

ارزیابی یکنواختی توزیع بذر موزع غلتکی شیاردار با استفاده از پردازش تصویر به کمک نرم‌افزار متلب

سجاد اصغری^۱، ابراهیم احمدی^{۲*} و جعفر امیری پریان^۳

چکیده

خطی‌کارها معمول‌ترین ماشین‌های کاشت بذر در دنیا برای کشت هستند. در این پژوهش، اثر میزان بازشدگی دریچه مخزن در ۵ سطح و طول شیار موزع در ۲ سطح بر پارامترهای پهنای باند، یکنواختی عرضی، یکنواختی طولی و یکنواختی مرکزی توزیع بذر، برای ۴ میزان کشت فرضی ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ کیلوگرم بر هکتار، روی یک واحد خطی‌کار نصب شده روی دستگاه گریس‌بالت ارزیابی شد. برای هر میزان کشت، آزمون فاکتوریل ۲×۵ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تمام اندازه‌گیری‌های بررسی یکنواختی توزیع بذر با روش پردازش تصویر انجام شد. بیشترین ضریب پراکندگی برای داده‌های آزمایش پهنای باند، در ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار رخ داد که به ترتیب برابر با ۴۲/۸۱٪، ۳۳/۱۹٪ بود. نتایج تجزیه واریانس اثرهای اصلی و اثر متقابل میزان بازشدگی دریچه مخزن × طول شیار موزع برای پهنای باند و یکنواختی عرضی در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار نشدند. نتایج مقایسه میانگین برای یکنواختی طولی نشان داد که در تمام سطوح کشت بجز ۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار، هر دو طول استفاده شده از شیار موزع نتایج خوبی دارند. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل میزان بازشدگی دریچه مخزن × طول شیار موزع برای یکنواختی مرکزی در ۱۲۰ و ۲۱۰ کیلوگرم بر هکتار در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شدند که به ترتیب بهترین نتایج ۶ و ۴ سانتی‌متر بازشدگی دریچه و طول کامل شیار به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، خطی‌کار، گریس‌بالت، موزع شیاردار، یکنواختی توزیع بذر.

ارجاع: اصغری س. احمدی ا. و امیری پریان ج. ۱۳۹۳. ارزیابی یکنواختی توزیع بذر موزع غلتکی شیاردار با استفاده از پردازش تصویر به کمک نرم‌افزار متلب. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۴: ۱۷-۲۶.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

* نویسنده مسئول: eahmadi@basu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۰

مقدمه

سیستم اندازه‌گیری بذر غلتکی شیاردار که برای اولین بار توسط جترو تال ساخته شد، به دلیل سادگی ساخت، وزن کم و راحتی تنظیم نرخ کاشت هنوز کاربرد دارد (ریو و کیم، ۱۹۹۸ و تورگوت و همکاران، ۱۹۹۵). موزع غلتکی شیاردار اختراع شده به مدت ۳۰۰ سال روی خطی کارها استفاده شده است (براون، ۲۰۰۳).

از مزایای استفاده از ماشین‌های کاشت می‌توان به کاشت بذرهای به طور منظم و مرتب در عمق مشخص و یکنواخت سبز شدن مزرعه، کاشت مقدار معینی بذر در سطح مشخص، کمتر دخیل شدن عامل باد در توزیع و کاشت بذر، کمتر شدن مصرف بذر نسبت به حالت دست‌پاشی، بیشتر بودن سرعت عمل بذرکاری، آسان‌تر شدن عملیات داشت مانند وجین، سله شکنی، آبیاری، سم‌پاشی و همچنین عملیات برداشت اشاره کرد.

خطی کارها معمول‌ترین ماشین‌های کاشت بذر در دنیا برای کشت هستند. همچنین موزع‌های غلتکی شیاردار متداول‌ترین نوع موزع در خطی کارهای غلات محسوب می‌شود. بررسی‌هایی که از قبل انجام شده نشان می‌دهد که قطر و تعداد شیاردار و سرعت دورانی موزع روی یکنواختی جریان بذر تأثیر دارد (برناسکی و همکاران، ۱۹۷۲؛ تورگوت و همکاران، ۱۹۹۵ و آزرست و همکاران، ۱۹۹۷). آرتورک و همکاران (۲۰۱۲) و همچنین ریو و کیم (۱۹۹۸) گزارش کردند که تعداد شیاردار و شکل غلتک روی جریان بذر از مخزن به لوله سقوط تأثیر دارد. در پژوهشی دیگر ویژگی‌های عملکردی یک موزع غلتکی شیاردار خطی کار بررسی و نتیجه گرفته شد که بخشی از غیریکنواختی توزیع بذر تحت تأثیر آزادسازی ناگهانی بذور به ویژه در سرعت‌های بالاتر است (جعفری، ۱۹۹۱). عدم اندازه‌گیری یکنواخت بذرهای در خطی کارهای معمولی می‌تواند سبب بروز مشکل در این وسیله شود (اس و همکاران، ۲۰۰۵). ملکی و همکاران (۲۰۰۶) با طراحی موزع‌های جدید و معرفی معیار ضریب یکنواختی نتیجه گرفتند که این پارامتر، در سرعت‌های بالاتر موزع دارای مقدار بیشتری است. آنانتاچر و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی پارامترهای عملکردی یک موزع صفحه‌ای روی دستگاه تست گریس‌بالت پرداختند. کارایل و ازمرزی (۲۰۰۷) با یک معیار جدید، یکنواختی عرضی و عمقی توزیع بذر را در

