Archive of SID

طراحی، ساخت و ارزیابی ماشین ریز دانه‌کار مناسب مزارع کوچک*

حمیدرضا قاسم‌زاده[1]، بهرام مسرت‌بخش[1]، رضا عادل‌زاده[1]، سیروس مسیحا[2]،
محمد مقدم[3] و یحیی عجب‌شیرچی[1]

چکیده

در این پژوهش یک دستگاه ماشین بذرکار با ابعاد مناسب مزارع کوچک با استفاده از نرم‌افزار اتوکد طراحی گردید. سپس یک نمونهٔ سه بعدی رایانه‌ای از ماشین تهیه و نحوهٔ کار ماشین بوسیلهٔ رایانه شبیه‌سازی و بر روی نوار ویدیویی ضبط گردید. بعد از تهیهٔ نقشه‌های مهندسی، قطعات لازم ساخته شد و ماشین بذرکار طبق نقشه مونتاژ گردید. ارزیابی اولیه در کارگاه که با استفاده از ساچمه‌های پلی‌اتیلنی به قطر متوسط ۳ میلی‌متر انجام گرفت نشان داد که در محدودهٔ سرعت ۲ تا ۵ کیلومتر بر ساعت یک رابطهٔ خطی بین سرعت و مقدار بذر پاشیده شده وجود دارد. سپس با توجه به صدمات مکانیکی وارد به ساچمه‌ها سه نوع موزع که از نظر شکل حفره‌های بذر متفاوت بودند ساخته و روی ماشین نصب شدند و ارزیابی کارگاهی مجدد، مناسب بودن موزع نوع ج را که دارای کمترین درصد شکستگی یعنی ۱/۲۴ درصد و بیشترین درصد پرشدگی حدود ۹۷ درصد در سرعت پیشروی حدود ۳ کیلومتر بر ساعت بود تأیید نمود. در ادامه، بذرکار مزبور طی دو مرحله آزمایش به ترتیب در روی بستر شنی و در مزرعه مورد ارزیابی قرار گرفت و عملکرد آن با بذرکار بادی آکورد از نوع Miniair Super ساخت کشور آلمان مقایسه گردید. بین دو نوع بذرکار در آزمون‌های بستر شنی از نظر میانگین فواصل کاشت، کیفیت تغذیه، کپه‌کاری، نکاشت و عمق کاشت تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. با توجه به نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای در دو نوع بستر کشت تفاوت معنی‌داری بین دو بذرکار برای شاخص‌های میانگین فواصل بین بوته‌ای و دقّت در دامنهٔ ۲ و شاخص‌های کیفیت تغذیه، کپه‌کاری، نکاشت، درصد سبز، انحراف از خط کاشت و سطح برگ بوته‌ای و وزن خشک بوته در سطح احتمال ۱٪ و شاخص‌های میانگین عمق کاشت و قطر هیپوکوتیل در سطح احتمال ۵٪ بدست آمد. با توجه به اینکه ارزیابی موزع فقط برای یکنوع بذر انجام و مناسب تشخیص داده شد، لذا مطالعات بیشتری در خصوص اشکال مختلف حفره برای انواع بذور باید انجام گیرد تا موزع‌های مختلف با توجه به نوع بذر و فواصل کاشت توصیه و ساخته شود. به منظور بهبود بخشیدن به سایر شاخص‌ها و نیز بهتر کردن شرایط استقرار بذور در خاک و افزایش میزان جوانه‌زنی در بذرکار دستی پیشنهاد می‌شود لولهٔ سقوط و اجزای درگیر در خاک مورد مطالعه مجدد قرار گرفته و بعد از انجام تغییرات لازم، بذرکار در بستر خاکی آزمایشگاهی و سپس در مزرعه مورد آزمون قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی : بذرکار، ریزدانه کار، طراحی، مزارع کوچک

مقدمه

لزوم مکانیزه کردن مراحل مختلف تولید محصولات کشاورزی جهت دستیابی به توسعهٔ پایدار از یک‌سو و ابعاد کوچک مزارع زیر کشت سبزیها و نیز توانایی مالی زارعین در تأمین ماشین‌آلات کشاورزی از سوی دیگر، نیاز به طراحی، ساخت و ترویج ماشین مناسب مزارع کوچک را بطور روزافزون افزایش می

*- تاریخ دریافت ۷۹/۶/۲۶ تاریخ پذیرش ۸۰/۵/۶
۱- گروه ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

www.SID.ir

Archive of SID

براساس جدول ۱ نسبت مقدار تولید به سطح زیر کشت برای سبزیها در ایران برابر ۲۲/۰۷ بوده و از این نظر سبزیها در ایران رتبهٔ اول را به خود اختصاص می‌دهند(۱). در حالی که براساس آمار انتشار یافته از سوی فائو سهم ایران در تولید سبزی جهان بسیار ناچیز بوده و بالغ بر ۱/۸۷ درصد می‌گردد(۱). در سال زراعی ۷۶-۱۳۷۵ استان آذربایجان شرقی با نسبت ۳۰/۳ در بین استانهای کشور رتبهٔ سوم را به خود اختصاص داده است و در بین سبزیهای کشت شده در این استان هویج با نسبت ۳۳/۶ بعد از پیاز در رتبهٔ دوم قرار گرفته است(۲) که می‌تواند در مقیاس کشوری از این نظر یک مزیّت نسبی به شمار رود. ۷۰٪ سطح زیر کشت هویج را در آذربایجان‌شرقی، بستان‌آباد دارا می‌باشد(۲۲۶۰ هکتار) که متوسط وسعت مزارع آن در حدود یک هزار مترمربع می‌باشد. در این منطقه کاربرد ماشین‌های کاشت بزرگ و گران‌قیمت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد و بنابراین زارعین برای کاشت از روش دست‌پاشی استفاده می‌کنند. از معایب این روش می‌توان جابجایی بذور در موقع آبیاری، توزیع غیریکنواخت بذر و به تبع آن نیاز به تنک و وجین‌کاری دستی، طاقت‌فرسا بودن عملیات برداشت دستی و بالاخره رقابت بین گیاهان و پایین بودن کیفیت محصول را نام برد. با توجه به مطالب یاد شده بدیهی است در مکانیزه کردن کشت سبزیها، کاشت ماشینی می‌تواند اولین گام به شمار آید. ماشین‌های کاشت متنوعی توسط شرکتهای خارجی و داخلی تولید و به بازار عرضه شده‌اند. این ماشین‌ها بطور کلی از هشت قسمت مختلف یعنی شاسی، محرکه، تنظیم‌کنندهٔ عمق کاشت، موزع یا مقسّم، مخزن، شیار بازکن، وسایل پوشانندهٔ بذر و چرخهای فشاردهنده تشکیل یافته‌اند. در این میان نقش حساس به عهدهٔ موزع می‌باشد که بیشترین کار طراحی مهندسی روی آن انجام می‌گیرد و وجه تمایز یک بذرکار از دیگری به شمار می‌رود. موزع پنوماتیکی در مورد بذرهای یکنواخت و پوشش‌دار بیشترین بازده را دارا می‌باشد و نیز موزع‌هایی که با فشار آب کار می‌کنند در برابر بذور ریز و بدون پوشش عملکرد خوبی دارند(۱۱) ولی نیازمند تجهیزات پیچیده هستند که به قیمت تمام شده ماشین می‌افزاید. موزع‌های سنبه‌ای نیز اگر چه موجب تسریع در جوانه‌زنی می‌گردند(۹) اما باز به دلیل پیچیدگی و قیمت بالا نمی‌توانند برای بذرکارهای دستی مناسب مزارع کوچک به کار روند. موزع تسمه‌ای از نظر فاصلهٔ کاشت دارای ضریب تغییرات غیرقابل قبول (۱۰۳٪) بوده و به ارتعاشات‌ناشی از انجام عملیات حساس می‌باشد(۷).

