طراحی، ساخت و ارزیابی نشاءکار نیمه‌خودکار گوجه‌فرنگی

سید محمد جاویدان[1]، داود محمد زمانی[2]

۱- مدرس گروه مکانیک، آموزشکده فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، گرگان، ایران*

۲- استادیارگروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی،دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران

E-mail: Mh.jaavidan@gmail.com

چکیده

در این تحقیق عوامل طراحی نشاءکار نیمه‌خودکار گوجه‌فرنگی بررسی و نشاءکار بر مبنای آن ساخته و ارزیابی شد. برای این منظور ابتدا با مطالعه و مقایسه چگونگی طرز کار سامانه‌های مختلف کارنده‌های مشابه که در ایران و سایر کشورهای مختلف طراحی شده است طرح‌های متفاوتی را ترسیم و نحوه کار طرح‌های رسم شده مورد بررسی قرار گرفت تا در نهایت نشاءکاری طراحی شد که از لحاظ کارکرد و کاربری نتایج مطلوبی را داشته باشد و بتواند اهداف مورد نظر از جمله افزایش سرعت، دقت کاشت و کاهش هزینه را برآورده نماید. نشاءکار طراحی شده از شش قسمت مهم عملیاتی شامل: موزع‌های نشاء، سامانهٔ انتقال نشاء، لوله سقوط نشاء، شیاربازکن، قسمت توان‌دهی و قسمت پشتیبانی شاسی اصلی تشکیل شده است. موزع‌های نشاء مخروطی شکل بوده و توان چرخشی آن‌ها از زمین و به واسطه چرخ زمین‌گرد تأمین می‌شود، شیاربازکن به صورت V شکل طراحی شده و در سامانهٔ نشاءکار مورد نظر نقش اساسی را ایفا می‌کند. آزمون دستگاه با سرعت پیشروی ۲ کیلومتر در ساعت انجام شد، با این سرعت پیشروی دستگاه دارای ظرفیت کشت ۲۵ نشاء در یک ردیف کشت بود. در کشت مکانیزه که توسط نشاءکار ساخته شده انجام گرفت، فاصله بین نشاءها بر روی ردیف ۳۵ سانتی‌متر، عمق کاشت نشاءها ۱۰ سانتی‌متر و زاویه استقرار تقریباً ۷ درجه نسبت به خط اندازه‌گیری شد. کاشت با این دستگاه نسبت به روش دستی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بوده و به روش دستی ارجحیت دارد.

کلید واژه: کشت دستی، کشت مکانیزه، گوجه‌فرنگی، نشاءکار

مقدمه

کشت مکانیزه گوجه‌فرنگی در جهان به دو روش نیمه‌خودکار و تمام‌خودکار انجام می‌گیرد که در روش نیمه‌خودکار عمل تغذیه نشاء به داخل نشاءکار توسط کارگر انجام می‌شود ولی در روش تمام خودکار تغذیه توسط دستگاه انجام می‌گیرد. با توجه به قطعات کوچک زمین کشت گوجه‌فرنگی، ضعیف بودن قدرت سرمایه‌گذاری کشاورزان، هزینه بالای کشت نشاء به صورت تمام‌خودکار و پیچیدگی عملکرد نشاءکار تمام خودکار، طراحی و ساخت و ارزیابی نشاءکار نیمه‌خودکار گوجه‌فرنگی در نظر گرفته شد.

