

مقاله پژوهشی

ساخت و ارزیابی ماشین پشت تیلری دو ردیفه کارنده سیر با موزع پیاله‌ای

محمدرضا بختیاری^{۱*}، قاسم اسدیان^۲، علی قاسمی^۳، حسن چهل‌امیران^۴، علی محمد جعفری^۵،
امیر منصوری‌آلام^۶، ارژنگ جوادی^۷، محمدعلی رستمی^۸ و امید قهرایی^۹

۱، ۲، ۵ و ۶- به ترتیب: دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ استادیار پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی؛ استادیار پژوهش بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی؛ و کارشناس بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۳- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه صنعتی واحد اصفهان، اصفهان، ایران
۴- کارشناس ماشین‌های کشاورزی و مدیرعامل شرکت ماشین زراعت همدان، همدان، ایران
۷- استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۸- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران
۹- استادیار بخش مهندسی مکانیک، دانشکده توسعه فناوری و کارآفرینی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۳۰

چکیده

سیر یکی از محصولات مهم کشور است که سالیانه در حدود چهار هزار هکتار زمین زیر کشت این محصول می‌رود. اما به دلیل فقدان ماشین‌های کاشت مناسب برای زمین‌های کوچک، کاشت آن به صورت دستی است که هزینه‌های زیادی دارد. در این تحقیق یک نمونه اولیه از ماشین کارنده دو ردیفه سیر با موزع پیاله‌ای برای کاشت سیرچه‌های بذری در مزارع کوچک ساخته شد که قابلیت اتصال به یک دستگاه تیلر یا تراکتورهای کوچک باغی را دارد. برای ارزیابی مزرعه‌ای این ماشین، دو فاکتور سرعت پیشروی و عمق کاشت سیر، با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بر فاکتورهای دقت ماشین و عملکرد محصول سیر بررسی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که اثر متقابل سرعت پیشروی و عمق کاشت بر فاکتورهای شاخص‌های نداشت، چندانکاشت و کیفیت تغذیه و عملکرد در سطح آماری ۱ درصد، و بر فاکتورهای میانگین فاصله سیرچه‌ها و تراکم در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار است. مناسب‌ترین سرعت پیشروی، یک کیلومتر در ساعت با عمق کاشت بین ۵ تا ۸ سانتی‌متر، و یا سرعت دو کیلومتر در ساعت و عمق کاشت حداکثر ۵ سانتی‌متر به دست آمد. بر اساس نتایج تحقیق، مقادیر میانگین فاصله کاشت روی ردیف، شاخص‌های نداشت، چندانکاشت و کیفیت تغذیه، تراکم کاشت و عملکرد سیر با سرعت یک کیلومتر در ساعت به ترتیب ۱۵/۶ سانتی‌متر، ۲۷/۸ درصد، ۷/۴ درصد، ۶۴/۸ درصد، ۲۱/۱ سیرچه در متر مربع و ۱۵۹۰۴/۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمدند.

واژه‌های کلیدی

تراکتور باغی، سیرکار، کاشت دستی، کاشت ماشینی

مقدمه

سیر^۱ یکی از قدیمی‌ترین، مهم‌ترین و پر مصرف‌ترین سبزی‌های ادویه‌ای جهان است (Torabi, 2017). ایران از لحاظ کشت سیر و مصرف آن قدمتی طولانی دارد. طبق آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)^۲، در سال ۲۰۲۱ سطح زیر کشت سیر در ایران در حدود ۴۸۵۹ هکتار با تولید ۵۹۸۶۰ تن و متوسط عملکرد ۱۲/۳۲ تن در هکتار است که از لحاظ تولید در رتبه بیست و سوم جهان جای دارد (Anon, 2021). استان همدان رتبه اول تولید سیر در کشور را دارد، طوری که از کل حجم سیر تولیدی در کشور، تقریباً نیمی از آن در این استان تولید می‌شود. سهم این استان با ۲۸۰۰ هکتار سطح زیر کشت در حدود ۶۲ درصد از تولید کل سیر کشور است (Torabi, 2017). طبق آمارنامه سال ۱۴۰۱ سازمان جهاد کشاورزی همدان، سطح زیر کشت سیر در استان در حدود ۳۴۲۸ هکتار با تولید ۳۷۷۶۵ تن و متوسط عملکرد ۱۱ تن در هکتار است.

سیر را به دو صورت «کرتی» و «ردیفی» می‌توان کاشت. در زمین‌های کوچک که جابه‌جایی تراکتور امکان‌پذیر نیست، کشت سیر باید به صورت «کرتی» باشد، اما سیستم کشت کرتی به همراه آبیاری غرقایی به دلیل افزایش بیماری‌های قارچی و باکتریایی منسوخ شده است، زیرا در این سیستم به دلیل تجمع بیش از حد آب در قسمت‌هایی از مزرعه و فراهم شدن شرایط رطوبتی، استقرار و فعالیت عوامل بیماری‌زای آب‌دوست افزایش می‌یابد. بنابراین، با توجه به معایب آبیاری غرقایی و بحران آب، استفاده از آبیاری نواری به منظور کاهش مصرف حدود ۵۴ درصدی آب توصیه می‌شود.

در کشت «ردیفی» سیر، کشاورزان عموماً سیر را به روش دستی کشت می‌کنند که این امر سبب افزایش هزینه‌های کارگری و صرف زمان زیادی می‌شود. در این حالت، سیرچه‌ها به فاصله‌های ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری روی ردیف و با فاصله ردیف‌های ۱۵ سانتی‌متری در عمق خاک قرار می‌گیرند، به نحوی که تراکم بوته در متر مربع بین ۶۷ تا ۱۳۳ عدد است. اگر متوسط اندازه سیرچه‌ها برای کشت بین ۵ تا ۱۰ گرم باشد، حدود ۳۳۵ تا ۱۳۳۰ گرم سیرچه در هر متر مربع کشت می‌شود. سیر نسبت به عمق کاشت بسیار حساس است. عمق مناسب برای کاشت سیر بین ۲/۵ تا ۵ سانتی‌متر متغیر است. عمق کاشت سیر وابسته است به نوع خاک، زمان کشت، دمای هوا و روش کاشت. هر چه تاریخ کاشت دیرتر شود، به منظور جلوگیری از یخ‌زدگی باید عمق را کمی بیشتر (حداکثر تا ۸ سانتی‌متر، با توجه به اندازه سیرچه‌ها) در نظر گرفت. در خاک‌های شنی که رطوبت خود را زودتر از دست می‌دهند، سیر باید در عمق بیشتری کشت شود (Nosraty, 2002).

در تحقیقی، یک رقم محلی از سیرچه در سه سطح وزنی ۰/۵۴، ۰/۷۶ و ۱/۰۸ گرم در فاصله‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متری به روش دستی کشت و گزارش شد که بهترین عملکرد مزرعه‌ای برای سیرچه‌های به دست آمد با وزن ۱/۰۸ گرم و فاصله ردیف‌های ۱۰ سانتی‌متر که عملکرد آن ۹/۰۳ تن در هکتار بوده است (Rahman & Das, 1985).