جدول ۱ـ نسبت میزان تولید به سطح زیر کشت محصولات زراعی در سال ۱۳۷۶

نوع محصول	نسبت میزان تولید به سطح زیر کشت	رتبه
فلات	۱/۷۸	۶
حبوبات	۰/۵۲۸	۷
محصولات صنعتی	۱۰/۶۶	۳
سبزیجات	۲۲/۰۷	۱
محصولات جالیزی	۱۵/۸۶	۲
نباتات علوفه‌ای	۹/۴۹	۴
محصولات دایمی (باغی)	۶/۶۷	۵

نقل از منبع شماره (۱)

www.SID.ir

Archive of SID

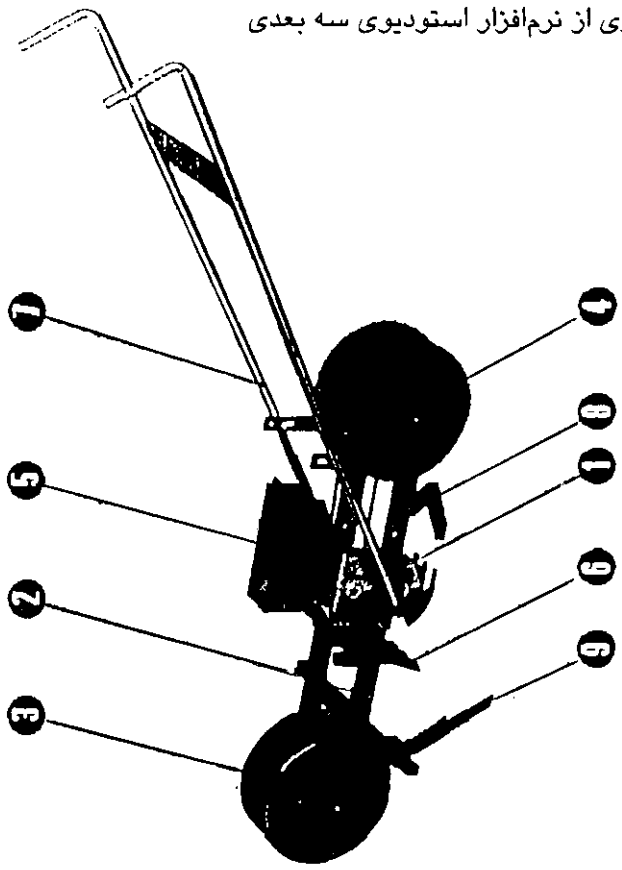
بنابراین هدف‌از این پژوهش طراحی و ساخت یک ریزدانه کار با تأکید بر استفاده از موزع مکانیکی بوده است. از بین موزع‌های صفحه‌ای افقی، مورّب و عمودی، مقسم‌های صفحه‌ای افقی برای بذور بزرگ مانند ذرت مناسب می‌باشند و مقسم‌های صفحه‌ای مورب به شدت تحت تأثیر ارتعاشات قرار گرفته و در سرعتهای بالا عملکرد خوبی ندارند. با توجه به این معایب مقسم صفحه‌ای عمودی برای بذرکار مورد بحث در نظر گرفته شد(۲).

مواد و روشها

ابتدا اجزای مختلف ماشین با استفاده از اتوکد بصورت دوبعدی طراحی گردیدند. با استفاده از امکانات نرم‌افزار مزبور شکل سه بعدی ماشین تهیه و به منظور تحلیل استاتیکی و دینامیکی به نرم‌افزار نیسا انتقال داده شد. سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار استودیوی سه بعدی عملکرد ماشین شبیه‌سازی و قبل از اقدام به ساخت مورد بررسی قرار گرفت و بعد از حصول اطمینان نسبی از صحت کار ماشین اقدام به ساخت و مونتاژ قطعات گردید.

مکانیزم

بذرکار مورد طراحی که اجزاء مختلف آن در شکل ۱ دیده می‌شود شامل چهار قسمت اصلی شاسی، انتقال توان، تغذیهٔ بذر و اجزای درگیر در خاک می‌باشد. شاسی تماماً از تسمه‌های فلزی ساخته شده است و وزن شاسی و متعلقات آن به درگیری مؤثر چرخ محرک عقب با زمین کمک کرده و از سُرش آن جلوگیری می‌کند. توان لازم توسط انسان و از طریق دسته به ماشین انتقال یافته و نیروی لازم برای به کار انداختن اجزای موزع از طریق چرخ عقب تأمین می‌شود.



شکل ۱ـ اجزاء و قطعات تشکیل‌دهنده ماشین ریزدانه کار

۱ـ موزع ۲ـ شاسی ۳ـ چرخ جلو ۴ـ چرخ عقب ۵ـ مخزن بذر
۶ـ شیار بازکن‌ها ۷ـ دسته ۸ـ پوشاننده شیار ۹ـ علامت‌گذار یا مارکر

www.SID.ir

Archive of SID

مخزن بذر که می‌تواند در حدود ۷۹۹۰۰ بذر پوشش‌دار را در خود جای دهد از ورق ساخته شده است. اجزای درگیر در خاک عبارتند از: شیار بازکن، ماله و پوشانندهٔ شیار. این ماشین از ۹۶ قطعهٔ استاندارد خریدنی و ۲۹ مجموعه و قطعهٔ ساختنی تشکیل شده است و وزن آن ۶۰/۶۴۱ کیلوگرم می‌باشد.