فرانک فولرینگ[1](۲۰۰۳) یک نشاءکار گوجه‌فرنگی تمام‌خودکار را توسعه داد که قادر بود نشاءها را به صورت منفرد با کمک یک مکنده از سینی نشاء برداشته و آن‌ها را بدون دخالت دست به خاک منتقل کند. کارنده نوع نیوماتیکی این دستگاه قادر به کاشت ۷۰۰۰ نشاء گوجه‌فرنگی در یک ساعت بوده و نیز توانایی کاشت ۲ تا ۱۰ ردیف به طور هم‌زمان را داراست. چاو و همکاران[2](۲۰۰۸) نشاءکار نیمه‌خودکار را برای نشاءکاری کاهو طراحی‌کردند. سرعت نشاءکاری در مزرعه برابر ۲۰۰۰ نشاء بر ساعت و خطای کشت بوته‌ها درفواصل ۳۰ سانتی‌متر برابر ۳ درصد بود. عماد غفار[3](۲۰۰۹) در کشور امارات نشاءکاری را طراحی کرد که سازوکار انتقال نشاء تسمه نقاله‌ای بود. این نشاءکار تک‌ردیفه به وسیله تراکتور با توان ۴۵ کیلو وات حمل می‌شد و دارای ظرفیت مزرعه‌ای ۰/۰۹ تا ۰/۷۲ هکتار در ساعت بود. لادینده و همکاران[4](۲۰۱۰) در کشور نیجریه نشاءکار تک ردیفهٔ تنباکو را طراحی‌کردند که با سرعت میانگین ۴/۳۹ کیلومتر بر ساعت، ظرفیت مزرعه‌ای ۰/۳۹ هکتار در ساعت و راندمان مزرعه‌ای ۶۰ درصد کار می‌کرد و برای کار به ۲ کارگر نیاز داشت. مهدیان‌سلطان‌آبادی و همکاران(۱۳۸۱) نشاءکاری برای کلم ساختند که با سرعت بهینه ۱ کیلومتر بر ساعت عمل کشت را انجام داده و دارای سرعت کشت ۳۳ بوته در هر ردیف بر دقیقه بود.

اهداف کلی

۱. امکان سنجی کاشت نیمه خودکار نشاء سبزیجات
۲. ایجاد بستر مناسب برای توسعه کشت مکانیزه گیاه گوجه‌فرنگی توسط دستگاه ساخته شده
۳. انتقال دانش فنی طراحی و ساخت نشاءکارهای نیمه خودکار به بخش مکانیزاسیون کشاورزی

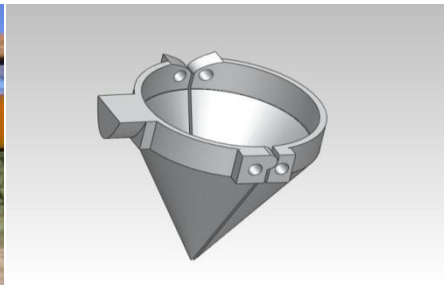
اهداف ویژه

۱. کاهش هزینه‌های کارگری در فرآیند کشت نشاء گوجه‌فرنگی
۲. برآورده نمودن نیاز کشاورزان در زمینه کشت مکانیزه و سرعت دادن به کشت نشاء گوجه‌فرنگی در یک فاصله زمانی معین
۳. تغییر الگوی کشت مرسوم و جایگزینی کشت دستی با کشت به وسیله ماشین در روش نشاءکاری
۴. تنظیم عمق و فاصله ردیف‌های کشت به صورت منظم در مقایسه با کشت به روش دستی
۵. کاهش آسیب فیزیکی به نشاء گوجه‌فرنگی
۶. افزایش ظرفیت مزرعه‌ای کشت نشاء گوجه‌فرنگی در مقایسه با روش کشت دستی

[1]:Ferankfolring
[2]:Chow
[3]:Haffar
[4]:Ladeinde

مواد و روش‌ها

نشاءکار طراحی شده به صورت تک ردیفه بوده و از نوع اتصال سوار شونده طراحی شد. موزع‌های نشاء به صورت مخروطی طراحی شد و توان چرخشی آن‌ها از زمین و به واسطه چرخ زمین‌گرد تامین می‌شود. در زیر مخروطی‌ها به منظور به موقع باز و بسته شدن دهانه مخروطی‌ها قطعه‌ای بادامکی شکل به گونه‌ای طراحی شده است که هنگامی که هر مخروطی از بالای لوله سقوط می‌گذرد به قسمت زائد بیرونی مخروطی فشار آورده و باعث باز شدن آن می‌شد و سقوط نشاء را به داخل لوله سقوط میسر می‌ساخت. شکل ۱ نمونه‌ای از موزع‌های نشاء مخروطی طراحی شده را نشان می‌دهد که می‌توان در آن زائده بادامکی شکل را مشاهده کرد. برای بسته شدن مجدد دهانه مخروطی‌ها بعد از عبور از روی لوله سقوط، فنری در کنار دو دهانه هر یک از مخروطی‌ها شکل ۲ قرار داده شد تا عمل بسته شدن را به خوبی انجام دهد.