در تحقیقی دیگر، یک نمونه ماشین کارنده ۶ ردیفه با فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متری طراحی و ساخته شد (Unal & Keskin, 2005). با این ماشین سیرچه‌ها در فاصله‌های ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۴

1- Garlic (*Allium sativum*)

2- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

سانتی‌متری روی ردیف و با سه سرعت پیشروی ۱/۷، ۲/۶ و ۴/۷ کیلومتر بر ساعت در یک مزرعه کشت شدند. در این تحقیق فاصله بین سیرچه‌ها، درصد جوانه‌زنی و عمق کاشت به عنوان متغیرهای وابسته بررسی شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که همه متغیرهای مورد آزمایش به جز فاصله بین سیرچه‌ها دقت قابل قبولی داشتند.

در تحقیقی یک دستگاه ماشین کارنده سیر اصلاح و ارزیابی شد. سرعت حرکت این ماشین ۱/۸ کیلومتر بر ساعت با بازده مزرعه‌ای ۷۸ درصد بود. متوسط تراکم بوته کاشته شده با این ماشین ۶۵ بوته در متر مربع گزارش شد. درصد جوانه‌زنی سیرچه‌های کشت شده با این ماشین پس از ده روز از تاریخ کشت ۷۵/۶ درصد بود در حالی که میزان جوانه‌زنی برای سیرچه‌های کشت شده به روش دستی پس از ۱۰ روز از تاریخ کشت ۶۹/۶ درصد بود. همچنین، پس از ۲۰ روز از تاریخ کشت، درصد جوانه‌زنی برای روش مکانیزه و دستی به ترتیب برابر با ۸۸/۹ درصد و ۸۷/۴ درصد به دست آمد که در این مورد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Maheshwarr & Varma 2007).

بختیاری و لغوی (Bakhtiari & Loghavi 2009)، یک ماشین کاشت سیرچه‌های بذری را ساختند و ارزیابی کردند. این ماشین با تراکتور کشیده می‌شود و شامل شاسی، چرخ حمل و نقل، واحد بسترساز، مخزن بذر، موزع، کارنده، لوله سقوط، شیار بازکن و پوشاننده بذر است. در این ماشین، موزع‌ها توان خود را توسط یک زنجیر از یک چرخ‌زمین‌گرد می‌گیرند. ارزیابی آزمایشگاهی نشان داد که اجزای این ماشین به ویژه عملکرد موزع‌ها رضایت‌بخش است. متغیرهای مورد بررسی در آزمون مزرعه‌ای این ماشین شامل: میزان کاشت بذر، عمق

کاشت، فاصله کاشت، شاخص نکاشت، شاخص چندکاشت و آسیب‌های وارد شده به سیرچه‌ها بود. این ماشین قادر است ۲۲ سیرچه را در متر مربع حداکثر تا عمق ۱۲/۳ سانتی‌متر و فاصله کاشت بین ۵ تا ۲۲/۷ سانتی‌متر کشت کند. نتایج ارزیابی مزرعه‌ای نشان داد که شاخص‌های نکاشت، چندکاشت و درصد سیرچه‌های آسیب‌دیده این ماشین به ترتیب برابر با ۱۲/۲۳، ۲/۴۳ و ۱/۴۱ درصد هستند.

ساین و همکاران (Singh et al. 2006)، عملکرد مزرعه‌ای کاشت سیر به روش دستی را بررسی و ارزش اقتصادی و هزینه کارگری مورد نیاز برای کاشت سیر به روش سنتی را تعیین کردند، و گزارش دادند برای کاشت یک هکتار سیر با فاصله سیرچه‌ها روی ردیف‌ها ۷/۵ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۱۵ سانتی‌متر، حدوداً بین ۶۰ تا ۸۲ نفر کارگر مورد نیاز است. آنها همچنین گزارش کردند که ظرفیت مزرعه‌ای برای کاشت سیر در مقیاس کوچک آزمایشگاهی با دو نفر کارگر بین ۰/۱۸ تا ۰/۱۹ هکتار در ساعت است.

حیدری و همکاران (Heidari et al. 2013)، اثر کشت سیر به روش دستی و ماشینی را طی دو سال زراعی (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲) در مرکز تحقیقات کشاورزی استان همدان در خاکی با بافت لومی و شنی بررسی کردند. در این تحقیق سه روش کاشت (دستی، ماشینی و کاشت روی پشته) با فاصله‌های مختلف سیرچه‌ها روی ردیف (۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) بررسی و فاصله سیرچه‌ها روی ردیف، سرعت پیشروی، ظرفیت زراعی مؤثر و بازده مزرعه‌ای ماشین کاشت اندازه‌گیری شدند. نتایج تحقیق نشان داد که اثر روش‌های مختلف کاشت بر عملکرد سیر و فاکتور تعداد بوته در متر مربع در سطح احتمال یک

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، یک نمونه اولیه از ماشین پشت تیلری کارنده سیر ساخته و در مزرعه آزمایش و ارزیابی شد.

الف - ساخت

این ماشین از قسمت‌های اصلی زیر تشکیل شده: ۱- واحد کارنده، ۲- چرخ‌های متحرک و محرک (جهت انتقال نیرو و حمل و نقل)، ۳- صندلی راننده، ۴- محل اتصال به تیلر یا تراکتور باغی و ۵- شاسی (اصلی و فرعی). مهم‌ترین قسمت این ماشین، واحد کارنده آن است که از قسمت‌های مختلفی مانند سیستم اندازه‌گیری بذر (موزع یا مقسم بذر)، شیار بازکن، سیستم تنظیم عمق و سیستم تنظیم فاصله بین بذرها روی ردیف، مجرای انتقال سیرچه از مخزن بذر، مخزن بذر، پوشاننده، فشردن کننده، کلاچ و شاسی فرعی تشکیل شده است. لازم است توضیح داده شود واحد کارنده، یکی از مهم‌ترین قسمت‌های ماشین کارنده به منظور کاشت سیر است که وظیفه آن برداشت تک تک سیرچه‌ها از مخزن و انتقال سیرچه‌ها از مقسم (موزع) به درون خاک است به نحوی که سیرچه‌ها بدون آسیب دیدن درون خاک قرار گیرند. وظیفه دیگر این واحد ایجاد شیار V شکل در عمق مناسب خاک به منظور قرار دادن سیرچه‌ها در داخل حفره ایجاد شده در داخل خاک است. قسمت‌های مختلف این ماشین به شرح زیر توضیح داده می‌شود:

سیستم اندازه‌گیری بذر (موزع یا مقسم بذر): این واحد وظیفه اندازه‌گیری سیرچه‌های بذری را به منظور تحویل دقیق میزان بذر به واحد کارنده دارد. این واحد از قسمت‌های مهمی تشکیل شده که عبارت‌اند از: زنجیر عمودی، تعدادی پیاله که با

درصد معنی‌دار است. از نظر عملکرد نیز تیمار کاشت سیر به روش مکانیزه با فاصله کاشت ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف با میانگین عملکرد ۱۴۵۲۰ کیلوگرم در هکتار، بهترین عملکرد را نسبت به دیگر تیمارها داشته است.