یک ردیف‌کار بررسی کردند. نوید و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از یک دوربین دیجیتال (Nikon, D70) عملکرد موزع یک ردیف‌کار را ارزیابی کردند. آن‌ها از شاخص‌های چندکاشتی، کیفیت تغذیه، نکاشت و یکنواختی فاصله کاشت استفاده کردند. اوناو و اوناو (۲۰۰۹) یک سیستم اندازه‌گیری کامپیوتری به همراه تست گریس‌بالت را برای آزمایش فاصله بذرهای درون یک ردیف کاشت به کار بردند. حاج‌احمد و همکاران (۲۰۱۱) یک سیستم پایش الکترونیکی با سنسور نوری طراحی کردند تا عملکرد یک موزع را در کارنده بررسی کرد. هدف تعیین فواصل بذرهای روی ردیف کاشت بود. اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹) ارتباط بین سه اندازه سوراخ موزع (۹/۶۲، ۱۵/۹ و ۲۳/۷۶ میلی‌مترمربع) و پارامترهای سیستم تغذیه (سرعت کاشت، سرعت محیطی و سرعت چرخ اندازه‌گیری) را در یک ردیف‌کار ارزیابی کردند. فضای بین بذور در کارنده، بیشتر به نوع ماشین کارنده، یعنی خطی کار یا ردیف‌کار بستگی دارد (برناسکی، ۱۹۷۲). غیریکنواختی در فضای بین بذور معمولاً به روش تحویل بذر به شیاردار خاک ایجاد شده و به سرعت پیشروی کارنده بستگی دارد (فورن استرام و میلر، ۱۹۸۹).

هدف از انجام این پژوهش بررسی یکنواختی توزیع بذر در سطح به کمک تصویربرداری است. بدین منظور از روش پردازش تصویر برای شناسایی بذر و محاسبه معیارهای مختلف استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی عملکرد خطی کار، در این پژوهش از یک واحد کاشت نصب شده روی دستگاه آزمون گریس‌بالت استفاده شد (شکل ۱-الف). دریچه مخزن در انتهای آن و روی یکی از سطوح قرار دارد. سطوح مخزن بذر با خط افق زاویه ۴۵ درجه‌ای داشته و دریچه مخزن به شکل مستطیلی و دارای ابعاد آن ۳۷×۶۰ میلی‌مترمربع است. میزان باز بودن دریچه مخزن به صورت کشویی و در بعد طولی قابل تنظیم است. وسیله اندازه‌گیری بذر، موزع، از نوع غلتکی شیاردار و جنس آن از پلاستیک فشرده است (شکل ۱-ب). برای چرخش موزع از یک موتور الکتریکی تک فاز کوپل شده با یک اینورتر برای تنظیم دور استفاده شد. دورسنج مورد استفاده از نوع دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ دور بر دقیقه مدل DT-2268، ساخت Lutron، چین است.

لوله سقوط نسبت به خط عمود به طور تقریبی صفر بود که این سبب می‌شود بذرها پس از خارج شدن از فاصله بین موزع و پیاله با کمترین تماس نسبت به لوله سقوط مسیر خود را به سمت تسمه طی کنند. همچنین در این دستگاه از شیاربازکن نوع بیلچه‌ای استفاده شد. فاصله انتهای شیاربازکن تا تسمه ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای انجام آزمایش‌ها از گندم رقم الوند استفاده شد.

از این دورسنگ برای اندازه‌گیری و تعیین دقیق سرعت خطی تسمه (سرعت فرضی ۵ کیلومتر بر ساعت معادل سرعت پیشروی واقعی عملیات کاشت) و تعیین سرعت دورانی موزع (برآورد دقیق جرم بذر خروجی از واحد کارنده با توجه به سطوح کاشت در نظر گرفته شده) استفاده شد.

از لوله سقوط نوع خرطومی با قطر داخلی ۴ سانتی‌متر برای شبیه‌سازی واقعی ماشین کاشت استفاده شد. زاویه قرارگیری



ب



الف

شکل ۱- (الف) واحد کاشت؛ ۱- واحد کارنده، ۲- سیستم انتقال توان، ۳- گریس‌بلیت، ۴- الکتروموتور، (ب) موزع (ب)

تصویر می‌گرفت. تمام بذور پخش شده روی سطح گریس، در قاب تصویر جای می‌گرفت. در هر حالت از تمام طول تسمه تصویربرداری انجام می‌شد و تا حد امکان مرزهایی که محفظه برای هر تصویر روی آن قرار داشت در تصویر بعدی پوشش داده می‌شد. در هر حالت حداقل ۱۴ تصویر از سطح تسمه گرفته شد.

پردازش تصویر

در ابتدا تصویرهای رنگی (RGB) به باینری (Binary) تبدیل شدند. سپس برای کاهش نویزها و جداسازی اشیاء مطلوب یعنی بذور، مساحت اشیاء درون تصویر محاسبه شدند و با تفريق اشیاء با مساحت کمتر از مساحت بذور، نویزهای باقیمانده جدا و حذف شدند. سپس عملیات برچسب زنی انجام شد. این مراحل برای هر تصویر به‌صورت جداگانه انجام شد. روی تصویرهای تهیه شده برای به دست آوردن فواصل بذرها ابتدا باید مرکزبایی هر بذر در تصویر انجام شود که این عمل مختصات هر بذر را با توجه به

الف- روند استخراج داده‌ها تصاویر

این روند شامل تهیه تصویر، پردازش تصویر و استخراج مختصات بذور است که با نرم‌افزار متلب انجام شد.