شکل ۱- نمونه‌ای از موزع‌های نشاء طراحی شده شکل ۲- محل قرار گرفتن فنر بر روی موزع‌های نشاء ساخته شده

جنس موزع‌های نشاء ساخته شده از ورق گالوانیزه انتخاب شد و دارای ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و دهانه‌ای به قطر ۱۰ سانتی‌متر است. سازوکار انتقال نشاء متشکل از صفحه نشاءگیرها، محور نشاءگیرها، یاتاقان‌ها و مخروطی‌ها بود. لوله سقوط در قسمت پایین مخروطی‌ها قرار گرفته است و وسیله‌ای است برای هدایت نشاء به شیاری که به وسیله شیار بازکن ایجاد شده و نیز از ریزش بیهوده نشاء به خارج از خطوط کشت جلوگیری می‌کند. هنگامی که نشاء به داخل لوله سقوط وارد می‌شود در اثر وزن خود به انتهای لوله سقوط رسیده و از آنجا در داخل شیار ایجاد شده در خاک قرار می‌گیرد. وظیفه اصلی شیار بازکن طراحی و ساخته شده این است که شکاف مشخصی در خاک ایجاد کند تا نشاء در داخل شکاف ایجاد شده قرار گیرد. همچنین شیار بازکن به طریقی شیار را شکل می‌دهد که نشاء در تماس نزدیک با خاک قرار گیرد. در این مورد، عرض شیار ۱۰ سانتی‌متر و عمق آن در حدود ۱۰- ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. شکل ۳ – الف و ب دو نما از شیار بازکن ساخته شده را نشان می‌دهد.

شکل ۳- الف- نمای بالا از شیار بازکن ساخته شده شکل ۳-ب- نمای جانبی از شیار بازکن ساخته شده

سامانهٔ تواندهی دستگاه شامل: چرخ‌های زمین‌گرد، توپی‌چرخ، چرخ‌زنجیر، زنجیر، چرخ‌دنده‌های مخروطی برای تغییر جهت چرخش و محور بوده و توان مورد نیاز را به سازوکار انتقال نشاء منتقل می‌کند. محیط چرخ زمین‌گرد و نیز تعداد دندانه‌های چرخ‌زنجیر روی محور چرخ‌ها و محور افقی موزع‌ها از جمله عوامل مهم در طراحی به حساب می‌آید چرا که فاصله بین نشاءها را می‌توان با تغییر در ابعاد و اندازه‌های هر یک از این قطعات تغییر داد. برای این تناسب قطعات در مورد نشاءکار طراحی و ساخته شده روابط ۱و ۲ را می‌توان نوشت.

$$\text{فاصله بین نشاءها} = \frac{Z\square}{Z\square} \times \frac{\text{محیط چرخ زمین‌گرد}}{\text{تعداد مخروطی‌های مورد استفاده}} \quad (۱)$$

که در آن: Z۱، تعداد دندانه‌های چرخ‌زنجیر روی محور چرخ زمین‌گرد و Z۲، تعداد دندانه‌های چرخ‌زنجیر روی محور افقی موزع‌ها می‌باشد.

$$\text{فاصله بین نشاءها} = \frac{D\square}{D\square} \times \frac{\text{محیط چرخ زمین‌گرد}}{\text{تعداد مخروطی‌های مورد استفاده}} \quad (۲)$$

که در آن: D۱، قطر چرخ‌زنجیر روی محور چرخ زمین‌گرد و D۲، قطر چرخ‌زنجیر روی محور افقی موزع‌ها می‌باشد.