در تحقیق دیگری اثر تراکم بوته، روش کاشت و اندازه سیرچه‌های بذری بر عملکرد سیر در استان همدان بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کاشت دو ردیفه سیرچه روی پشته (با فاصله ۵۰ سانتی‌متر) و با تراکم ۷۴۰ هزار بوته در هکتار و وزن متوسط ۵/۵ گرم، بیشترین عملکرد را دارد (Nosraty, 2002).

امروزه برای کاشت سیر، ماشین‌های متنوعی طراحی و به بازار عرضه شده است. این ماشین‌ها دو نوع هستند: ماشین‌های کارنده مکانیکی و ماشین‌های کارنده پنوماتیکی. ماشین‌های کارنده مکانیکی موجود نیز از لحاظ مقسم استفاده شده در آنها به سه دسته مختلف تقسیم می‌شوند. مقسم انگشتی (دیسکی)، مقسم پیاله‌ای و مقسم استوانه‌ای. همه این ماشین‌ها پشت تراکتوری و مناسب زمین‌های بزرگ هستند. اما با توجه به خرد بودن قطعات زمینی که برای کاشت سیر مناسب‌اند، و به دلیل نبود ماشین‌های کارنده مخصوص زمین‌های کوچک، تقریباً همه زمین‌های کوچک به روش دستی کشت می‌شوند. از آنجایی که همه ماشین‌های کارنده موجود، پشت تراکتوری هستند و قابلیت کاربرد در زمین‌های کوچک را ندارند، یک دستگاه ماشین پشت تیلری دو ردیفه مکانیکی با موزع پیاله‌ای برای کاشت سیر در مزارع کوچک ساخته شد. این ماشین قابلیت نصب شدن در پشت تراکتورهای سبک باغی را نیز دارد.

- سیستم انتقال توان: به منظور تنظیم فاصله بذرها روی ردیف و در نتیجه رسیدن به تراکم مناسب بوته در هکتار، به یک سیستم مناسب برای انتقال توان از چرخ زمین‌گرد به واحد موزع‌ها نیاز خواهد بود که قابلیت تنظیم نسبت دوران را داشته باشد. برای این منظور می‌توان با تنظیم و استفاده مناسب از این سیستم، سرعت دورانی زنجیر حامل پیاله‌ها را تغییر داد که این خود موجب تنظیم فاصله بذرها کاشته شده روی ردیف می‌شود.

- شاسی: این ماشین دارای دو عدد شاسی است: شاسی فرعی و شاسی اصلی. کلیه قطعات واحد کارنده روی شاسی فرعی نصب می‌شوند. از آنجایی که این کارنده دو ردیفه است، بنابراین دو واحد کارنده به همراه شاسی آنها (شاسی فرعی)، روی شاسی اصلی نصب می‌شوند. قسمت‌های دیگر مانند چرخ‌های متحرک و محرک (برای انتقال نیرو و حمل و نقل)، صندلی راننده و محل اتصال به تیلر یا تراکتور باغی نیز روی شاسی اصلی قرار می‌گیرند که این شاسی از طریق اتصالات خود به یک تیلر و یا تراکتور سبک باغی متصل می‌شود.

شکل ۱ نمای کلی ماشین کارنده پشت تیلری سیر در محیط نرم‌افزار سالید ورکز^۱ ۲۰۱۹ را به همراه اجزای اصلی آن نشان می‌دهد.

نمای سه بعدی این ماشین در شکل ۲ نشان داده شده است.

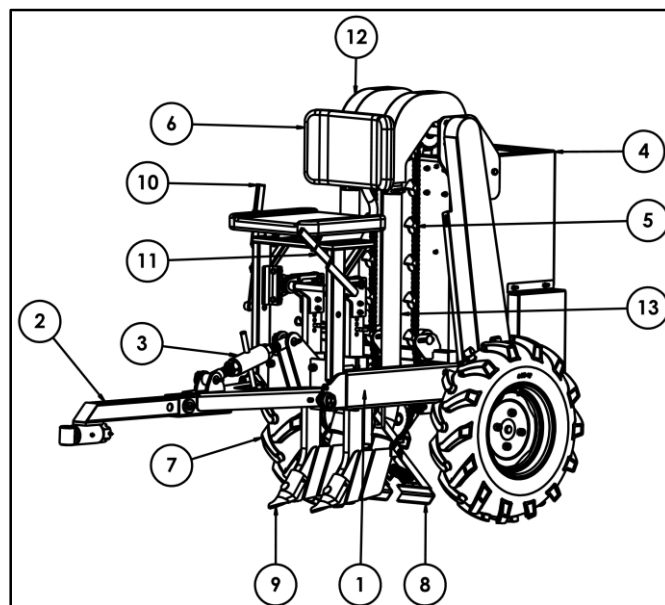
تصاویر واقعی ماشین کارنده سیر در شکل ۳ و شکل ۴ نشان داده شده است.

فاصله‌های معین روی زنجیر عمودی نصب شده‌اند، تک کن بذر، بذر انداز، و کانال خروجی بذر. در این نوع موزع، تعدادی پیاله روی یک زنجیر نقاله (جمعاً دو زنجیر نقاله برای دو ردیف کاشت) نصب شده‌اند که به صورت عمودی درون مخزن قرار می‌گیرند. با عبور این پیاله‌ها از درون مخزن سیرچه‌ها، در هر پیاله یک عدد سیرچه قرار می‌گیرد. با ادامه حرکت زنجیر نقاله به سمت بالا، سیرچه‌های درون پیاله‌ها از مخزن بالا می‌آیند و در ابتدای مسیر برگشت به سمت پایین، سیرچه‌ها به درون کانال خروجی هدایت می‌شوند و بر اثر نیروی وزن خود به داخل حفره ایجاد شده در داخل خاک (که توسط واحد حفره ساز، ایجاد شده است) رها می‌شوند.

- کلاچ: این قسمت وظیفه قطع و وصل توان را دارد تا در هنگام حمل و نقل ماشین از انتقال توان از چرخ زمین‌گرد به واحد موزع‌ها جلوگیری کند.

- واحد پوشاننده و فشردن روی بذر: پس از قرارگیری سیرچه‌ها در داخل شیار ایجاد شده توسط واحد کارنده، برای رشد و نمو سیرچه‌ها، لازم است روی آنها با خاک پوشیده و کمی فشرده شود تا بذرها به منظور جذب بهتر آب و مواد غذایی کاملاً با خاک تماس داشته باشند. این واحد وظیفه پوشاندن و فشردن خاک روی بذر را به عهده دارد که برای این منظور در ماشین حاضر از یک چرخ فشار مناسب استفاده شده است.

- مخزن بذر: به منظور نگهداری و حمل و نقل سیرچه‌ها در عملیات کاشت، واحد کارنده دارای یک مخزن بذر مناسب با حجم ۱۱۵ لیتر است.