موزع (شکل ۲) که حساس‌ترین قسمت ماشین است از نه قطعه تشکیل یافته و اصلی‌ترین قطعات نه‌گانهٔ موزع را چرخ موزع (شکل ۳) تشکیل می‌دهد. در حالت سکون ماشین، بذور ریخته شده از مخزن به داخل موزع در محفظه‌ای کوچک واقع در بین ورقهای نگهدارنده، چرخ موزع، چرخ بذر ـ تک ـ کن، پوسته و درپوش موزع محدود گردیده و در داخل حفره‌های چرخ موزع قرار می‌گیرند. با شروع حرکت ماشین چرخهای موزع و بذر ـ تک ـ کن که حرکت خود را از چرخ عقب می‌گیرند در جهت خلاف ساعت سو به دوران در می‌آیند. از آنجائی که عمق حفره‌ها بر روی چرخ موزع متناسب با قطر بذر می‌باشد و از طرفی بذر ـ تک ـ کن بذرهای اضافی را از روی حفره دور می‌کند، بنابراین از استقرار بیش از یک بذر در هر حفره ممانعت می‌گردد. همچنین شیارهای شیبداری در جهت دوران وجود دارند که به حفره‌ها منتهی شده و شیب آنها به طرف حفره می‌باشد. این شیارها بذور را به حفره هدایت کرده و احتمال پرشدگی حفره را بالا می‌برند. بر روی چرخ موزع ۴۵ حفره وجود دارد که از ۳ ردیف ۱۵تایی تشکیل شده‌اند. نظر به اینکه چرخ موزع و چرخ بذر ـ تک ـ کن در یک جهت دوران می‌کنند، لذا جهت بردارهای سرعت مماسی آنها در نقطهٔ تماس خلاف یکدیگر هستند و این امر موجب می‌شود بذور اضافی از حفره‌ها دور شوند. بذور محبوس در داخل حفره‌ها توسط بیرون‌اندازها از حفره‌ها خارج شده و به داخل شیارهای ایجاد شده بر روی خاک سقوط می‌کنند. پوسته، چرخ موزع و چرخ بذر ـ تک ـ کن همه از آلومینیوم ریخته‌گری شده و سپس مطابق نقشه‌های تهیه شده ماشین‌کاری گردیده‌اند. به منظور افزایش اصطکاک بین بذور و چرخ دورکننده، سطح چرخ بذر ـ تک ـ کن با مادهٔ پلاستیکی پوشانده شده است.

بررسی‌های استاتیکی و دینامیکی

مقاومت استاتیکی هر شیار بازکن در برابر حرکت با توجه به مشخصات هندسی و سرعت پیشروی برای خاک با بافت متوسط محاسبه گردید(۱۰):

$$P_p=2N\sin\frac{\alpha}{2}+2T\cos\frac{\alpha}{2}+2T_1 \qquad [1]$$

که در آن:

N= نیروی عمود وارده بر دیوارهٔ گوه‌ای تیغه

T= نیروی اصطکاک بین خاک و دیوارهٔ گوه‌ای تیغه

T_1= نیروی اصطکاک بین خاک و دیوارهٔ جانبی تیغه

α= زاویهٔ گوه تیغه

مقاومت دینامیکی از رابطه [۲] محاسبه گردید(۸):

$$P_V=P_P+KV^2 \qquad [2]$$

در این فرمول:

P_V= مقاومت کششی در سرعت V، N

P_P= مؤلفهٔ استاتیکی مقاومت کششی، مستقل از سرعت، N

V= سرعت پیشروی، km/h

K= ۰/۹۵

بدین ترتیب برای سرعت ۲/۴km/h، مقاومت کل برای سه شیار بازکن ۳۶۹N محاسبه شد. بارهای عمودی روی چرخ جلو و عقب با توجه به مشخصات ماشین و با استفاده از روابط کلاسیک استاتیک به ترتیب ۲۶۳/۵N و ۳۳۶/۵N محاسبه گردید.

متوسط مقاومت غلتشی چرخ جلو و عقب از رابطهٔ اساسی:

$$TF=\frac{1}{d}K\frac{W^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{b}} \qquad [3]$$

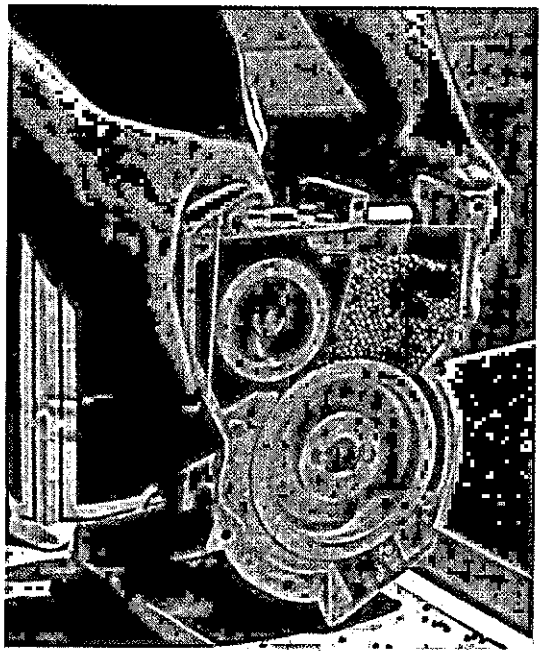
برای خاک دارای بافت متوسط به ترتیب برابر ۸۴N و ۱۲۱N محاسبه گردید. توان لازم برای به حرکت درآوردن موزع به دلیل عدم دسترسی به ابزار لازم قابل اندازه‌گیری نبود ولی با توجه به مشاهدات تجربی به نظر نمی‌رسد این مقدار از ۸۰ وات تجاوز نماید.

آزمایش‌ها

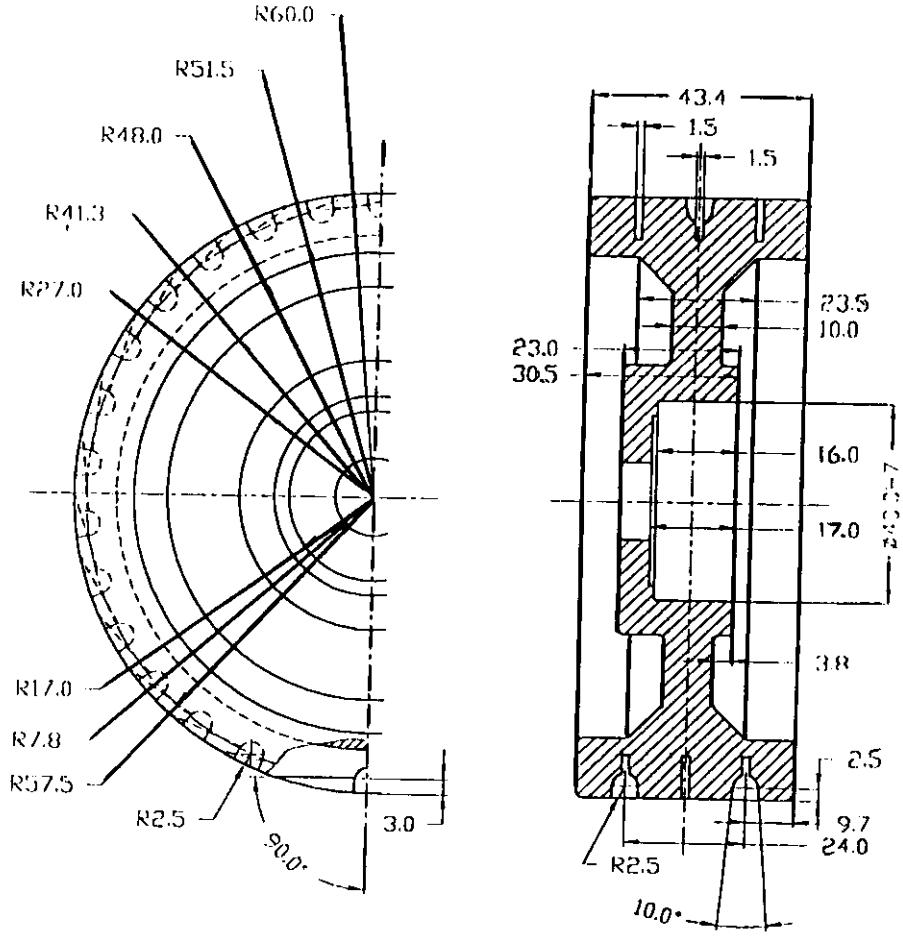
ارزیابی ماشین در چهار مرحلهٔ آزمون اولیه،

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲ـ موزع ماشین ریز دانه کار طراحی شده



شکل ۳ـ چرخ موزع ماشین ریزدانه کار طراحی شده

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون بعد از بهینه‌سازی، آزمون بستر شنی و آزمون‌های مزرعه‌ای انجام گرفت.