تهیه تصاویر

برای تصویربرداری از یک محفظه یونولیتی با ابعاد $60 \times 50 \times 40$ سانتی‌متر استفاده شد (شکل ۲- الف). استفاده از این محفظه سبب می‌شد که همه تصویرهای گرفته شده ابعاد یکسانی از سطح را پوشش دهند. به دلیل نورپردازی ثابت تعبیه شده با نوار ال ای دی (LED) (شکل ۲- ب) و صفحه پلکسی‌گلاس در داخل محفظه، نویزهای ایجاد شده برای مراحل بعدی پردازش تصویر به حداقل می‌رسد. تصویربرداری از بالای محفظه و به طور کاملاً عمودی از سطح تسمه انجام شد. از دوربین پاناسونیک (Lumix DMC-FZ100) با رزولوشن $14/1$ مگاپیکسل برای تصویربرداری استفاده شد. لنز دوربین از طریق دریچه‌ای که در بالای محفظه تعبیه شده بود، وارد شده و از سطح تسمه

مختصات پیکسلی تصویر ارائه می‌دهد. به دلیل اینکه ابعاد هر تصویر مشخص است و همه تصاویر دارای ابعاد یکسانی هستند با یک تبدیل مختصات پیکسلی همه بذرها به

مختصات دکارتی تبدیل شد. در نهایت با انتقال داده‌ها به نرم‌افزار اکسل محاسبات اندازه‌گیری فاصله‌ها روی هر تصویر برای هر بذر انجام شد.



ب



الف

شکل ۲- محفظه تصویربرداری (الف)، نوار LED (ب).

ب- اندازه‌گیری پهنای باند بذر

برای این کار فاصله دورترین بذور از نظر عرضی روی هر تصویر اندازه‌گیری شد.

پ- یکنواختی طولی، عرضی و مرکزی

برای بررسی یکنواختی توزیع در سطح، سه معیار یکنواختی طولی، یکنواختی عرضی و یکنواختی مرکزی تعریف شد و برای محاسبه این شاخص‌ها در هر تصویر مرکز مختصات هندسی، مرکز باند آن تصویر در نظر گرفته شد (شکل ۳).

یکنواختی طولی

در هر تصویر، فاصله طولی هر بذر از مرکز مختصات محاسبه شد. برای ارزیابی یکنواختی طولی، جمع جبری فاصله‌ها به عنوان معیار یکنواختی در نظر گرفته شد. هرچه عدد به دست آمده به صفر نزدیک‌تر باشد یکنواختی طولی بیشتر است، به این معنی که از نظر طولی، پراکندگی بذرها نسبت به مرکز تصویر متقارن‌تر است. برای هر تیمار، میانگین جمع جبری فواصل به عنوان معیار مقایسه در نظر گرفته شد.

یکنواختی عرضی

برای محاسبه یکنواختی عرضی باید ابتدا از نظر عرضی مرکز باند را پیدا کرد. به دلیل اینکه تحت شرایط آزمایش امکان جابجا شدن تسمه در عرض، هنگام کار کردن وجود دارد و همچنین در مدت تصویربرداری، با جابه‌جایی محفظه تصویربرداری مرکز تصویر از نظر عرضی متغیر است، بنابراین

در برنامه نوشته شده در متلب این امکان به وجود آمد تا در هر تصویر مرکز عرضی باند تعیین شود. این مرکز در هر تصویر منحصر به فرد است. شبیه آنچه در یکنواختی طولی توضیح داده شد، در اینجا جمع جبری فواصل عرضی به عنوان معیار یکنواختی در عرض در نظر گرفته شد و برای مقایسه میانگین تیمارها ارزیابی شد. هرچه عدد به دست آمده به صفر نزدیک‌تر باشد یکنواختی عرضی بیشتر و بهتر است.

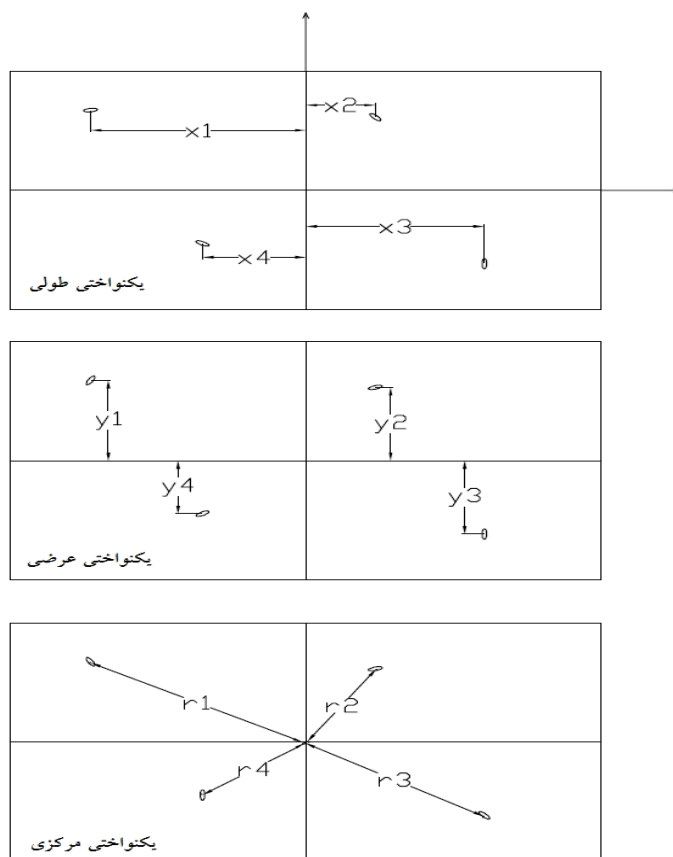
یکنواختی مرکزی

این معیار با محاسبه فواصل تک‌تک بذرها از مرکز مختصات باند در هر تصویر محاسبه می‌شود. این فاصله به این صورت محاسبه می‌شود (رابطه ۱)، که R ، شعاع و بیانگر یکنواختی مرکزی، X_i مختصات طولی هر بذر نسبت به مرکز باند و Y_i مختصات عرضی هر بذر است.

