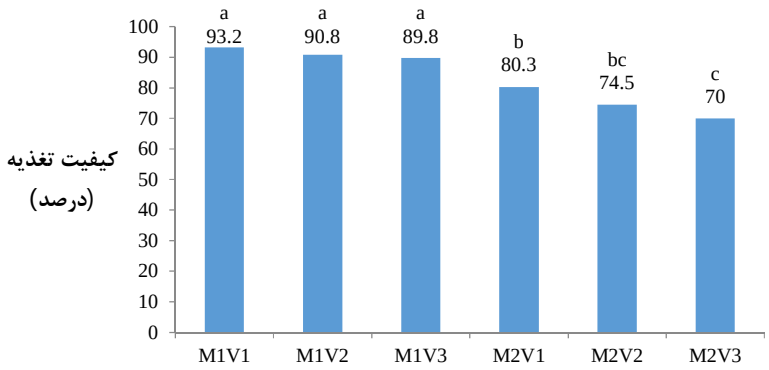
Archive of SID

جدول ۳- مقادیر میانگین شاخص‌ها در سرعت‌های مختلف موزع

سرعت حرکت (km/h)	مقادیر میانگین شاخص			
	دقت کاشت (%)	کیفیت تغذیه (%)	بیش‌کاشت (%)	نکاشت (%)
۱	^{c}۹/۸	^{a}۹۲	^{b}۳/۴	^{c}۴/۶
۲	^{b}۱۶/۵	^{a}۸۵	^{ab}۴/۹	^{b}۱۰
۳	^{a}۲۶/۱	^{b}۷۲/۳	^{a}۹/۲	^{a}۱۸/۵

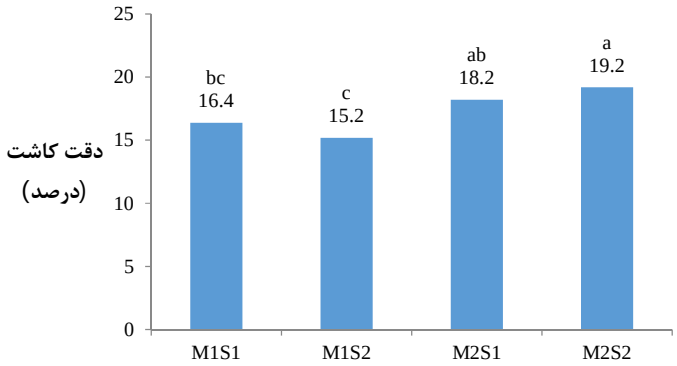
جدول ۴- مقدار میانگین شاخص‌ها در دو نوع مکانیسم انتقال قلمه

مکانیسم انتقال قلمه	مقادیر میانگین شاخص			
	دقت کاشت (%)	کیفیت تغذیه (%)	بیش‌کاشت (%)	نکاشت (%)
تسمه نقاله	^{a}۱۵/۸	^{a}۸۵/۷	^{b}۷/۱	^{b}۷
شیب‌دار	^{b}۱۸/۷	^{a}۸۰/۴	^{a}۴/۵	^{a}۱۵/۱



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل متغیر مکانیزم انتقال (M1: تسمه نقاله، M2: سطح شیبدار) و سرعت (V) بر کیفیت تغذیه

در بررسی اثر متقابل تیمارها بر شاخص دقت، نتایج قابل تأملی مشاهده می‌شود (شکل ۶). با وجود این‌که اثر تیمار نوع موزع معنادار نشده ولی اثر متقابل دوگانه سرعت کار و مکانیسم انتقال موزع و همچنین اثر متقابل سه‌گانه سرعت کار، مکانیسم انتقال قلمه و نوع موزع معنادار شده است. این مهم نشان‌دهنده آن است که نوع موزع در معناداری تیمار سرعت کار بر شاخص دقت، تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. هر چند که خود به‌تنهایی فاقد تأثیر معنادار است. همین تأثیر باعث معنادار شدن اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نیز شده است.