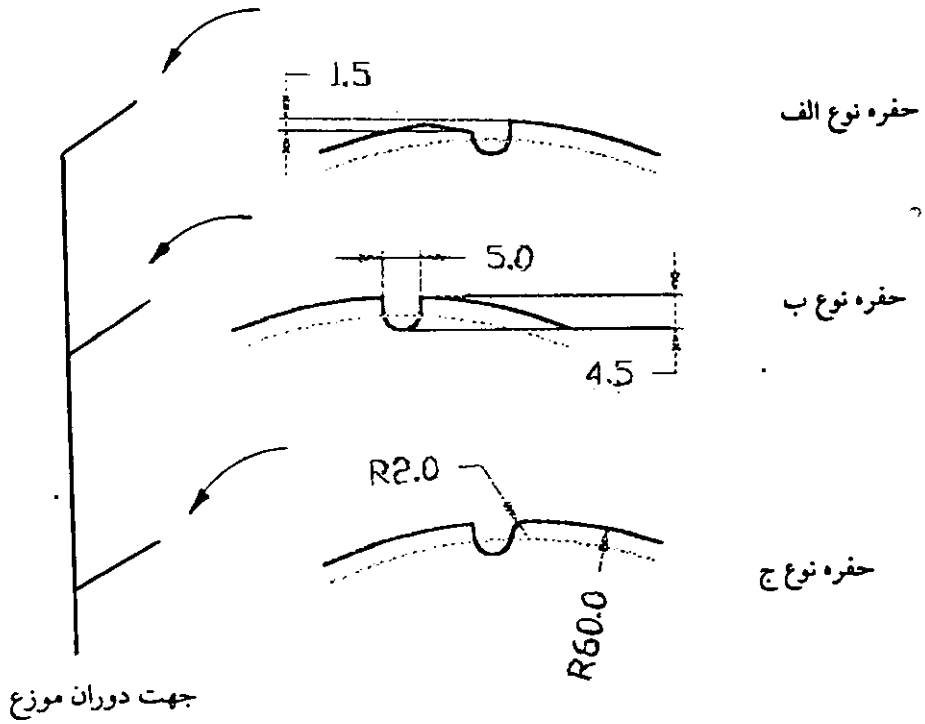
آزمون اولیه

هدف از این آزمون بررسی ابتدایی میزان خروج بذر از لولهٔ سقوط در سرعتهای متفاوت ماشین بود. بدین منظور از ساچمه‌های پلی‌اتیلنی به قطر متوسط ۳ میلی‌متر بجای بذر استفاده گردید. آزمایش در روی سطح بتن، در طول ۱۲ متر انجام گرفت. اندازه‌گیری سرعت حرکت ماشین از طریق مدرج کردن سطح بتن و اندازه‌گیری زمان لازم برای پیمودن طول مزبور صورت گرفت. در این آزمون ابتدا ساچمهٔ کافی در داخل مخزن ریخته شد. سپس در زیر لولهٔ سقوط یک عدد کیسهٔ پلاستیکی برای جمع‌آوری ساچمه‌های خروجی نصب گردید. آزمون در هفده سرعت مختلف در محدودهٔ ۱/۸ تا ۵ کیلومتر بر ساعت و سه تکرار برای هر سرعت انجام شد و میانگین تکرارها محاسبه و رابطهٔ بین سرعت پیشروی و مقدار پاشش بذر به دست آمد(معادلهٔ ۲۱ و شکل ۶).

آزمون بعد از بهینه‌سازی موزع

یک مدل چوبی مطابق شکل ۳ تهیه گردید و قطعهٔ آلومینیومی به روش قالب‌گیری ماسه‌ای ریخته‌گری و ماشین‌کاری شد. در شکل ۴ مشاهده می‌گردد به منظور به حداقل رساندن صدمات مکانیکی بذر، موزع برای سه نوع حفرهٔ که از نظر هندسی تفاوتهایی داشتند مورد آزمون قرار گرفت. در حفرهٔ نوع الف عمق از ۵ به ۴/۵ میلی‌متر کاهش داده شد و سطح شیبداری که وظیفهٔ هدایت بذر به حفره را به عهده داشت از سطح استوانهٔ موزع شروع و در عمق ۱/۵ میلی‌متری از سطح استوانه به حفره منتهی شد.این عمق در طرح اولیه ۳ میلی‌متر بود. قطر موزع نیز از ۱۲۰ به ۱۱۸ میلی‌متر کاهش داده شد.

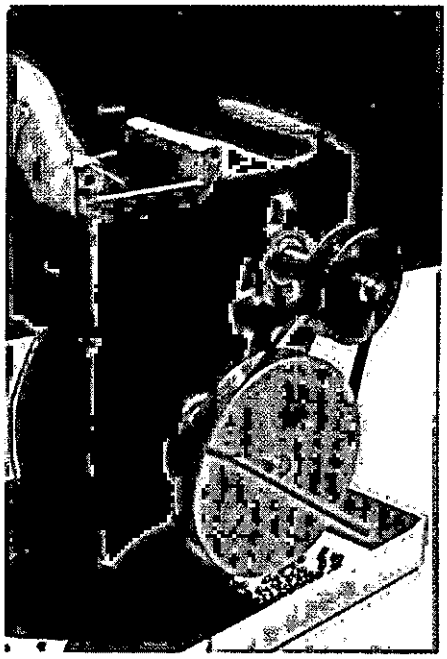
بعد از انجام این تغییر سیستم موزع از دستگاه جدا شد و امکان به حرکت درآوردن سیستم در روی میز فراهم گردید(شکل ۵).



شکل ۴ـ سه نوع حفره چرخ موزع ریزدانه کار طراحی شده جهت دوران چرخ موزع

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵ـ آزمون کارگاهی موزع از نظر اثر شکل حفرهٔ چرخ موزع در ماشین ریزدانه کار

برای انجام مشاهدات عینی در دیوارهٔ محفظهٔ سیستم موزع از پلاستیک شفاف استفاده گردید تا نحوهٔ انتقال بذر قابل مشاهده باشد. آزمون‌ها برای هر سه نوع حفره و با مخزن $\frac{۱}{۸}$ پر انجام گرفت(۵) و ضریب پرشدگی عملی نسبت به تعداد کل بذرها در پرشدگی تئوری ۱۰۰ درصد محاسبه گردید. در حفرهٔ نوع ب(شکل ۴) شیب منتهی به حفره‌ها با مواد پرکننده پر شده است و در حفرهٔ نوع ج علاوه بر تغییرات یاد شده تغییری در انتهای دیوارهٔ حفره ایجاد شده است.