$$R = \sqrt{(x_i)^2 + (y_i)^2} \quad (1)$$

ت- طرح آماری

در این پژوهش از آزمون فاکتوریل 5×2 در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. این اندازه‌گیری‌ها برای محاسبه پهنای باند بذر، یکنواختی عرضی، طولی و مرکزی برای سطوح کشت ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار انجام گرفت. سرعت پیشروی دستگاه (سرعت تسمه نقاله) در تمامی آزمون‌ها روی ۵ کیلومتر بر ساعت تنظیم شد. جدول ۱ ماتریس آزمایش‌ها را نمایش می‌دهد.



شکل ۳ - شماتیک محاسبه شاخص‌های یکنواختی

جدول ۱- ماتریس آزمایش‌ها

فاکتورها	میزان کاشت			
	۲۱۰ Kg/h	۱۸۰ Kg/h	۱۵۰ Kg/h	۱۲۰ Kg/h
میزان باز بودن درپچه	۴×۳/۷، ۳×۳/۷، ۲×۳/۷	۴×۳/۷، ۳×۳/۷، ۲×۳/۷	۴×۳/۷، ۳×۳/۷، ۲×۳/۷	۴×۳/۷، ۳×۳/۷، ۲×۳/۷
مخزن (cm ²)	۶×۳/۷ و ۵×۳/۷	۶×۳/۷ و ۵×۳/۷	۶×۳/۷ و ۵×۳/۷	۶×۳/۷ و ۵×۳/۷
طول شیار موزع	نصف، کامل	نصف، کامل	نصف، کامل	نصف، کامل

نتایج و بحث

شکل ۴ وضعیت اولیه و نهایی پردازش شده از یک تصویر را از سطح تسمه نشان می‌دهد. برای محاسبه پارامترهای گوناگون، مختصات هر بذر در هر تصویر به نرم‌افزار اکسل انتقال یافت.

الف- پهنای باند

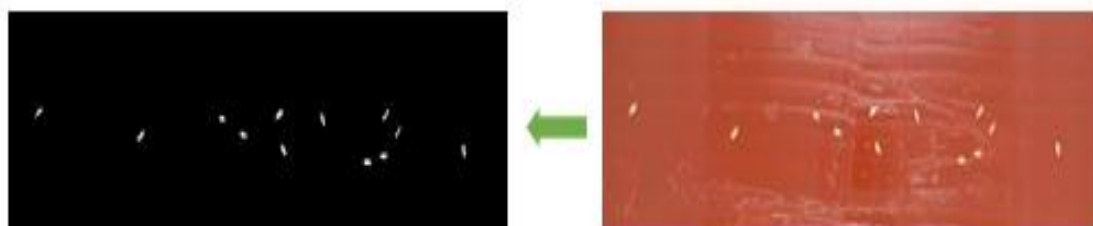
با توجه به شکل ۵- ب اختلاف بین مقادیر حداقل و حداکثر پهنای باند بذر در تمام مقادیر کشت زیاد بوده و پراکندگی بالای داده‌ها مشاهده می‌شود. در این رابطه، کمترین ضریب تغییرات و در نتیجه بهترین یکنواختی مربوط به مقادیر کشت ۱۸۰، ۲۱۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در

هکتار است. اما با توجه به میانگین پهنای باند در مقادیر مختلف کشت که در شکل ۵- الف نیز نمایش داده شده است، مشاهده می‌شود که با افزایش میزان کشت، این میانگین نیز افزایش یافته است. در میزان کشت بالاتر، بذور خارج شده از موزع، توانایی پوشش محدوده وسیع‌تری از سطح تسمه را دارند. در ضمن به دلیل بالاتر بودن مقدار ریزش بذر، برخورد بین بذور افزایش می‌یابد؛ این پدیده سبب پخش شدن بیشتر بذر در سطح تسمه می‌شود و در نهایت پهنای باند افزایش می‌یابد.

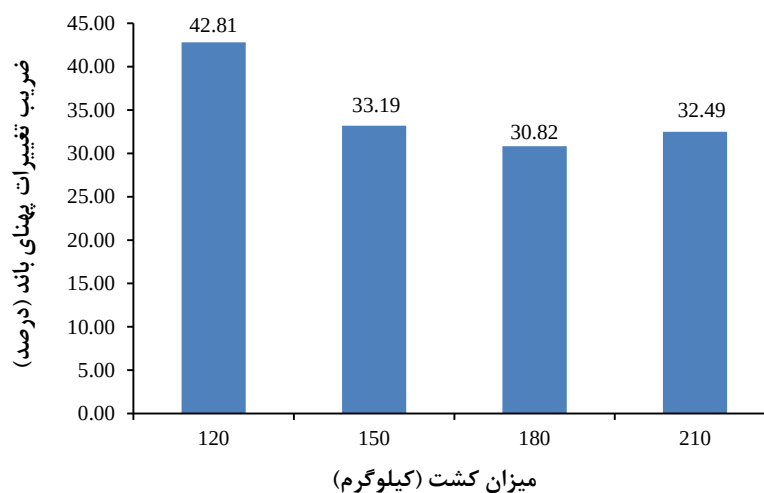
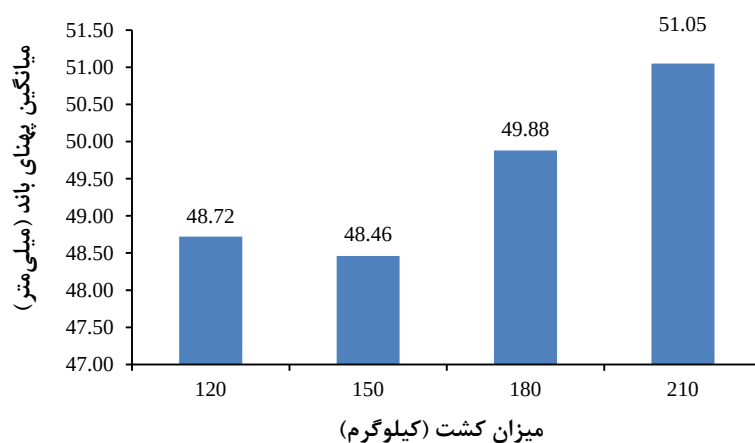
همان‌گونه که از جدول ۲ مشخص است، در هیچ‌کدام از کاشت‌های ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار اثر متقابل بازبودن درپچه × طول موزع معنی‌دار نشده است.