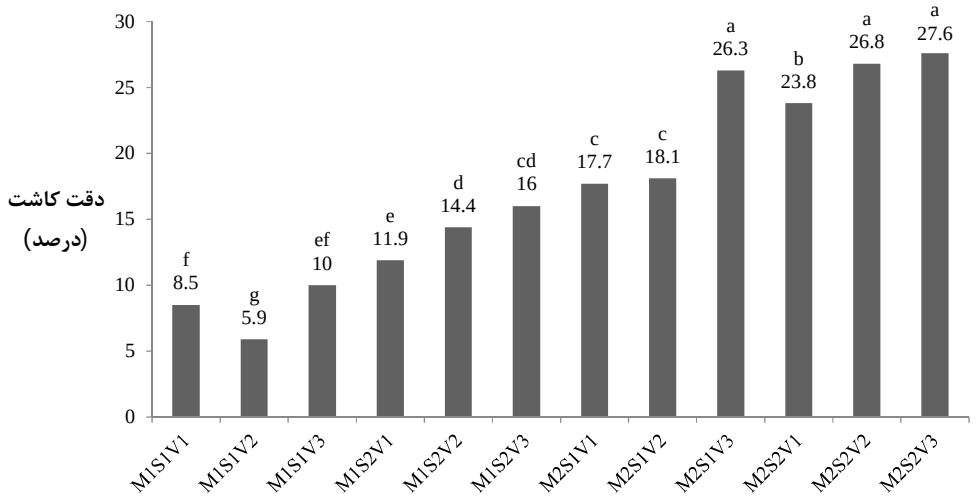


شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل مکانیزم انتقال (M1: تسمه نقاله، M2: سطح شیبدار) و موزع (S1: ستاره‌ای، S2: استوانه‌ای) بر دقت کاشت

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌گونه که مشاهده می‌شود دو نوع موزع هنگام استفاده از سطح شیب‌دار در شاخص دقت از خود تفاوت معناداری نشان نمی‌دهند. ولی با کاربرد تسمه نقاله، موزع استوانه‌ای نسبت به موزع ستاره‌ای تفاوت معناداری نشان می‌دهد. این امر بیانگر آن است که در موزع استوانه‌ای چنانچه تحویل قلمه به‌موقع انجام پذیرد، شاهد دریافت و انتقال بهتر قلمه‌ها می‌توان بود. شکل ۷ اثرات متقابل هر سه تیمار بر شاخص دقت را نشان می‌دهد. ذکر این نکته مفید است که صرفاً در شاخص دقت، تأثیرات متقابل هر سه تیمار معنادار شده است.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سرعت(V)، مکانیزم انتقال (M1: تسمه نقاله، M2: سطح شیب‌دار) و موزع (S1: ستاره‌ای، S2: استوانه‌ای) بر دقت کاشت

مشاهده شد که ترکیب سطح شیب‌دار و سرعت‌های بالا، همیشه دقت کاشت نامطلوبی به بار می‌آورد. از طرف دیگر تقریباً تمامی تیمارهایی که در آن‌ها از تسمه نقاله استفاده شده نسبت به تیمارهایی که از سطح شیب‌دار استفاده شده، با اختلاف معنادار دقت کاشت بهتری (کمتری) دارند. لذا می‌توان تسمه نقاله و در حالت کلی مکانیسم انتقال فعال را برای مکانیسم تحویل قلمه به موزع، انتخاب بهتری دانست.

در طرف دیگر نمودار مشاهده می‌شود که ویژگی مشترک سه تیماری که کمترین میزان شاخص دقت کاشت را داشته و تیمارهای بهتری شمرده می‌شوند، استفاده از موزع ستاره‌ای و تسمه نقاله می‌باشد. می‌توان این ترکیب را به‌عنوان بهترین ترکیب آزمون شده برای کشت دقیق قلمه نیشکر معرفی نمود.

نتیجه‌گیری

در تیمار مکانیسم انتقال قلمه، تسمه نقاله نسبت به سطح شیب‌دار نتیجه بهتری داشت. همچنین در تیمار سرعت پیشروی، سرعت‌های ۱ و ۲ کیلومتر مناسب‌تر هستند. حال با بررسی نتایج مشاهده می‌شود که موزع ستاره‌ای در سرعت ۲ کیلومتر بر ساعت، دقت کاشتی برابر ۵/۹ درصد و در سرعت ۱ کیلومتر بر ساعت، دقت کاشتی برابر ۸/۵ درصد را دارا است. این دو حالت بهترین شاخص دقت کاشت را در بین تمامی حالت‌ها دارند. می‌توان مطلوب‌ترین توزیع قلمه را مربوط به استفاده از تسمه نقاله و موزع چرخ ستاره‌ای در سرعت پیشروی فرضی ۲ کیلومتر بر ساعت دانست. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، برای توزیع دقیق قلمه نیشکر، موزع چرخ ستاره‌ای می‌تواند به عنوان موزع مطلوب معرفی شود. پیشنهاد می‌شود که این موزع به همراه سینی تغذیه مجهز به تسمه نقاله، به‌عنوان موزع ثانویه در ماشین‌های کارنده ریزشی پس از ناودانی یکنواخت کننده قلمه قرارداده شود. از طرفی در ماشین‌های برنده-کارنده قلمه نیشکر، این موزع می‌تواند پس از واحد برش قرار گیرد تا دقت کار افزایش یافته و وابستگی کاشت به اپراتور تغذیه نیز کاهش یابد. بایستی پس از استقرار این موزع برروی هر نوع

www.SID.ir

Archive of SID

ماشین کارنده، شاخص‌های کیفیت تغذیه و دقت کاشت استخراج شوند تا از عملکرد مناسب آن اطمینان حاصل شود.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از کارشناسان مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و محصولات جانبی به‌ویژه مهندس نادر بهبهانی‌نژاد برای همفکری ساخت موزع و کمک در تهیه نمونه‌ها تشکر و سپاس‌گزاری می‌نمایند.