شکل ۱- نمای کلی ماشین کارنده پشت تیلری سیر و بخش‌های اصلی آن

۱- شاسی، ۲- مالبند، ۳- بازوی وسط مالبند، ۴- مخزن بذر، ۵- موزع پیاله‌ای، ۶- صندلی راننده، ۷- چرخ حامل، ۸- پوشاننده، ۹- شیار بازکن، ۱۰- اهرم کلاچ، ۱۱- اهرم تنظیم موقعیت شیار بازکن، ۱۲- کانال خروجی سیرچه و ۱۳- لوله سقوط

Fig. 1- Schematic of the garlic planter and its main parts

1- Chassis, 2- Drawbar, 3- Drawbar middle arm, 4- Seed tank, 5- Cup seed metering system, 6- Driver's seat, 7- Carrier wheel, 8- Cover, 9- Groove opener, 10- Clutch lever, 11- Groove opener position adjustment lever, 12- Garlic clove outlet channel and 13- Fall tube



شکل ۲- نمای کلی ماشین کارنده پشت تیلری سیر (دید از چپ)

Fig. 2- Schematic of the tiller garlic planter machine (left view)



شکل ۳- ماشین کارنده سیر با موزع پیاله‌ای و نحوه اتصال به تیلر

Fig. 4- Garlic planter with a cup metering system and method of connecting it to a tiller



شکل ۴- ماشین پشت تیلری کارنده سیر با موزع پیاله‌ای و نحوه اتصال به تراکتور باغی

Fig. 5- Garlic planter with a cup metering system and method of connect it to a garden tractor

ب- ارزیابی

و کارایی ماشین، فاکتورهای ماشین و محصول به

شرح زیر ارزیابی شدند:

میانگین فاصله کاشت: در هر کرت آزمایشی، خطی به طول ۲ متر در سه تکرار در نظر گرفته شد و فاصله طولی بین سیرچه‌های کشت شده روی هر ردیف اندازه‌گیری گردید.

شاخص نکاشت^۱: این شاخص درصد سیرچه‌های کاشته نشده را نشان می‌دهد که از رابطه ۱ محاسبه شد. به این صورت که کلیه سیرچه‌هایی که فاصله

برای ارزیابی مزرعه‌ای ماشین کارنده سیر از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور استفاده شد. فاکتورهای مورد آزمایش عبارت‌اند از: سرعت پیشروی در دو سطح ۱ و ۲ کیلومتر در ساعت، و عمق کاشت در دو سطح ۵ و ۸ سانتی‌متر. لازم است گفته شود فاصله بین سیرچه‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Heidari et al., 2013). برای تعیین میزان دقت

1- Miss Index

قابل اندازه‌گیری می‌شود (Singh et al., 2014).

$$I_q = 100 - (I_{miss} + I_{mult}) \quad (۳)$$

که در آن،

I_q = شاخص کیفیت تغذیه (درصد) $(0.5x_s \leq I_q \leq 1.5x_s)$ ؛ و x_s = فاصله تئوری بین سیرچه‌ها در ردیف (سانتی‌متر).

تراکم سیرچه‌ها: با اندازه‌گیری تعداد سیرچه‌های کاشته شده در متر مربع در هر کرت آزمایشی، تراکم در واحد سطح محاسبه شد.

عملکرد^۲: عملکرد هر کرت در دو ردیف یک متری بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

بازده ماشین^۳ و ظرفیت مزرعه‌ای (تئوری و مؤثر): بازده ماشین بر حسب درصد و ظرفیت مزرعه‌ای تئوری (نظری) و مؤثر ماشین نیز بر حسب متر مربع در ساعت محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ آمده است. این جدول نشان می‌دهد بین سطوح مختلف سرعت پیشروی ماشین کارنده بر فاکتورهای میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف، شاخص نکاشت و شاخص چند کاشت، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و بر شاخص کیفیت تغذیه، در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. همچنین اثر سطوح مختلف سرعت پیشروی ماشین کارنده بر فاکتورهای تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع و عملکرد محصول، اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

بین آنها روی ردیف بیش از ۱/۵ برابر فاصله تئوری (۱۰ سانتی‌متر)، یعنی بیش از ۱۵ سانتی‌متر است، به عنوان سیرچه‌های کشت نشده^۲ در نظر گرفته شدند (Kachman & Smith 1995; Ismail, 2008; Singh et al., 2014).

$$I_{miss} = \frac{n_{miss}}{n_t} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن،

I_{miss} = شاخص نکاشت (درصد)؛ n_{miss} = تعداد سیرچه‌های کشت نشده در فاصله بیش از ۱/۵ برابر فاصله تئوری؛ و n_t = تعداد کل سیرچه‌های کاشته شده در این مسافت.

شاخص چند کاشت^۳: این شاخص مکان‌هایی را مشخص می‌کند که بیش از یک سیرچه در آنجا قرار گرفته است. این شاخص از رابطه ۲ محاسبه شد. کلیه سیرچه‌هایی که فاصله بین آنها روی ردیف کمتر از ۰/۵ برابر فاصله تئوری (۱۰ سانتی‌متر)، یعنی کمتر از ۵ سانتی‌متر است، به عنوان سیرچه‌های چند کاشت در نظر گرفته شدند (Kachman & Smith 1995; Ismail, 2008; Singh et al., 2014).

$$I_{mult} = \frac{n_{mult}}{n_t} \times 100 \quad (۲)$$

که در آن،

I_{mult} = شاخص چند کاشت (درصد)؛ و n_{mult} = تعداد مکان‌های دارای بیش از یک سیرچه یا تعداد سیرچه‌هایی که فاصله بین آنها کمتر از ۰/۵ برابر فاصله تئوری باشد.

شاخص کیفیت تغذیه^۴: این شاخص بیان‌کننده دقت کاشت سیرچه توسط کارنده است و از رابطه ۳

1- Miss (Skip) Coloves

2- Multiple Index

3- Quality of Feed Index

اثر سطوح مختلف عمق کاشت فقط بر میانگین شاخص چند کاشت اثر معنی‌داری ندارد، اما بر فاکتورها میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف، شاخص نکاشت، شاخص کیفیت تغذیه و تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع در سطح احتمال ۱ درصد و بر عملکرد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است.

اثر متقابل فاکتورهای سرعت پیشروی و عمق کاشت بر میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف و تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است اما برای بقیه فاکتورها در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری دارد. در ادامه هر یک از فاکتورها به تفکیک زیر توضیح داده می‌شوند:

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سرعت پیشروی و عمق کاشت بر فاکتورهای دقت ماشین و عملکردی سیر

Table 1- Results of variance analysis of the effect of forward speed and planting depth on machine accuracy factors and garlic yield

منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	میانگین فاصله سیرچه‌ها بر روی ردیف (Mean-Sp)	شاخص نکاشت (Miss-In)	شاخص چند کاشت (Multiple-In)	شاخص کیفیت تغذیه (QualityF-In)	تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع (Density)	عملکرد (Yield)
تکرار (R)	2	0.14 ^{ns}	3.83 [*]	0.45 ^{ns}	4.36 [*]	0.95 ^{ns}	847304.69 ^{ns}
سرعت پیشروی (S)	1	6.75 ^{**}	41.07 ^{**}	14.30 ^{**}	6.90 [*]	0.80 ^{ns}	700833.33 ^{ns}
عمق کاشت (D)	1	7.68 ^{**}	30.08 ^{**}	1.02 ^{ns}	20.02 ^{**}	38.52 ^{**}	3281302.08 [*]
اثر متقابل (S × D)	1	2.25 [*]	57.20 ^{**}	135.34 ^{**}	16.57 ^{**}	8.50 [*]	5300052.08 ^{**}
خطای آزمایش	6	0.30	0.73	0.74	0.78	0.88	320377.60
کل	11	-	-	-	-	-	-
درصد ضریب تغییرات (%CV)		3.34	2.88	13.62	1.38	4.51	3.61

ns : به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد

ns No significant, *, ** Significant at 1% & 5% probability level

اثر سطوح مختلف سرعت پیشروی ماشین بر فاکتورهای ماشین و محصول

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف سرعت پیشروی ماشین بر فاکتورهای دقت ماشین و فاکتورهای عملکردی سیر نشان می‌دهد که به تفکیک به شرح زیر توضیح داده می‌شوند.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف سرعت پیشروی ماشین بر فاکتورهای دقت ماشین و عملکردی سیر