محیط چرخ زمین‌گرد ۱۰۵ سانتی‌متر و دارای شعاع تقریبی ۱۷ سانتی‌متر بود. نسبت تعداد دندانه‌ها و نیز قطر دو چرخ‌زنجیر روی محور چرخ زمین‌گرد و محور افقی موزع‌ها، یک در نظر گرفته شد. این نسبت بر اساسفاصله بین نشاءها بر روی ردیف که ۳۵ سانتی‌متر و تعداد مخروطی‌های فعال در این نشاءکار ۳ عدد می باشد انتخاب شد. در سوی دیگر محور افقی موزع‌ها، چرخ‌زنجیر دیگری قرار دارد که وظیفه چرخاندن چرخ‌زنجیری را بر عهده دارد که بازوی بیرون‌انداز نشاء در خاک را به حرکت در می‌آورد. نسبت دندانه‌های این دو چرخ زنجیر، به تعداد کل مخروطی‌ها بستگی دارد به گونه‌ای که با هر بار چرخش محور عمودی موزع‌ها، چرخ‌زنجیری که به بازوی بیرون‌انداز نشاء متصل است می‌باید به تعداد کل موزع‌ها، گردش نماید. در مورد نشاءکار ساخته شده با توجه به تعداد کل مخروطی‌های فعال (که ۳ می‌باشد)، با هر دور چرخش محور عمودی موزع‌ها، چرخ‌زنجیر این بازو می‌باید ۳ بار بچرخد. (رابطهٔ ۳) را می‌توان برای این محاسبات نوشت:

$$\frac{Z\square}{Z\square} = \frac{D\square}{D\square} = \frac{\square}{\text{تعداد مخروطی‌های فعال}} \quad (۳)$$

که در آن: Z۳، تعداد دندانه‌های چرخ‌زنجیر روی محور افقی موزع‌هاو Z۴، تعداد دندانه‌های چرخ‌زنجیر بازوی بیرون‌انداز نشاء و D۳، قطر چرخ‌زنجیر روی محور افقی موزع‌هاو D۴، قطر چرخ‌زنجیر بازوی بیرون‌انداز نشاء می‌باشد.

شاسی در بر گیرندهٔ قسمت‌هایی نظیر چرخ‌ها، صندلی کاربر و اتصالات مورد نیاز برای کشش توسط وسیله کشنده به شاسی متصل می‌شوند و در حقیقت وظیفه آن تحمل وزن، انسجام و ارتباط قطعات با یکدیگر است. شکل۴، نمای کلی از دستگاه نشاءکار ساخته شده است که آماده انجام آزمون و ارزیابی‌های اولیه می‌باشد.

شکل٤- نمای کلی از دستگاه نشاءکار

ابعاد این شاسی ۱۵۰×۱۰۰ سانتی‌متر بوده و ارتفاع آن از سطح زمین ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. ارتفاع موزع‌ها از زمین ۱۰۰ سانتی-متر در نظر گرفته شد و فاصله محور موزع‌ها نسبت به صندلی کاربر ۸۰ سانتی‌متر است. وزن دستگاه در حدود ۲۰۰ کیلوگرم می-باشد.

نحوه کار دستگاه

نشاءکار به اتصال سه نقطه تراکتور و یا هر وسیله کشنده دیگر بسته شده و در زمین کشیده می‌شود. با کشیده شدن دستگاه در زمین، شیار بازکن شیاری با عمق مناسب (قابل تنظیم) در خاک ایجاد می‌کند. چرخ‌های زمین‌گرد به واسطه نیروی اصطکاک غلتشی که به آن‌ها وارد می‌شود، چرخیده و سازوکار انتقال نشاء را توسط چرخ‌زنجیر و زنجیر به حرکت درآورده، در نتیجه موزع نشاءکار حول محور خود به چرخش در می‌آیند. قبل از رسیدن موزع‌های نشاء به بالای لوله سقوط، کارگر نشاء را از سینی نشاء برداشته و آن را به صورت قائم در داخل مخروطی‌ها قرار می‌دهد. با رسیدن مخروطی‌ها به بالای لوله سقوط، قسمت بادامکی شکل موجود درموزع مخروطی باعث باز شدن دهانه موزع‌های نشاء شده و نشاء مورد نظر به داخل لوله، سقوط می‌کند و از آن به شیار ایجاد شده توسط شیار بازکن منتقل می‌گردد. وقتی نشاء به صورت مناسب در شیار قرار گرفت یک بازو، نشاء را به داخل خاک هدایت می‌کند تا با زاویه‌ای مناسب در داخل خاک قرار گیرد. خاک توسط سطوح اتکای شیار بازکن اطراف نشاء را گرفته و نشاء در داخل خاک تثبیت می‌شود. مخروطی‌ها پس از عبور از روی لوله سقوط، توسط فنری که در کنار دهانه آن‌ها قرار دارد به حالت اولیه خود باز گشته و دهانه آن‌ها بسته می‌شود تا بتواند کار خود را از ابتدا از سر گیرد.