منابع

1. Akbarnia, 2017. Design and fabrication of an experimental model of a seeding unit with widthwise sugarcane scions seeding for use in sugarcane planter. Journal of Agricultural Machinery, 7(1): 312-321. (In Farsi)
2. Bachche, S. G. Yewale, S. N. Magdum, V. R. and Patil, S. B. 2007. Field Testing of Sugarcane Cutter Planter and its Economic Comparison with Traditional Method. Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, Bangkok, Thailand.
3. Bhal, V. P. and Sharma, T. R. 2001. Present status and scope of tractor drawn automatic lister sugarcane cutter planter in Haryana. 35th Annual Convention of the Indian Society of Agricultural Engineers. 22-24 January. College of Agricultural Engineering and Technology OUAT, Bhubneshwar. India.
4. Bozorgi, A. 2015. Optimization sugarcane planter by Active Power cuttings. Ms. C. thesis, Mechanic Biosystem, Isfahan University of Technology. 112 p. (In Farsi)
5. Dafa'alla, A. M. and Hummeida, M. A. 1991. Performance evaluation of sugar cane planter. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 3(1): 5-14.
6. Dowie, J. 2009. Improving sugar production, productivity and water quality under full furrow irrigation in the Burdekin, Journal of Sugar Research Station, and Townsville, Australia.
7. Johnson, R. M. Viator, R. P. and Richard, Jr E. P. 2011. Effects of Billet Planting Rate and Position on Sugarcane Yields in Louisiana. J. of American Society of Sugar Cane Tech., 31: 79-90.
8. Kachman, S. D. and Smith, J. A. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Trans. ASAE., 38(2): 379-387.
9. Khani, M. 2007. Development and evaluation of precision metering device for Sugarcane billet planting machines. Ms. C. thesis, Mechanic Biosystems Engineering, Isfahan University of Technology.136 p. (In Farsi)
10. Mansouri, N. ZakiDizaji, H. Sheikhdavoodi, M. J. and Asakereh A. 2019. Evaluation of Different Planting Method for Sugarcane for Khuzestan Region. Agricultural Mechanization and Systems Research, 20(72): 73-90.
11. Mohammadi, A. 2002. Development and Testing of Metering unit of sugarcane Stalk Planter. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture. Shahid Chamran university of Ahvaz, Ahvaz, Iran. 90 p. (In Farsi)
12. Namjoo, M., Razavi, J. Khani, A. 2015. Fabrication and Evaluation of a Metering Device for a Sugarcane Billet Planter. YYU J AGR SCI., 25(1): 1-12
13. Patil, A. B. Dave, A. K. and Yadav, R. N. S. 2004. Evaluation of Sugarcane Cutter Planter. Journal of Sugarcane Technology, 6(3), 121-125.
14. Ripoli, M. L. C. and Ripoli, T. C. C. 2010. Evaluation of five sugarcane planters. Engenharia Agrícola Jaboticabal, 30(6): 1110-1122.
15. Robotham, B. G. and Chappell, W. J. 2002. High quality billets whole stalk planter billets compared to billets from modified and unmodified harvesters. Proceeding of Australian society of sugar cane technology, 199-206.
16. Salassi, M. E. Breaux, J. B. and Hoy, J. W. 2004. Estimated cost differences between whole-stalks and billet sugarcane planting methods in Louisiana. J. American Society Sugar Cane Tech, 24: 250-257.
17. Stolf, R. Fernandes, J. and Furalanineto, V. L. 1984. Influência do plantio mecanizado no índicede germinação da cana-de-açúcar. STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba. 2(5): 22-26. (in Portugese)
18. Taghinezhad, R. Alimardani, R. and Jafary, A. 2014. Design and Evaluation of Three Metering Devices for Planting of Sugarcane Billets. Tarim Bilimleri Dergisi, 20(2): 164-174.
19. Yadav, R. N. S. and Choudhuri, D. 2001. Mechanization scenario of sugarcane cultivation in India. 35th ISAE Annual Convention, OUAT, Bhubaneshar.
20. Zakidizaji, H. Minaei, S. and Yousefzadeh-Taheri, M. R. 2010. Development and test of an air-jet seed knockout device. AMA-Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America, 41(1): 45-50.

www.SID.ir