Table 2- Results of comparing the average effects of different levels of planting machine forward speed on machine accuracy factors and garlic yield

سرعت پیشروی ماشین کاشت (Planter) (Speed)	میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف، سانتی‌متر (Mean-Sp)	شاخص نکاشت، درصد (Miss-In)	شاخص چند کاشت، درصد (Multiple-In)	شاخص کیفیت تغذیه، درصد (QualityF-In)	تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع (Density)	عملکرد، کیلوگرم در هکتار (Yield)
یک کیلومتر در ساعت (S1)	15.57 b	27.80 b	7.42 a	64.78 a	21.10 a	15904.20 a
دو کیلومتر در ساعت (S2)	17.07 a	31.50 a	5.23 b	63.27 b	20.58 a	15420.80 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، از نظر آماری بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Similar letters in each column indicate the absence of significant differences.

میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف: جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین فاصله کاشت سیرچه‌ها روی ردیف در سرعت یک کیلومتر بر ساعت، برابر با ۱۵/۵۷ سانتی‌متر و برای سرعت دو کیلومتر بر ساعت برابر با ۱۷/۰۷ سانتی‌متر است که بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بنابراین می‌توان گفت که سرعت پیشروی کمتر، باعث افزایش دقت فاصله کاشت به مقدار ۸/۸ درصد و کاهش اختلاف آن با عدد تنظیمی روی ماشین شده است. دلیل این اختلاف را می‌توان به کم بودن تعداد بوته‌های نکاشت (شاخص نکاشت) و کم بودن بکسوات (لغزش یا سُرش) چرخ محرک کارنده در سرعت کمتر (یک کیلومتر بر ساعت)، طی عملیات کاشت، نسبت داد که مجموع برآیند آنها باعث کاهش میانگین فاصله بین بوته‌ها نسبت به سرعت بیشتر (دو کیلومتر بر ساعت) شده است.

شاخص نکاشت: با توجه به جدول ۲، دیده می‌شود که درصد شاخص نکاشت یا میزان سیرچه‌های کاشته نشده در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت ۲۷/۸۰ درصد است؛ اما این میزان برای سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت ۳۱/۵۰ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در سرعت‌های پیشروی بیشتر، درصد شاخص نکاشت یا به عبارت دیگر تعداد سیرچه‌های کاشته نشده بیشتر شده است. از این رو یکی از دلایل اینکه میانگین فاصله بین سیرچه‌ها در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت به ۱۵/۵۷ سانتی‌متر رسیده و به فاصله تئوری یعنی عدد ۱۰ سانتی‌متر نزدیک‌تر شده (نسبت به سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت با فاصله کاشت ۱۷/۰۷ سانتی‌متر) همین عامل است. به عبارت دیگر، با کاهش درصد شاخص نکاشت

فاصله بوته‌ها روی ردیف به فاصله تئوری نزدیک‌تر شده است.

شاخص چند کاشت: از جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که شاخص چند کاشت در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت (۷/۴۲ درصد) بیشتر از سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت (۵/۲۳ درصد) است. بنابراین، تعداد سیرچه‌هایی که فاصله کاشت آنها کمتر از ۵ سانتی‌متر است، در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت نسبت به سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت بیشتر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دلیل دیگری که میانگین فاصله بین سیرچه‌ها در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت به ۱۵/۵۷ سانتی‌متر رسیده و به فاصله تئوری یعنی عدد ۱۰ سانتی‌متر نزدیک‌تر شده، می‌تواند همین عامل باشد یعنی افزایش درصد شاخص چند کاشت.

شاخص کیفیت تغذیه: نتایج تحقیق در جدول ۲ نشان می‌دهد که شاخص کیفیت تغذیه در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت با مقدار ۶۴/۷۸ درصد کمی بیشتر از شاخص کیفیت تغذیه در سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت با مقدار ۶۳/۲۷ درصد است. از آنجایی که شاخص کیفیت تغذیه برآیند مجموع شاخص نکاشت و چند کاشت است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شاخص کیفیت تغذیه در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت به مقدار ۲/۳۴ درصد بیشتر از سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت شده است. به عبارت دیگر، دقت کاشت در سرعت‌های پیشروی کمتر، بیشتر است. بنابراین، هر چه درصد شاخص کیفیت تغذیه بیشتر باشد، دقت کاشت سیرچه‌ها توسط ماشین کاشت نیز بیشتر است و به فاصله تئوری کاشت (عدد ۱۰ سانتی‌متر) نزدیک‌تر است که در

عملکرد: نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که عملکرد محصول در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت با مقدار ۱۵۹۰۴/۲۰ کیلوگرم در هکتار به مقدار ناچیزی (۴۸۳/۴) کیلوگرم در هکتار، حدود ۳ درصد) نسبت به سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت با مقدار ۱۵۴۲۰/۸۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر است، اما از لحاظ آماری بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود ندارند.

اثر سطوح مختلف عمق کاشت بر فاکتورهای ماشین و محصول

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف عمق کاشت سیر (۵ و ۸ سانتی‌متر) بر فاکتورهای دقت ماشین و فاکتورهای عملکردی سیر در جدول ۳ نشان داده شده است.

اینجا حداقل فاصله کاشت در سرعت یک کیلومتر بر ساعت با مقدار ۱۵/۵۷ سانتی‌متر به دست آمده است که هر چند اختلاف زیادی با فاصله تئوری دارد، اما نسبت به سرعت دو کیلومتر بر ساعت با مقدار ۱۷/۰۷ دارای دقت بیشتری است.

تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع: با رجوع به نتایج جدول ۲ مشاهده می‌شود که تراکم سیرچه‌ها در هر دو سرعت یک و دو کیلومتر بر ساعت به ترتیب با مقادیر ۲۱/۱۰ و ۲۰/۵۸ سیرچه در متر مربع، اختلاف معنی‌داری ندارند. هر چند تعداد سیرچه‌های کاشته شده در یک متر مربع در سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت با اختلاف ناچیزی (۲/۵ درصد) نسبت به سرعت پیشروی دو کیلومتر بر ساعت بیشتر است.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف عمق کاشت بر فاکتورهای دقت ماشین و عملکرد سیر

Table 2- Results of comparing the average effects of different planting depth levels on machine accuracy factors and garlic yield

عمق کاشت (Planting) (Depth)	میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف، سانتی‌متر (Mean-Sp)	شاخص نکاشت، درصد (Miss-In)	شاخص چند کاشت، درصد (Multiple-In)	شاخص کیفیت تغذیه، درصد (QualityF-In)	تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع (Density)	عملکرد، کیلوگرم در هکتار (Yield)
پنج سانتی‌متر (D5)	15.52 b	28.07 b	6.62 a	65.32 a	22.63 a	16185.40 a
هشت سانتی‌متر (D8)	17.12 a	31.23 a	6.03 a	62.73 b	19.05 b	15139.60 b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک کوچک دارند، از نظر آماری بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Similar letters in each column indicate the absence of significant differences.