آزمون بستر شنی

در این آزمون بذرکار دستی با بذرکار بادی مورد مقایسه قرار گرفت. این آزمون براساس استاندارد BS6978:Part1:1998 صورت گرفت(۴). برای بذرکار دستی کاشت در بستر شنی در سرعت پیشروی حدود ۳ کیلومتر بر ساعت و در سه تکرار انجام گرفت. در این آزمون پوشاننده از بذرکار دستی جدا شد و در هر تکرار فاصلهٔ تمامی بذرها و عمق ۱۰ بذر اندازه‌گیری شد.

برای بذرکار بادی عملیات در سرعتهای پیشروی ۳ و ۵ کیلومتر بر ساعت در دو تکرار انجام شد و نمونه‌گیری از سه ردیف وسط و در ۱۰ متر وسط هر ردیف صورت گرفت. این بذرکار توسط تراکتور MF285 حمل می‌شد.

در هر دو بذرکار فاصلهٔ نظری کاشت (X_{ref}) برای ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شد و با استفاده از فاصلهٔ اندازه‌گیری شده (X_i)، متغیر $X'_i=\frac{X_i}{X_{ref}}$ [۴] تعریف و در کلاسهایی بجز اولین کلاس به طول ۱ قرار گرفت. تعداد کل نمونه‌ها در هر کرت N، تعداد نمونه‌های هر کلاس n_i و فراوانی نسبی آنها F_i ($F_i=\frac{n_i}{N}$)نامیده‌شد.مقادیر X_iبه‌پنج‌دامنهٔ‌کلی‌زیرتقسیم‌شدند:

$n'_۱= \Sigma_{ni}(X'_i \in \{۰ \text{ تا } \leq ۰/۵\})$ $\{۰ \text{ تا } \leq ۰/۵\}$ [۵]

$n'_۲= \Sigma_{ni}(X'_i \in \{ >۰/۵ \text{ تا } \leq ۱/۵\})$ $\{ >۰/۵ \text{ تا } \leq ۱/۵\}$ [۶]

$n'_۳= \Sigma_{ni}(X'_i \in \{ >۱/۵ \text{ تا } \leq ۲/۵\})$ $\{ >۱/۵ \text{ تا } \leq ۲/۵\}$ [۷]

$n'_۴= \Sigma_{ni}(X'_i \in \{ >۲/۵ \text{ تا } \leq ۳/۵\})$ $\{ >۲/۵ \text{ تا } \leq ۳/۵\}$ [۸]

$n'_۵= \Sigma_{ni}(X'_i \in \{ >۳/۵ \text{ تا } +\infty\})$ $\{ >۳/۵ \text{ تا } +\infty\}$ [۹]

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد کل داده‌ها بصورت معادله [۱۰] تعریف شد:

$$N=n'_1 + n'_2 + n'_3 + n'_4 + n'_5 \quad [10]$$

سپس، اعداد زیر با توجه به مطالب یاد شده تعریف شدند.

تعداد کپه‌ها: $n_2=n'_1$ [۱۱]

تعداد بذرهایی که بصورت نرمال (به فاصلهٔ ۱۰cm از یکدیگر) کاشته شده‌اند:

$$n_1=N-n_2 \quad [12]$$

تعداد نکاشت: $n_0=n'_3+2n'_4+3n'_5$ [۱۳]

تعداد فواصل نظری: $n'=n'_2+2n'_3+3n'_4+4n'_5$ [۱۴]

معیارهای ارزیابی عملکرد ماشین کاشت ردیفی براساس فاصلهٔ نظری کاشت بصورت زیر محاسبه شد(۳):

- میانگین: میانگین X_iها در دامنهٔ ۲ از طریق معادله [۱۵] محاسبه شد:

$$\bar{X}=\frac{\Sigma niXi}{n'_2} \quad [15]$$

بدیهی است برای بدست آوردن میانگین فاصله بذرها باید $\bar{X}$ را در X_{ref} (۱۰ سانتی‌متر) ضرب کرد.

- شاخص کیفیت تغذیه: $A=\frac{n_1\times 100}{N'}$ [۱۶]

- شاخص کپه‌کاری: $D=\frac{n_2\times 100}{N'}$ [۱۷]

- شاخص نکاشت: $M=\frac{n_0\times 100}{N'}$ [۱۸]

- شاخصهای دقت:

شاخصهای انحراف معیار σ و ضریب تغییرات (CV) در دامنهٔ ۲ محاسبه شد:

$$\sigma=\sqrt{\frac{\Sigma n_i X_i^2}{n'_2} - \bar{X}^2} \quad [19]$$

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}}\times 100 \quad [20]$$

آزمون‌های مزرعه‌ای

این آزمون‌ها در مزرعه سبزیکاری ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز بصورت فاکتوریل ۲×۲ در قالب بلوکهای کامل تصادفی اجرا شد. فاکتور اول نوع ماشین در دو سطح کارندهٔ دستی (M) و کارندهٔ بادی (P) و فاکتور دوم نوع بستر بذر با دو سطح شخم ـ دیسک خورده و شخم رتیواتور خورده (R) بود.

عملیات کاشت با استفاده از دو بذرکار با سرعت پیشروی ۳ کیلومتر بر ساعت برای بذرکار دستی و ۳ و ۵ کیلومتر بر ساعت برای بذرکار بادی با عمق کاشت ۲/۵ سانتی‌متر و با فاصلهٔ ردیفهای کاشت ۴۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر انجام شد.

پس از جوانه‌زنی بذور فاصلهٔ تمامی بوته‌ها در سه ردیف وسط هر کرت اندازه‌گیری شد و تمامی شاخص‌هایی که در آزمون بستر شنی برای فاصلهٔ بذرها محاسبه شده بود برای فواصل بوته‌ای نیز محاسبه شد.

- شاخص‌های درصد سبز از رابطهٔ:

$$E=\frac{Z}{P\times C\times G}$$

که در آن Z تعداد کل جوانه‌ها در هر کرت، تعداد نظری بذر کاشته شده (۳۰۰ بذر)، C درصد پرشدگی موزع و G درصد قوهٔ نامیهٔ بذر محاسبه گردید.

- میانگین عمق کاشت، پس از جوانه‌زنی با قطع بوته‌ها هم سطح خاک و اندازه‌گیری محل قطع شده تا محل بذر بدست آمد.

- میانگین قطر هیپوکوتیل، بوسیلهٔ کولیس در فاصلهٔ ۲ میلی‌متری از محل قطع بوته اندازه‌گیری شد.