نشده است.

همچنین اثرهای اصلی میزان باز بودن دریچه و اثر طول موزع در هیچ یک از میزان کشت‌های مختلف معنی‌دار



شکل ۴- تصویر اولیه و نهایی حاصل از پردازش



شکل ۵- الف) میانگین و ب) ضریب تغییرات پهنای باند در مقابل میزان کشت

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل برای پهنای باند بذر

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
۲۱۰ Kg/h	۱۸۰ Kg/h	۱۵۰ Kg/h	۱۲۰ Kg/h		
۲۳/۵۳۴ ^{ns}	۳۰/۸۵۹ ^{ns}	۳۱/۶۱۷ ^{ns}	۲۱۳/۸۴۹ ^{ns}	۴	میزان باز بودن دریچه
۱۱۸/۱۸۷ ^{ns}	۷۵۶/۳۴۲ ^{ns}	۰/۰۲۸ ^{ns}	۲۸۲/۵۶۹ ^{ns}	۱	طول موزع
۳۵/۷۶۰ ^{ns}	۱۳/۸۴۸ ^{ns}	۲۸/۲۸۴ ^{ns}	۴۲/۱۱۲ ^{ns}	۴	اثر متقابل باز بودن دریچه × طول موزع
۶۵/۴۳۱	۳۹/۲۸۵	۴۵/۶۲۴	۹۸/۰۸۴	۲۰	خطا

*، **، *** و ns به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح آماری ۰/۵، ۰/۱، ۰/۰۱ و عدم اختلاف معنی‌دار است.

ب- یکنواختی عرضی

در جدول تجزیه واریانس مربوط به یکنواختی عرضی (جدول ۳) مشاهده می‌شود که اثرات اصلی میزان بازبودن دریاچه مخزن و طول شیار موزع و همچنین اثر متقابل بازبودن دریاچه $\times$ طول موزع در هیچ یک از حالت‌های ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار نشده است. یعنی طول موزع، باز بودن دریاچه مخزن و اثرات متقابل به طور کلی در یکنواختی عرضی کاشت تأثیر معناداری ندارند. همانند آنچه که در بررسی نتایج پهنای باند اشاره شد، تنظیم دریاچه به صورت طولی است و از نظر عرضی تغییری در تنظیم آن صورت نمی‌گیرد. بنابراین تغییرات حاصل از آن روی یکنواختی عرضی براساس الگوی تعریف شده تأثیر چندانی ندارد.

به همین شکل طول موزع در نتایج یکنواختی عرضی تأثیر چندانی ندارد. در اینجا هم براساس مواردی که در پهنای باند توضیح داده شد، مسیر طی شده توسط هر بذر متأثر از عوامل مختلفی مانند قطر لوله سقوط و سرعت تحویل بذر به آن است و چون در دستگاه گریس بلت استفاده شده نیز مکانیزم تحویل بذر به تسمه شامل لوله سقوط (برای شبیه‌سازی واقعی ماشین کاشت) است، در نتیجه بذور، در طول‌های مختلف شیار موزع، پخش عرضی یکسانی از خود در همه حالت‌ها نشان می‌دهند و تفاوت بین آن‌ها در هیچ‌یک از مقادیر کشت معنی‌دار نشده است. پخش عرضی دارای یکنواختی یکسان و مطلوبی برای همه تیمارها بود.

پ- یکنواختی طولی

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس برای یکنواختی طولی (جدول ۴) نشان می‌دهد که در تمام مقادیر کشت ۱۲۰ تا ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار، اثر متقابل باز بودن دریاچه $\times$ طول موزع معنی‌دار شده است. نتایج حاصل از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای ۱۲۰ مقادیر کشت تا ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار نشان داد که به ترتیب حالت‌های ذکر شده در جدول ۵ دارای بهترین یکنواختی طولی (جمع جبری بعد طولی نزدیک به صفر) و نزدیک‌ترین میانگین به میزان کشت مورد نظر هستند.