می‌دهد که عمق کاشت ۵ سانتی‌متر با مقدار ۱۵/۵۲ سانتی‌متر دارای دقت بیشتری (۹ درصد) نسبت به عمق کاشت ۸ سانتی‌متر با مقدار ۱۷/۱۲ سانتی‌متر در کاشت سیرچه‌ها روی ردیف هستند؛ زیرا فاصله کاشت آن به فاصله تئوری یعنی ۱۰ سانتی‌متر نزدیک‌تر است.

میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف: با مراجعه به جدول ۱ می‌بینیم بین سطوح مختلف عمق کاشت، اختلاف معنی‌داری بر میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد. از آنجایی که فاصله تئوری کاشت ماشین روی فاصله ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شده بود، جدول ۳ نیز نشان

شاخص نکاشت: جدول ۳ نشان می‌دهد که شاخص نکاشت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متری با مقدار ۲۸/۷ درصد کمتر از عمق کاشت ۸ سانتی‌متری با مقدار ۳۱/۲۳ درصد است که بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود دارد. از آنجایی که سیرچه‌ها در مزرعه با یک ماشین ثابت کاشته شده‌اند، احتمالاً تعدادی از سیرچه‌های کاشته شده در عمق بیشتر (۸ سانتی‌متر) قادر به بیرون آمدن از خاک نبوده که باعث کاهش تعداد سیرچه‌های استقرار یافته در مزرعه (افزایش شاخص نکاشت) در عمق ۸ سانتی‌متری شده است.

شاخص چند کاشت: با مراجعه به جدول ۳ می‌توان دریافت که بین سطوح مختلف عمق کاشت ۵ و ۸ سانتی‌متر به ترتیب با مقادیر ۶/۶۲ و ۶/۰۳ از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

شاخص کیفیت تغذیه: جدول ۳ نشان می‌دهد که شاخص کیفیت تغذیه با مقادیر ۶۵/۳۲ و ۶۲/۷۳ درصد به ترتیب برای عمق کاشت ۵ و ۸ سانتی‌متر دارای اختلاف معنی‌داری هستند. هر چه مقدار شاخص کیفیت که برآیند شاخص نکاشت و شاخص چند کاشت است بیشتر باشد، ماشین دارای دقت کاشت بیشتری است. بنابراین، عمق کاشت ۵ سانتی‌متر باعث افزایش شاخص کیفیت تغذیه به میزان ۴ درصد نسبت به عمق کاشت ۸ سانتی‌متری شده است. کم بودن دقت کاشت در عمق ۸ سانتی‌متر احتمالاً به این دلیل است که برخی از سیرچه‌ها که در عمق ۸ سانتی‌متری قرار گرفته‌اند قادر به بیرون آمدن از خاک نبوده‌اند و این عامل باعث کاهش کیفیت تغذیه و افزایش شاخص نکاشت شده است.

تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع: با رجوع به نتایج جدول ۳ مشاهده می‌شود که اثر عمق کاشت بر تراکم سیرچه‌ها در واحد سطح دارای اختلاف معنی‌دار است به طوری که عمق کاشت ۵ سانتی‌متری دارای تراکم بیشتری با مقدار ۲۲/۶۳ سیرچه در واحد سطح نسبت به عمق کاشت ۸ سانتی‌متر با تراکم ۱۹/۰۵ سیرچه در واحد سطح است (حدود ۱۸ درصد). این نتیجه می‌تواند به دلیل بالا بودن دقت کاشت در عمق ۵ سانتی‌متر باشد. اما در عمق کاشت ۸ سانتی‌متر به دلیل پایین بودن دقت کاشت و کاهش سیرچه‌های مستقر شده در مزرعه، سبب کاهش تراکم در واحد سطح نیز شده است.

عملکرد: نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که عملکرد محصول در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر با مقدار ۱۶۱۸۵/۴۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به عمق ۸ سانتی‌متر با مقدار ۱۵۱۳۹/۶۰ کیلوگرم در هکتار با اختلاف معنی‌داری بیشتر است. به عبارت دیگر، عملکرد در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر به میزان ۱۰۴۵/۸ کیلوگرم در هکتار یا ۶/۹ درصد نسبت به عمق کاشت ۸ سانتی‌متر افزایش نشان می‌دهد. این عامل را می‌توان به بالا بودن کیفیت تغذیه و در نتیجه دقت ماشین کاشت و بیشتر بودن تراکم کاشت ارتباط داد.

اثر متقابل سرعت پیشروی و عمق کاشت بر فاکتورهای ماشین و محصول

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح سرعت پیشروی ماشین کاشت سیر و عمق کاشت بر فاکتورهای دقت ماشین و فاکتورهای عملکرد سیر در جدول آمده است.

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح مختلف سرعت پیشروی و عمق کاشت بر فاکتورهای دقت ماشین و عملکرد سیر

Table 2- Results of comparison of the averages of the interaction effects of different levels of forward speed and planting depth on machine accuracy factors and garlic yield

عملکرد، کیلوگرم در هکتار	تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع	شاخص کیفیت تغذیه، درصد	شاخص چندکاشت، درصد	شاخص نکاشت، درصد	میانگین فاصله سیرچه‌ها بر روی ردیف، سانتی‌متر	اثر متقابل سرعت پیشروی و عمق کاشت (Speed × Depth)
(Yield)	(Density)	(QualityF-In)	(Multiple-In)	(Miss-In)	(Mean-Sp)	
15762.50 a	23.73 a	64.90 a	11.07 a	24.03 b	15.20 b	S1 × D5
16045.83 a	18.47 c	64.67 a	3.77 c	31.57 a	15.93 b	S1 × D8
16608.33 a	21.53 b	65.73 a	2.17 c	32.10 a	15.83 b	S2 × D5
14233.33 b	19.63 c	60.80 b	8.30 b	30.90 a	18.30 a	S2 × D8

میانگین‌ها در هر ستون دارای حروف مشترک کوچک از نظر آماری بر پایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Similar letters in each column indicate the absence of significant differences.