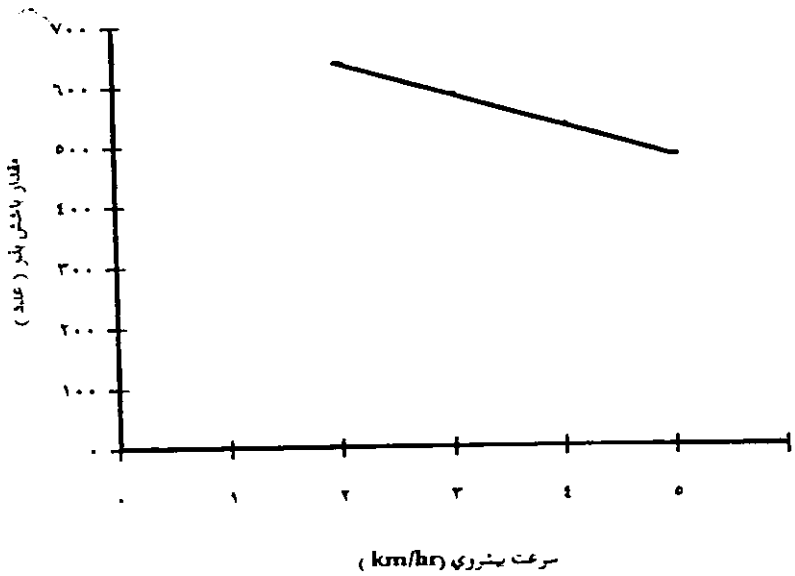
- شاخص سطح برگ بوته‌ای با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ با Leaf area meter انجام شد و وزن خشک بوته با استفاده از روش آون در هر کرت اندازه‌گیری و محاسبه شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار MSTATC تجزیه و مقایسه گردیدند. نمودارهای فراوانی نسبی فواصل بین بذرها و فواصل بین بوته‌ای برای کرت توسط نرم‌افزار هاروارد‌گراف (HG) ترسیم شد.

نتایج و بحث

معادلهٔ ۲۱ تعداد بذرپاشیده شده را بصورت تابعی از سرعت پیشروی بذرکار دستی نشان می‌دهد که از آزمون اولیه ماشین بذرکار دستی حاصل شد. در این معادله X سرعت پیشروی برحسب کیلومتر بر ساعت و Y تعداد بذر پاشیده شده را نشان می‌دهد. شکل منحنی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶ـ منحنی تغییرات مقدار بذر پاشیده شده نسبت به سرعت حرکت

$$Y=741-52X \qquad [21]$$

(سرعت = X ، تعداد بذر = Y)

مربوط به معادلهٔ ۲۱ را نمایش می‌دهد. شایان ذکر است که این معادله تقریباً در محدودهٔ ۱/۸۲۸km/h<X<۵/۰۳۹km/h خطی بود.

پس از انجام تغییرات در شکل حفره و مقایسهٔ عملکرد سه نوع حفرهٔ الف، ب و ج نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که مابین سه تیمار شکل حفرهٔ موزع از نظر شاخصهای درصد شکستگی کلی و درصد پرشدگی موزع اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. حفرهٔ نوع ج با درصد شکستگی کلی ۱/۲۴ درصد بهترین عملکرد را داشته است و حفرهٔ نوع الف با میانگین ۳۴/۷ درصد بیشترین صدمات را به بذرها وارد کرده است (جدول ۲).

همچنین درصد پرشدگی موزع برای حفرهٔ نوع الف با میانگین ۱۰۵/۷ درصد بطور معنی‌داری با حفره‌های نوع ب و ج متفاوت بود. در حالیکه حفره‌های نوع ب و ج از نظر پرشدگی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. کاهش پرشدگی موزع در حفره‌های نوع ب و ج می‌تواند ناشی از شیب راهنما باشد. ولی با توجه به اینکه پرشدگی ۱۰۵/۷ درصد در مورد حفرهٔ نوع الف نشان‌دهندهٔ حمل بیش از یک بذر توسط بعضی از حفره‌ها بوده و باعث افزایش شاخص کپه‌کاری خواهد بود و همچنین با توجه به درصد شکستگی کمتر برای حفرهٔ نوع ج، می‌توان نتیجه گرفت که

جدول ۲ـ میانگین‌های شاخصهای آزمون موزع مکانیکی

تیمار	میانگین شاخصهای اندازه‌گیری شده	
	درصد شکستگی کلی	درصد پرشدگی موزع
حفره نوع الف	۳۴/۷۰ a	۱۰۵/۷ a
حفره نوع ب	۱۰/۸۳ b	۹۶/۶۷ b
حفره نوع ج	۱/۲۴۳ c	۹۷/۶۷ b

P=٪۱ (آزمون دانکن)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ـ میانگینهای شاخصهای آزمون بستر شنی

تیمار	شاخصها					
	میانگین فاصلهٔ بذرها	کیفیت تغذیه	کپه‌کاری	نکاشت	عمق	درصد پرشدگی موزع
بذرکاردستی (سرعت ۳km/h)	۱/۰۵ a	۸۱/۷۲ ab	۹/۴۴	۸/۸۴ b	۱/۶۵ b	۹۶/۴۰ a
بذرکار بادی (سرعت ۳km/h)	۰/۹۴ b	۸۶/۲۶ a	۰/۰۰	۱۳/۷۴ ab	۲/۶۶ a	۹۲/۰۰ b
بذرکار بادی (سرعت ۵km/h)	۰/۹۳ b	۷۹/۹۶ b	۰/۰۰	۲۰/۰۱ a	۲/۴۷ a	۸۷/۶۷ c

P=٪۱ (آزمون دانکن)

حفرهٔ نوع ج بهترین انتخاب برای موزع بذرکار دستی بوده‌و کاهش جزئی درصد پرشدگی موزع در این حالت قابل توجه نیست. البته لازم است تحقیقات بیشتری در مورد عوامل مؤثر در پرشدگی از قبیل شکل حفره‌های موزع، سطح تماس بذر و موزع، مکانیزم بذر ـ تک ـ کن و سرعت محیطی موزع و بذر ـ تک ـ کن (۶) برای این بذرکار انجام گیرد.

میانگینهای تیمارهای مورد آزمایش از نظر شاخصهای آزمون بستر شنی در جدول ۳ درج شده است. فاصلهٔ بذرها در بذرکار دستی با میانگین ۱۰/۰۵[1] سانتی‌متر بطور معنی‌داری با دو تیمار دیگر متفاوت بود. اما با در نظر گرفتن فاصلهٔ تنظیمی ۱۰ سانتی‌متر می‌توان گفت که هر دو بذرکار بذرها را با تغییرات اندکی نسبت به فاصلهٔ تنظیمی کاشته‌اند.

اثر غیریکنواختی سرعت پیشروی بذر کاردستی روی فاصلهٔ بذرها را نباید از نظر دور داشت. بدیهی است غیریکنواختی ناشی از هدایت بوسیلهٔ نیروی انسانی است.

با توجه به اینکه از نظر شاخص کیفیت تغذیه بین دو بذرکار در سرعت پیشروی ۳ کیلومتر بر ساعت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد و نظر به هزینهٔ پایین‌تر، استفاده از بذرکار دستی در مزارع کوچک مناسبتر به نظر می‌رسد.