در شرایط میزان کشت پایین (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) بهترین حالت یکنواختی طولی زمانی به دست می‌آید که از تمام طول شیار موزع در کشت استفاده شود. اما

حالت‌های مختلف باز بودن دریاچه مخزن از نظر عرضی هیچ تفاوتی با هم ندارند؛ به این معنی که چون دریاچه مخزن مستطیل شکل است، تنظیم دریاچه فقط در جهت طولی آن انجام می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که پهنای باند یک مشخصه عرضی در کاشت است و چون در حالت‌های مختلف دریاچه از نظر عرضی هیچ‌گونه تغییری در شرایط آن صورت نمی‌گیرد، بنابراین اثرات اصلی باز بودن دریاچه در هیچ‌کدام از میزان‌های کاشت مورد آزمون معنی‌دار نشده است. طول موزع در اندازه پهنای باند دارای اثرات معنی‌دار نیست؛ یعنی در حالتی که طول شیار به طور کامل استفاده می‌شود یا زمانی که همزمان قسمتی از شیار و غلتک مسدود کننده هر دو تحت بار هستند، جریان بذر از مخزن به داخل لوله سقوط و در نهایت تسمه دارای شکل یکسانی است. دلیل این امر این است که بذر گندم در مسیر خود از دریاچه مخزن به تسمه، بسته به شرایط کاری، مسیرهای متفاوتی را طی می‌کند. این مسیر می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند فاصله بین موزع و پیاله موزع، نحوه قرارگیری پیاله در زیر موزع، سرعت دورانی موزع، سرعت و نقطه تحویل هر بذر از فضای بین موزع و پیاله به لوله سقوط، زاویه آزاد شدن بذر از فضای بین پیاله و موزع نسبت به سطح افقی، نوع و قطر لوله سقوط و سرعت تسمه قرار گیرد.

در حالتی که طول کمتری از شیار موزع تحت بار قرار دارد، انتظار می‌رود تحویل بذر به لوله سقوط فقط از طریق شیارهای موزع انجام شود؛ چون پیاله موزع همیشه در حالت بسته است و فضای بین آن و موزع در حالت کمینه است. یعنی بین دو طول مختلف شیار موزع تفاوت وجود دارد. اما وجود این تفاوت بسیار تحت تأثیر عوامل مؤثر ذکر شده است. از بین عوامل ذکر شده می‌توان بیشترین تأثیر را مربوط به لوله سقوط دانست؛ چون بذر بعد از رهاسازی از موزع وارد لوله سقوط می‌شود تا به تسمه برسد. در این مسیر تعدادی از بذرها به لوله سقوط برخورد می‌کنند. در ضمن به دلیل اینکه در یک زمان مشخص تعداد زیادی بذر در داخل لوله سقوط وجود دارند تا به تسمه برسند، مسیر هر بذر می‌تواند تحت تأثیر بذور دیگر قرار گیرد که این سبب تغییر در پهنای باند کاشته شده می‌شود.

دریچه مخزن نتایج متفاوتی نشان می‌دهد. در حالتی که کل طول شیار موز استفاده می‌شود، بذور پس از گذشتن از دریچه و وارد شدن به داخل شیار موز، فضای شیار را پر می‌کنند. این فضا نسبت به زمانی که بذر با غلتک مسدودکننده روبرو می‌شود، امکان بیشتری برای جریان‌پذیری می‌دهد؛ به این معنی که بدون غلتک مسدود کننده، جریان بذر در واحد زمان در طول تسمه یکنواخت‌تر است. این مسئله سبب می‌شود که در فاصله‌های طولی کم (۵۰ سانتی‌متر برای هر تصویر)، بذرها بهتر و یکنواخت‌تر در سطح پخش شوند و یکنواختی طولی بهتری حاصل شود. وقتی غلتک مسدود کننده وارد مدار جریان بذر می‌شود، به دلیل ماهیت ذاتی خود از حرکت بذر به سمت فضای بین موز و پیاله جلوگیری می‌کند. این جلوگیری سبب می‌شود بذر فقط

در شیار بین موز جریان پیدا کند. این امر باعث می‌شود موز برای یک میزان کاشت مشخص ثابت نسبت به حالت قبل با دور بیشتری به حرکت درآید یا دریچه مخزن بیشتر باز شود. هر دوی این حالت‌ها سبب می‌شوند که ضریب پرشدگی موز دستخوش تغییر شود. این تغییر در نهایت سبب غیریکنواختی طولی در باند بذر کاشته شده می‌شود. در شرایط میزان کشت متوسط و بالا (۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار)، بهترین حالت از نظر یکنواختی طولی، زمانی به دست می‌آید که از هر دو وضعیت طول شیار موز استفاده شود (جدول ۵). برای مقادیر کشت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اثر اصلی طول موز معنی‌دار شده است و برای کشت ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیز هر دو اثر اصلی بازبودن دریچه و طول موز معنی‌دار شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل برای یکنواختی عرضی توزیع بذر

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
۲۱۰ Kg/h	۱۸۰ Kg/h	۱۵۰ Kg/h	۱۲۰ Kg/h		
۲۳۱۸/۸۶۳ ^{ns}	۱۳۲۸/۳۷۶ ^{ns}	۴۷۳۶/۶۲۲ ^{ns}	۲۵۴۶/۰۴۴ ^{ns}	۴	میزان باز بودن دریچه
۴۱۴۷/۸۷۱ ^{ns}	۱۸۴/۸۷۷ ^{ns}	۴۴۵۱/۱۶۱ ^{ns}	۱۴۳۲/۹۰۵ ^{ns}	۱	طول موز
۱۴۳۲۶/۶۷۲ ^{ns}	۴۰۵/۳۳۴ ^{ns}	۱۷۶۴/۶۶۲ ^{ns}	۵۳۰۶/۲۹۴ ^{ns}	۴	اثر متقابل باز بودن دریچه × طول موز
۹۳۴۷/۶۶۵	۴۹۰۴/۷۵۲	۲۰۱۲/۳۹۵	۱۹۷۷/۱۸۰	۲۰	خطا

ns، **، *** و ns به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح آماری ۵٪، ۱٪، ۰/۱٪ و عدم اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل برای یکنواختی طولی توزیع بذر