S = سرعت پیشروی ماشین کارنده سیر در دو سطح ۱ و ۲ کیلومتر بر ساعت

D = عمق کاشت سیر در دو سطح ۵ و ۸ سانتی‌متر

میانگین فاصله سیرچه‌ها روی ردیف: جدول ۴
نشان می‌دهد که فاصله بین ردیف‌های کاشت از ۱۵/۲۰ تا ۱۸/۳۰ سانتی‌متر متغیر است طوری که بیشترین مقدار به تیمار S2×D8 (سرعت دو کیلومتر در ساعت و عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) تعلق دارد که در یک گروه آماری قرار دارند و می‌توان آن را به سرعت زیاد پیشروی (افزایش شاخص نکاشت و کاهش شاخص چند کاشت) و عمق زیاد کاشت (کاهش تعداد بوته‌های مستقر شده) نسبت داد، و کمترین مقدار به تیمارهای بعدی (به ترتیب S1×D5، S2×D5 و S1×D8) تعلق دارد که همگی در یک گروه دیگر آماری قرار دارند. هر چند همه این مقادیر با فاصله تئوری ۱۰ سانتی‌متر تنظیم شده روی ماشین، دارای اختلاف هستند، اما مقادیر آنها قابل قبول است و با توجه به لغزش طبیعی چرخ‌های محرک ماشین کشنده و ماشین کارنده، قابل صرف‌نظر کردن هستند. بنابراین، می‌توان گفت که دقت فاصله کاشت میانگین سه تیمار S1×D5،

S1×D8 و S2×D5 به میزان ۱۴ درصد بیشتر از دقت فاصله کاشت تیمار S2×D8 است.
شاخص نکاشت، شاخص چند کاشت و شاخص کیفیت تغذیه: با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح میانگین‌های شاخص نکاشت و چند کاشت، و نیز سطوح شاخص کیفیت کاشت که برآیند آنهاست، هر یک از آنها در دو گروه آماری قرار گرفته است (جدول). در بیشتر وقت‌ها این دو شاخص (شاخص نکاشت و شاخص چند کاشت) تقریباً با هم نسبت عکس دارند. یعنی اگر شاخص نکاشت زیاد شود شاخص چند کاشت کم می‌شود و بالعکس. بنابراین، برآیند این دو مولفه در شاخص کیفیت تغذیه خلاصه می‌شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تیمارهای S1×D5، S1×D8 و S2×D5 بیشترین مقدار در یک گروه آماری قرار دارند و بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و تنها با تیمار S2×D8 که دارای کمترین مقدار است و در گروه بعدی آماری قرار گرفته است، اختلاف معنی‌داری

دارند. بنابراین، میانگین شاخص کیفیت تغذیه تیمارهای $S1 \times D5$ ، $S1 \times D8$ و $S2$ به مقدار ۷ درصد نسبت به کیفیت تغذیه تیمار $S2 \times D8$ بیشتر است.

تراکم سیرچه‌ها در یک متر مربع: اثر متقابل سطوح سرعت پیشروی و عمق کاشت بر تراکم کاشت دارای اختلاف معنی‌داری است، طوری که این میانگین‌ها در سه گروه آماری a، b و c قرار گرفته‌اند (جدول ۱). بیشترین تراکم کاشت در واحد سطح به تیمار $S1 \times D5$ (سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) با مقدار $23/73$ سیرچه در متر مربع تعلق دارد و کمترین تراکم کاشت در واحد سطح به طور مشترک به تیمارهای $S1 \times D8$ (سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) با مقدار $18/47$ سیرچه در متر مربع و تیمار $S2 \times D8$ (سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) با مقدار $19/63$ سیرچه در متر مربع تعلق دارد. تیمار $S2 \times D5$ (سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) نیز با مقدار $21/53$ سیرچه در متر مربع در حد وسط قرار دارد. بنابراین، تیمار $S1 \times D5$ (سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) با مقدار $23/73$ سیرچه در متر مربع دارای تراکم بهتری است. به عبارت دیگر، تراکم تیمار $S1 \times D5$ نسبت به تراکم تیمار $S2 \times D5$ حدود ۱۰ درصد و نسبت به میانگین تیمارهای $S1 \times D8$ و $S2 \times D8$ حدود ۲۱ درصد بیشتر است. برای تعیین تیمار مناسب‌تر بهتر است عملکرد محصول که شاخص بسیار مهمی است، نیز بررسی و بر اساس آن

نتیجه‌گیری شود.

عملکرد: نتایج مقایسه میانگین‌های عملکرد در جدول ۱ نشان می‌دهد که بین سطوح مختلف عملکرد ناشی از اعمال تیمارهای مختلف از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود دارد، طوری که این سطوح در دو گروه آماری a و b دسته‌بندی شده‌اند. در گروه a که دارای بیشترین عملکرد است به صورت مشترک به تیمارهای $S1 \times D5$ (سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) با $15762/5$ کیلوگرم در هکتار، $S1 \times D8$ (سرعت پیشروی یک کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) با $16045/83$ کیلوگرم در هکتار و $S2 \times D5$ (سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) با $16608/33$ کیلوگرم در هکتار تعلق دارد. تیمار $S2 \times D8$ (سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) نیز با مقدار $14233/33$ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین مقدار عملکرد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاشت ماشینی با سرعت پیشروی ۱ کیلومتر بر ساعت و عمق کاشت ۵ و ۸ سانتی‌متر (تیمارهای $S1 \times D5$ و $S1 \times D8$) و همچنین سرعت پیشروی ۲ کیلومتر بر ساعت و فقط عمق کاشت ۵ سانتی‌متر ($S2 \times D5$) دارای بیشترین عملکرد هستند. اگر میانگین عملکرد این سه تیمار ($S1 \times D5$ ، $S1 \times D8$ و $S2 \times D5$) را $16138/89$ کیلوگرم در هکتار در نظر بگیریم، می‌توان گفت که عملکرد تیمار پیشنهادی با مقدار $1905/56$ کیلوگرم در هکتار، حدود ۱۳ درصد نسبت به تیمار $S2 \times D8$ بیشتر است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، یک نمونه اولیه از ماشین کارنده سیر با موزع پیاله‌ای ساخته شد. این ماشین قادر است دو ردیف سیرچه را با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر بکارد. این ماشین مجهز به سیستم سنجش بذر از نوع پیاله‌ای است و قابلیت اتصال به تیلر را دارد. ماشین کارنده داری سه بازو برای اتصال به تراکتورهای کوچک باغی نیز هست. عملکرد و کارایی این ماشین در مزرعه‌ای واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان بررسی و ارزیابی شد و نتایج زیر به دست آمد:

میانگین فاصله کاشت سیرچه‌ها روی ردیف (دقت کاشت)

- کاشت با سرعت پیشروی ۱ کیلومتر در ساعت، باعث افزایش دقت کاشت به مقدار ۹ درصد نسبت به سرعت ۲ کیلومتر در ساعت شده است. بنابراین میانگین فاصله کاشت به فاصله تئوری نزدیک‌تر شده است.

- عمق کاشت ۵ سانتی‌متر به مقدار ۹ درصد نسبت به عمق کاشت ۸ سانتی‌متری، بیشتر به فاصله تئوری نزدیک‌تر شده است.

- میانگین دقت در فاصله کاشت تیمارهای $S1 \times D5$ (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر)، $S1 \times D8$ (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) و تیمار $S2 \times D5$ (سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) به مقدار ۱۴ درصد نسبت به تیمار $S2 \times D8$ (سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) بیشتر است.

شاخص کیفیت تغذیه (حاصل از شاخص نکاشت و

شاخص چند کاشت)

- کاشت با سرعت ۱ کیلومتر در ساعت به مقدار ۲ درصد، دارای شاخص کیفیت تغذیه بیشتری نسبت به روش کاشت با سرعت ۲ کیلومتر در ساعت است.