میانگین شاخص کپه‌کاری برای بذرکار دستی بطور معنی‌داری با دو تیمار دیگر متفاوت بود. زیاد بودن این شاخص برای بذرکار دستی را می‌توان ناشی از عملکرد ضعیف سایر اجزای کارنده از قبیل لولهٔ سقوط دانست.

از نظر شاخص نکاشت تفاوت معنی‌داری بین بذرکار دستی و بادی در سرعت پیشروی ۳ کیلومتر بر ساعت وجود نداشت. عمق کاشت بذرکار دستی به طور معنی‌داری متفاوت از عمق کاشت بذرکار بادی بود. علت احتمالی این را می‌توان به عملکرد ضعیف شیار بازکن نسبت داد. در حین انجام آزمون مشاهده شد که به علت فاصلهٔ موجود بین شیار بازکن و تثبیت‌کنندهٔ کف شیار و نیز عدم کارکرد تثبیت‌کنندهٔ بذرکار دستی، قبل از استقرار بذر در شیار، مقداری از خاک به داخل شیار برگشته و باعث کاهش و غیریکنواختی عمق کاشت می‌شود.

میانگین درصد پرشدگی موزع سه تیمار در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. با افزایش دادن اندازهٔ حفره‌های موزع می‌توان افزایش پرشدگی در موزع بذرکار دستی را مجدداً بررسی نمود. البته ذکر این نکته لازم است که کاهش درصد پرشدگی این بذرکار از ۹۷/۶ برای آزمون کارگاهی به ۹۶/۴ برای آزمون بستر شنی می‌تواند ناشی از ارتعاش ناشی از عملیات کاشت باشد. بطور کلی پژوهشها نشان داده‌اند که بازده کاشت و درصد تک‌دانه کاری برای موزع بادی بطور معنی‌داری بیشتر و درصد نکاشت و کپه‌کاری به طور معنی‌داری نسبت به بذرکارهای مکانیکی کمتر است(۸).

تجزیهٔ واریانس شاخص‌های آزمون مزرعه‌ای (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثر فاکتور بذرکار بر روی شاخص‌های میانگین فاصلهٔ بین بوته‌ای، دقت (C) در دامنهٔ ۲، کیفیت تغذیه (A)، کپه‌کاری (D)، نکاشت (M)، درصد سبز(E)، انحراف از خط کاشت، سطح برگ بوته‌ای و وزن خشک بوته در سطح احتمال ۱٪ و در مورد شاخص‌های عمق کاشت و قطر هیپوکوتیل در سطح

۱ـ طبق استاندارد در تجزیهٔ واریانس فواصل بین بذرها (اندازه‌گیری‌شده) به فاصله نظری کاشت(۱۰ سانتی‌متر) تقسیم شده است.

www.SID.ir

جدول ۴ـ تجزیه واریانس شاخصهای آزمون کاشت مزرعه‌ای

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین‌فاصله بین بوته‌ای	دقت	کیفیت تغذیه	کپه‌کاری	نکاشت	عمق	درصد سبز	انحراف از خط کاشت	قطر هیپوکوتیل	سطح برگ بوته‌ای	وزن خشک بوته
		میانگین مربعات										
تکرار	۳	۰/۰۰۳**	۷/۴۰۴$^{n.s}$	۲/۸۹۱$^{n.s}$	۰/۰۳۶$^{n.s}$	۶/۷۹۱$^{n.s}$	۰/۰۴۰$^{n.s}$	۳۰/۱۸۳$^{n.s}$	۰/۰۰۸$^{n.s}$	۰/۰۰۱$^{n.s}$	۲۰/۳۱۹$^{n.s}$	۰/۰۰۱$^{n.s}$
بذرکار	۱	۰/۰۳۷**	۳۴۰/۵۵۸**	۹۲۵/۷۹۳**	۱۲/۳۰۰**	۶۸۳/۴۳۹**	۰/۱۵۰*	۱۲۴۷/۰۲۶**	۳/۳۰۳**	۰/۰۰۲*	۷۷۵/۶۲۲**	۰/۰۴۸**
بستر کشت	۱	۰/۰۰$^{n.s}$	۲۷/۶۱۹$^{n.s}$	۲۷۱/۶۱۲**	۰/۰۷۳$^{n.s}$	۲۵۵/۱۶۵**	۰/۰۸۹$^{n.s}$	۴۶۰/۳۰۶**	۰/۰۰۱$^{n.s}$	۰/۰۰۰$^{n.s}$	۸۵/۷۴۸$^{n.s}$	۰/۰۰۲$^{n.s}$
بذرکار×بسترکشت	۱	۰/۰۰۳**	۳۵/۸۱۳$^{n.s}$	۲۴/۳۴۶$^{n.s}$	۰/۰۳۷$^{n.s}$	۱۰/۰۶۱$^{n.s}$	۰/۱۳$^{n.s}$	۴۴/۷۳۹$^{n.s}$	۰/۰۰۲$^{n.s}$	۰/۰۰۰$^{n.s}$	۳۳/۱۷۸$^{n.s}$	۰/۰۰۰$^{n.s}$
اشتباه	۹	۰/۰۰۰۱	۱۰/۲۰۳	۵/۹۱۸	۰/۱۶۰	۵/۹۹۹	۰/۱۸	۲۹/۵۶۸	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲	۳۳/۱۰۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات	-	۳/۰۰	۱۵/۸۸	۵/۴۷	۴/۳۰	۴/۴۵	۵/۸۱	۱۳/۰۷	۱۳/۵۹	۸/۳۱	۲۴/۲۳	۲۵/۱۳

n.s * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵ـ میانگینهای شاخصهای آزمون کاشت مزرعه‌ای**

تیمار		میانگین									
		میانگین فاصله بین بوته‌ای *	دقت	کیفیت تغذیه	کپه‌کاری	نکاشت	عمق*	درصد سبز	انحراف از خط کاشت	قطر هیپوکوتیل *	سطح برگ بوته‌ای	وزن خشک بوته
بذرکار	دستی	۱/۰۱۵ a	۲۴/۷۳۰ a	۳۶/۸۶۲ b	۱/۸۶۹ a	۶۱/۵۶۳ a	۲/۱۸۶ b	۳۲/۷۷۷ b	۱/۳۵۹ a	۰/۱۶۱ b	۱۶/۷۸۰ b	۰/۱۱۶ b
	بادی	۰/۹۱۸ b	۱۵/۵۰۳ b	۵۲/۰۷۶ a	۰/۱۱۶ b	۴۸/۴۹۱ b	۲/۳۸۰ a	۵۰/۴۳۴ a	۰/۴۵۰ b	۰/۱۸۳ a	۳۰/۷۰۵ a	۰/۲۲۶ a
بسترکشت	دیسک	۰/۹۷۳ a	۲۱/۴۳۰ a	۴۸/۵۸۹ a	۱/۰۵۹۶ a	۵۱/۰۳۴ b	۲/۲۰۹ a	۴۶/۹۶۹ a	۰/۹۱۳ a	۰/۱۶۷ a	۲۶/۰۵۸ a	۰/۱۸۲ a
	روتیواتور	۰/۹۶۰ a	۱۸/۸۰۲ a	۴۰/۳۴۹ b	۰/۹۲۵ a	۵۹/۰۲۱ a	۲/۳۵۷ a	۳۶/۲۴۲ b	۰/۸۹۶ a	۰/۱۷۶ a	۲۱/۴۲۷ a	۰/۱۶۱ a

** بغیر از متغیرهای عمق و قطر هیپوکوتیل در بقیهٔ موارد حروف غیرمشابه نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند.