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
۲۱۰ Kg/h	۱۸۰ Kg/h	۱۵۰ Kg/h	۱۲۰ Kg/h		
۶۴/۰۶۱***	۱۰۲/۹۴۶***	۴۲/۹۰۵**	۱۱/۶۲۳ ^{ns}	۴	میزان باز بودن دریچه
۱۷/۶۴۹*	۱۴۷/۲۷۵***	۰/۶۷۲ ^{ns}	۲۱/۸۶۲*	۱	طول موز
۴۵/۸۸۰***	۱۲۰/۷۵۰***	۱۸/۳۶۴**	۳۳/۵۹۵**	۴	اثر متقابل باز بودن دریچه × طول موز
۴/۵۴۸	۵/۰۸۷	۶/۸۸۶	۵/۸۸۸	۲۰	خطا

ns، **، *** و ns به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح آماری ۵٪، ۱٪، ۰/۱٪ و عدم اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۵- بهترین نتایج به دست آمده از یکنواختی طولی توزیع بذر

وضعیت دستگاه							
۲۱۰ Kg/h	۱۸۰ Kg/h	۱۵۰ Kg/h	۱۲۰ Kg/h	۱۲۰ Kg/h	۱۵۰ Kg/h	۱۸۰ Kg/h	۲۱۰ Kg/h
۴	۵	۴	۵	۵	۴	۳	۵
کامل	کامل	کامل	کامل	کامل	کامل	کامل	کامل

باند است. این شاخص توزیع هندسی بذرها، همگن و یکنواختی آن‌ها را در سطح تصویر بررسی می‌کند. این فاصله با توجه به ماهیت آن همیشه مثبت است. برای

ت- یکنواختی مرکزی

یکنواختی مرکزی همان‌گونه که پیش از این توضیح داده شد فاصله اقلیدسی هر بذر از مرکز مختصات یعنی مرکز

مقایسه‌های صورت گرفته برای هر میزان کشت به صورت جداگانه انجام شده و تأثیر عوامل دریاچه و طول موزع در داخل کشت مشخص ارزیابی شده است.

با توجه به جدول ۶ مشخص است که در یکنواختی مرکزی، اثر متقابل بازبودن دریاچه $\times$ طول شیار موزع فقط برای کاشت‌های ۱۲۰ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار شده است و نتایج حاصل از آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین این دو مقدار نشان می‌دهد که به ترتیب حالت‌های جدول ۷ دارای بهترین یکنواختی مرکزی هستند.

محاسبه فاصله اقلیدسی در هر تصویر فاصله بذرها تا مرکز باند در نظر گرفته می‌شود و در نهایت از تمام این فاصله‌ها میانگین گرفته می‌شود. تصویری که در آن فاصله میانگین بیشتر باشد، توزیع بذرها نسبت به مرکز تصویر بهتر و پراکندگی مرکزی بیشتر دارد. با توجه به اینکه پهنای باند در تمام حالت‌ها از حد مشخصی تجاوز نمی‌کند (به دلیل عوامل طراحی) می‌توان نتیجه گرفت که پراکندگی مرکزی بیشتر مطلوب‌تر است و بذور در صورت جوانه‌زنی فضای بیشتری برای رشد و نمو دارند. همچنین باید توجه داشت که در کشت بالاتر فاصله بین بذور کمتر است. به این دلیل

جدول ۶- تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل برای یکنواختی مرکزی توزیع بذرها

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
۲۱۰ Kg/h	۱۸۰ Kg/h	۱۵۰ Kg/h	۱۲۰ Kg/h		
۱۹۶/۸۴۶***	۱۱۹/۶۶۳***	۵/۵۲۶ ^{n.s}	۳/۲۴۲ ^{n.s}	۴	میزان باز بودن دریاچه
۳/۷۳۸ ^{n.s}	۳۱۲/۲۱۲***	۱۱۴/۸۱۷***	۳۳۰/۲۰۷***	۱	طول موزع
۶۶/۸۶۰***	۱۰/۱۹۳ ^{n.s}	۶/۷۱۰ ^{n.s}	۸/۹۴۶*	۴	اثر متقابل باز بودن دریاچه $\times$ طول موزع
۸/۲۸۸	۵/۷۰۳	۵/۵۴۸	۲/۰۶۸	۲۰	خطا

*, **, *** و ns به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح آماری ۵٪، ۱٪، ۰/۱٪ و عدم اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۷- بهترین نتایج به دست آمده از یکنواختی مرکزی توزیع بذرها

۲۱۰ Kg/h				۱۲۰ Kg/h		وضعیت دستگاه
۵	۵	۴	۳	۵	۶	بازشدگی دریاچه (cm)
کامل	نصف	کامل	کامل	کامل	کامل	طول شیار موزع

بهتر می‌شود. اما چون میزان کشت بالاست و سرعت موزع نیز به دنبال آن بالاست و ضریب پرشدگی شیار موزع پایین است، تفاوتی بین دو حالت طولی موزع وجود ندارد و در هر دو حالت بهترین نتایج به دست آمده‌اند.