- شاخص کیفیت تغذیه مربوط به عمق کاشت ۵ سانتی‌متر به مقدار ۴ درصد نسبت به عمق کاشت ۸ سانتی‌متر بیشتر است.

- میانگین شاخص کیفیت تغذیه تیمارهای $S1 \times D5$ (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر)، $S1 \times D8$ (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) و تیمار $S2 \times D5$ (سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) به مقدار ۷ درصد نسبت به تیمار $S2 \times D8$ (سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) بیشتر است.

تراکم کاشت سیرچه‌های بذری در واحد سطح (یک متر مربع)

- کاشت با سرعت ۱ کیلومتر در ساعت به مقدار جزئی (۲ درصد) دارای تراکم بیشتری نسبت به روش کاشت با سرعت ۲ کیلومتر در ساعت است.

- عمق کاشت ۵ سانتی‌متر دارای تراکم بیشتری به مقدار ۱۸ درصد نسبت به عمق کاشت ۸ سانتی‌متر است.

- تراکم سیرچه‌ها در تیمارهای $S1 \times D5$ (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) به میزان ۱۰ درصد نسبت به میانگین تیمار $S2 \times D5$ (سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) و ۲۱ درصد نسبت به میانگین تیمارهای $S1 \times D8$ (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) بیشتر است.

عملکرد محصول در هر هکتار

تیمار S2×D5 (سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در عمق

کاشت ۵ سانتی‌متر) بیشتر است.

- ظرفیت زراعی مؤثر این ماشین در سرعت‌های ۱ و ۲ کیلومتر بر ساعت به ترتیب برابر با ۵۲۰ و ۱۰۴۰ متر مربع در ساعت است.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که برای کاشت سیر در مزارع کوچک، کاشت ماشینی با استفاده از ماشین پشت تیلری کارنده دو ردیفه سیر با موزع پیاله‌ای (ماشین ساخته شده) توصیه می‌شود. مناسب‌ترین سرعت پیشروی و عمق کاشت برای این ماشین یک کیلومتر در ساعت با عمق کاشت بین ۵ تا ۸ سانتی‌متر است، در سرعت دو کیلومتر در ساعت بهتر است عمق کاشت حداکثر ۵ سانتی‌متر باشد.

- روش کاشت با سرعت ۱ کیلومتر در ساعت به مقدار جزیی (۳ درصد) نسبت به سرعت ۲ کیلومتر در ساعت دارای عملکرد بیشتری است.

- عمق کاشت ۵ سانتی‌متر به مقدار ۶ درصد (۱۰۴۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیشتری نسبت به عمق ۸ سانتی‌متری داشته است.

- میانگین عملکرد تیمارهای S1×D5 (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر)، S1×D8 (سرعت ۱ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۸ سانتی‌متر) و S2×D5 (سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در عمق کاشت ۵ سانتی‌متر) به مقدار ۱۳ درصد (۱۹۰۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به

مراجع

- Anon. (2021). FAO Statistical Database. Available at: <http://www.fao.org/faostat>.
- Bakhtiari, M. R., & Loghavi, M. (2009). Development and evaluation of an innovative garlic clove precision planter. *Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)*, 11(2), 125-136. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807073.2009.11.2.1.2>.
- Heidari, A., Seyedan, M., & Bakhtiari, M. R. (2013). *Technical and economic comparison of manual and machine planting of garlic. Proceedings of the 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering (Biosystem) & Mechanization of Iran*, Jan. 1. Mashhad, Iran. (in Persian)
- Ismail, Z. E. (2008). Developing the metering unit of the pneumatic planter, 2-The injection planting seed. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 33(10), 7317-7330. <https://doi:10.21608/jssae.2008.200382>.
- Kachman, S. D., & Smith, J. A. (1995). Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. *Transactions of the ASAE*, 38(2), 379-387.
- Maheshwarr, T. K., & Varma, M. R. (2007). Modification and performance evaluation of garlic planter. *Agricultural Engineering Today*, 31(2), 11-14.
- Nosraty, A. E. (2002). Effects of planting method, plant density and seed clove size on yield of hamedan garlic. *Research Report*. Seed and Plant Improvement Institute. Report Number: 81/67. (in Persian)
- Rahman, A. K., & Das, M. K. (1985). Effect of clove-size and row-spacing on the yield of garlic (*Allium sativum* L.). *The Punjab Vegetable Grower*, 20, 1-4.

- Singh, H. J., De, D., & Sahoo, P. K. (2014). Development and evaluation of metering mechanism for multi-crop planter for hilly regions. development and evaluation of metering mechanism for multi-crop planter for hilly regions. *Scientific Journal Agricultural Engineering*, 4, 21-33.
- Singh, V. C., Shrivastava, A. K., & Dubey, A. (2006). Feasibility evaluation of manual garlic planter. Annual Report. FIM Scheme, CAE, JNKVV, Jabalpur.
- Torabi, A. (2017). Effects of sowing date and planting density on some of the agronomic araits and di-allyl disulfide oxide (Allicine) content of garlic (*Allium sativum* L.). *Crop Production*. 10(2), 75-85. (in Persian)
- Unal, H. G., & Keskin, R. (2005). Improvement of a spacing drill pneumatic system in garlic planting. *Tarim Ilimleri Ergisi (Fin Land)*, 11(3), 303-310.

Research Paper

Fabrication and Evaluation of a Two-Row Garlic Planter with a Cup Seed Metering System

**M. R. Bakhtiari*, Gh. Assadian, A. Ghasemi, H. Chehelamiran, A. M. Jafari,
A. Mansourialam, A. Javadi, M. A. Rostami and O. Ghahraei**

*Corresponding Author: Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department. Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan. Iran. Email: ym_bakhtiyari@yahoo.com

Received: 2 September 2025, Accepted: 22 October 2025

<https://doi.org/10.22092/amsr.2025.370573.15237>

Abstract

Garlic is one of the country's important crops, with about four thousand hectares of land under cultivation annually. But due to the lack of suitable planting machines for small plots, planting is done manually, which is very expensive. In this research, a prototype of a two-row garlic planting machine with a cup metering system was fabricated for planting garlic cloves in small fields, which can be connected to a tiller or small garden tractors. For the field evaluation of this machine, two factors, forward speed and garlic planting depth, were investigated using a factorial experiment in a randomized complete block design (RCBD) with three replications on the factors of machine accuracy and garlic crop yield. The results of the study showed that the interaction effect of forward speed and planting depth on the factors of miss index, multiple index, and quality of feed index and yield indicators was significant at the 1% statistical level, and on the factors of average distance between garlic cloves and density at the 5% statistical level. The most suitable forward speed was one kilometer per hour with a planting depth between 5 and 8 centimeters, or two kilometers per hour with a maximum planting depth of 5 centimeters. Based on the research results, the average values of planting distance on the row, miss index, multiple index, quality of feed index, planting density and garlic yield at a speed of one kilometer per hour were 15.6 centimeters, 27.8 percent, 7.4 percent, 64.8 percent, 21.1 cloves per square meter and 15904.2 kilogram per hectare, respectively.

Keywords: Garden Tractor, Garlic Planter, Machine Planting, Manual Planting



© 2024 Agricultural Mechanization and Systems Research, Karaj, Iran. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license)