* سطح احتمال ۵٪

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است. همچنین اثر فاکتور بستر کشت به شاخصهای کیفیت تغذیه، نکاشت و درصد سبز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بوده و در مورد سایر شاخص‌ها اثر معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. اثر متقابل بذرکار در بستر کشت در مورد هیچ‌یک از شاخص‌های آزمون مزرعه معنی‌دار نگردید.

میانگین‌های مربوط به فاکتورهای مورد بررسی از نظر شاخص‌های آزمون کاشت مزرعه‌ای در جدول ۵ مشاهده می‌شود. دلیل احتمالی بالا بودن شاخص میانگین فواصل بین بوته‌ای برای بذرکار دستی می‌تواند عملکرد ضعیف لولهٔ سقوط باشد. همچنین می‌توان گفت که پوشانندهٔ شیار نیز باعث جابجایی بذرها و افزایش میزان این شاخص شده است. شاخص کیفیت تغذیه نیز تحت تأثیر عوامل یاد شده در بذرکار دستی پایین بوده است. مقایسهٔ بسترهای کشت نیز مشخص‌می‌کند که عمل روتیواتور زنی بستر کشت بر روی این شاخص اثر منفی دارد.

بذرکار دستی در آزمون مزرعه‌ای از نظر شاخص کپه‌کاری عملکرد مطلوبی نداشته است. از آنجا که ابعاد حفره‌های موزع مکانیکی اجازهٔ حمل بیش از یک بذر را نمی‌دهد لذا عملکرد ضعیف لولهٔ سقوط و نیز جابجایی بذرها توسط پوشاننده را می‌توان از عوامل مؤثر در این مورد برشمرد. شاخص نکاشت در آزمون مزرعه‌ای بالاتر از شاخص نکاشت در آزمون بستر شنی بوده است (جدول ۳ و ۵). که این امر می‌تواند ناشی از کاهش درصد سبز و آنهم به دلیل ضعف در تثبیت‌کننده کف شیار و استقرار بذرها بر روی خاک سست باشد. پایین بودن این شاخص برای بستر روتیواتور خورده در مقایسه با بستر شخم خورده را می‌توان به سست شدن بستر و عدم تماس مناسب بین بذر و خاک نسبت داد.

دلیل کم بودن عمق کاشت در بذرکار دستی نسبت به عمق تنظیم شده می‌تواند به علت غیریکنواختی در عمق کاشت در اثر برگشت خاک به داخل شیار باشد و آنهم ممکن است ناشی از فاصلهٔ موجود بین شیار بازکن و تثبیت‌کننده شیار باشد که کلیهٔ این عوامل در نهایت روی سایر شاخص‌ها از قبیل درصد سبز و انحراف از خط کاشت مؤثر هستند.

با توجه به نتایج حاصل لازم است در تحقیقات آینده و به منظور بهینه‌سازی ماشین بذرکار دستی علاوه بر انجام آزمایشهای دقیق بر روی شکل حفره‌های موزع، در مورد اجزای درگیر در خاک نیز از قبیل شیار بازکن و تثبیت‌کنندهٔ کف شیار مطالعات بیشتری انجام گرفته و آنها را بهینه‌سازی کرد. همچنین برای یکنواخت‌تر کردن فاصلهٔ بذرها و کاستن از شاخص کپه‌کاری قسمت لولهٔ سقوط نیز باید مورد مطالعه مجدد قرار گیرد. البته در حال حاضر می‌توان با ساخت تعداد محدودی از این بذرکار و استفاده از آن در مزارع کوچک، عملکرد آنرا از نظر کیفیت محصول به دست آمده، مطالعه نمود.

علاوه بر این به منظور تعیین دقیق مقاومت کششی ماشین و توان موردنیاز لازم است قبل از انجام بهینه‌سازی، آزمایش کشش نیز انجام گیرد تا نتایج حاصل از آن در بهینه‌سازی ملحوظ شود.

سپاسگزاری

لازم می‌داند از همکاریهای مجدانهٔ مدیر عامل محترم شرکت ماشین‌آلات صنعتی تراکتورسازی جناب آقای مهندس هیهات و همچنین از پرسنل محترم واحد مهندسی تحقیقات و کارگاه تکسازی تولید این شرکت در ساخت این ماشین و نیز از همکاریهای سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان‌شرقی و نیز ادارهٔ جهاد کشاورزی بستان‌آباد در خصوص تأمین امکان بازدید از مزارع و تماس با زارعین و سرانجام از همکاریهای آقای مهندس قاسمی مسئول آزمایشگاه اصلاح بذر چغندرقند کرج و مدیریت و پرسنل ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان ـ دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز خصوصاً آقای مهندس کاظم‌نیا تقدیر و تشکر نماید.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

۱ـ بی‌نام ـ ۱۳۷۷، آمارنامهٔ کشاورزی سال زراعی ۷۶-۱۳۷۵. چاپ اول. انتشارات وزارت کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی.

۲ـ عادل‌زاده، رضا ـ ۱۳۷۸. آزمون و مقایسهٔ دو نوع ماشین ریزدانه کار. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳ـ مسرّت‌بخش، بهرام ـ ۱۳۷۸. طراحی و ساخت ماشین کاشت بذر هویج مناسب مزارع کوچک. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

4- Anonymous. 1988. Methods of test for single seed drills. BS 6978: Part 1. British Standards Institution.

5- Anonymous. 1995. RNAM test codes and procedures for farm machinery. Second edition. Regional Network for Agricultural Machinery United Nations.

6- Kepner, R.A., R. Bainer and E.L. Barger. 1982. Principles of farm machinery (3rd Ed.). The AVI Publishing Company Inc. Westport, Connecticut, USA.

7- Parish, R.L., P.E. Berger and R.P. Barcy. 1991. Comparison of vaccum and belt seeders for vegetable planting. Applied Engineering in Agriculture, Vol. 7(5): 537-540.

8- Shafii, S., A. Saso and S.K. Vpadhyaya. 1991. Air - Jet seed Simulation. Transactions of the ASAE, Vol, 34(5): 1973-1977.

9- Wilkins, D.E., P.A. Adrian and N.J. Conley. 1979. Punch planting of vegetable seed- a progress report. Transactions of the ASAE, Vol. 12(5): 746-749.

10- William, R.G. and E.V.B. Glen. 1968. Soil dynamic in tillage and traction. Iowa State University Press.

11- Zulin, Z., S.K. Upadhyaya, S. Shafii, and R.E. Garreti, 1991. A hydropneumatic seeder for primed seed. Transactions of the ASAE, Vol. 34(1): 21-26.

www.SID.ir