نتیجه‌گیری

- میانگین پهنای باند بذرها در هر تصویر با افزایش میزان کشت افزایش یافت.
- در مورد یکنواختی عرضی روند مشخصی به دست نیامد.
- بهترین یکنواختی طولی (توزیع متقارن بذرها نسبت به محور طولی تصویر) در کشت ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در حالت سه و پنج سانتی‌متر بازشدگی دریاچه مخزن و طول کامل شیار موزع به دست آمد.
- یکنواختی طولی مناسب در کشت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو حالت چهار سانتی‌متر بازشدگی دریاچه

این نتیجه نشان می‌دهد که بهترین حالت‌ها برای یکنواختی مرکزی در کشت ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار زمانی رخ می‌دهد که طول موزع به طور کامل استفاده می‌شود. همچنین زمانی که دریاچه مخزن در حالت باز قرار دارد (شش، پنج و سه سانتی‌متر) نتایج بهتری از نظر یکنواختی مرکزی به دست می‌آید. طول کامل شیار موزع بدان معناست که ضریب پرشدگی شیار موزع یکنواخت‌تر است و این به معنی یکنواختی مرکزی بیشتر است. در شرایطی که دریاچه مخزن به صورت کامل باز است، پدیده پل زدن بذرها کمتر اتفاق می‌افتد و سبب جریان‌پذیری بهتر بذرها از مخزن به فضای بین پیاله و موزع می‌شود. در کشت ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار بهترین حالت زمانی به دست می‌آید که دریاچه مخزن روی تنظیمات بالا (چهار و پنج) قرار دارد. اما برای طول موزع هر دو وضعیت در بهترین شرایط هستند. مشابه حالت ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در اینجا پل زدن بذرها کمتر اتفاق می‌افتد و سبب جریان‌پذیری

- مخزن و طول کامل شیار موزع و پنج سانتی‌متر بازشدگی دریچه و نصف طول موزع به دست آمد.
- یکنواختی طولی در کشت ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار در دو حالت شش سانتی‌متر بازشدگی دریچه مخزن و طول کامل شیار موزع و چهار سانتی‌متر بازشدگی دریچه و نصف طول موزع دارای مناسب‌ترین حالت است.
 - بهترین یکنواختی طولی در کشت ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار در دو حالت پنج سانتی‌متر بازشدگی دریچه مخزن و نصف طول شیار موزع و چهار سانتی‌متر بازشدگی دریچه و نصف طول موزع به دست آمد.
 - در کشت ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، یکنواختی مرکزی در شش، پنج و سه سانتی‌متر بازشدگی دریچه مخزن و طول کامل شیار موزع، بهترین حالت (توزیع هندسی همگن و یکنواخت در سطح تصویر) را دارد.
 - در کشت ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار، بهترین یکنواختی مرکزی در چهار و پنج سانتی‌متر بازشدگی دریچه و طول کامل یا نصف طول شیار موزع، حاصل شد.

منابع

1. Anantachar M. Prasanna Kumar G. V. and Guruswamy T. 2011. Development of artificial neural network models for the performance prediction of an inclined plate seed metering device. *Applied Soft Computing*. 11(4): 3753-3763.
2. Bernacki H. Haman J. and Kanafojski C. Z. 1972. Seeding machines. In: agricultural machines, theory and construction I. Scientific Publications Foreign Cooperation Center of the Central Institute for Scientific, Technical and Economic Information, Warsaw, Poland. 883 p.
3. Brown E. 2003. Sowing seeds for the agricultural revolution: jethro tull. *Implement & Tractor*. 13(2): 1674-1741.
4. Ess D. R. Hawkings S. E. Young J. C. and Christmas E. P. 2005. Evaluation of the performance of a belt metering system for soybeans planted with a grain drill. *Applied Engineering in Agriculture*. 21(6): 965-969.
5. Fornstrom K. J. and Miller S. D. 1989. Comparison of sugar beet planters and planting depth with two sugar beet varieties. *Journal of American Society of Sugar Beet Technologist*. 26(3&4): 10-16.
6. Hajahmed O. Tola E. Al-Gaadi K. A. and Kheralla A. F. 2011. Development of an opto-electronic monitoring system for crop planter seed metering unit. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 8(4): 732-738.
7. Ismail Z. E. El-Hanify E. H. and Ismail K. N. 2009. The utilization of a metering plate device for cowpea planting. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences*. 34(5): 5853-5867.
8. Jafari J. F. 1991. A study of the metering of free flowing particulate solids using multi-flight screw. *Proceedings of Institution of Mechanical Engineers*. 205(2): 113-121.
9. Karayel D. and Ozmerzi A. 2007. Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. *Soil & Tillage Research*. 95(1): 69-75.
10. Maleki M. R. Jafari J. F. Raufat M. H. Mouazen A. M. and De Baerdemaeker J. 2006. Evaluation of seed distribution uniformity of a multi-flight auger as a grain drill metering device. *Biosystems Engineering*. 94(4): 535-543.
11. Navid H. Ebrahimian S. Gassemzadeh H. R. and Mousavi nia M. J. 2011. Laboratory evaluation of seed metering device using image processing method. *Australian Journal of Agricultural Engineering*. 2(1): 1-4.
12. Onal O. and Onal I. 2009. Development of a computerized measurement system for in-row seed spacing accuracy. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry*. 33(2): 99-109.
13. Ozsert I. Kara M. Guler I. E. and Turgut N. 1997. The effect of slot width and wrapping angle on the performance of the feed roll. 17th National Congress on Agricultural Mechanization, Tokat, Turkey. 17-18 September. 457-465.
14. Ozturk I. Yildirim Y. Hınıslioglu S. Demir B. and Kus E. 2012. Optimization of seed flow evenness of fluted rolls used in seed drills by Taguchi method. *Scientific Research and Essays*. 7(1): 78-85.
15. Ryu I. H. and Kim K. U. 1998. Design of roller type metering device for precision planting. *Transactions of the ASAE*. 41(4): 923-930.
16. Turgut N. Ozsert I. Kara M. and Yildirim Y. 1995. Determination of optimum sizes of fluted rolls in fertilizer metering devices in drills. 16th National Congress on Agricultural Mechanization, Bursa, Turkey. 3-5 December. 529-537.