ارزیابی دستگاه

در ارزیابی عملکرد نشاءکار طراحی و ساخته شده باید پارامترهای دقت کشت شامل: دقت در فاصله نشاء روی هر ردیف کشت، میزان آسیب مکانیکی به نشاءها، سرعت کاشت نشاءها در هر ردیف کشت مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این زاویه قرارگیری نشاء در خاک نسبت به خط قائم و خط کشت و یکنواختی عمق کشت نشاءها و ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه (میزان سطح کشت شده در ساعت) از دیگر پارامترهایی است که در تحلیل و ارزیابی این سامانه مورد توجه قرار خواهد گرفت.

اهداف آزمون و ارزیابی

به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد نشاءکار در کشت نشاء گوجه‌فرنگی، پارامترهای ذکر شده با اهداف زیر اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند:

۱. محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه (میزان سطح کشت شده در واحد زمان)
۲. اندازه‌گیری فاصله بین نشاءها بر روی ردیف، عمق کاشت نشاءها، سرعت کاشت نشاءها در هر ردیف، همچنین اندازه-گیری زاویه استقرار نشاءها و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس با بکارگیری نرم افزار SPSS
۳. بررسی میزان آسیب فیزیکی نشاءهای کشت شده
۴. برآورد و مقاسیه هزینه کشت نشاء گوجه‌فرنگی در واحد سطح در دو روش کشت دستی و مکانیزه
۵. و در نهایت مقایسه نتایج به دست آمده از آزمون‌های انجام شده، بین دو روش کشت در طرح بلوک کاملاً تصادفی با ۲ تیمار و ۴ تکرار و تشکیل جداول t با استفاده از آزمون دانکن

شرایط در نظر گرفته شده برای آزمون

آزمون‌های انجام شده بر روی نشاءکار مورد نظر، آزمون‌های مزرعه‌ای بوده و زمین مورد نظر باید داری شرایط مناسب برای انجام این آزمون‌ها باشد تا بتوان نتایجی قابل قبول در حین و بعد از آزمون دریافت نمود. از آنجا که منابع دقیق و قابل دسترسی برای این‌گونه آزمون در ایران وجود نداشته، از این رو آزمون‌ها بر اساس آزمون‌های دستگاه کارنده غده‌های سیب‌زمینی به شماره استاندارد ۲۷۸۰، که تقریباً شبیه به نشاءکار این عمل را انجام می‌دهد، انجام شد.

این شرایط عبارتند از :

۱. قطعات زمین باید ابتدا درارای خاکی گاورو باشند.
۲. کشت در امتداد طولی قطعات انجام می‌شود.
۳. آزمون‌ها در کرت‌های ۳×۱۰ متر برای کشت مکانیزه و ۲×۵ متر برای کشت دستی انجام گرفت.
۴. سرعت پیشروی دستگاه ۲ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده است.
۵. برای کشت‌دستی، از کارگری با شرایط سنی ۲۹ سال و با تجربه در امر کشت‌دستی نشاء استفاده شده است.

باید توجه داشت که سامانه تواندهی این نشاءکار توسط چرخ زمین‌گرد به حرکت در می‌آید از این رو سرعت پیشروی تأثیر چندانی در امر آزمون و ارزیابی نداشته و فقط در یک صورت می‌توان سرعت پیشروی را یکی از فاکتورهای ارزیابی قرار داد که نشاءکار به سازوکار آبدهی مجهز باشد که در این صورت می‌بایست سرعت پیشروی را برای آبیاری بهینه در پای هر نشاء تعیین نمود. برای نشاءکار مورد نظر که به این سازوکار مجهز نیست این سرعت ۲ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده است که در بند ۴ به آن اشاره شده است.

ارزیابی

پس از انجام عمل‌کشت در۲ تیمار و ۴ تکرار ارزیابی دستگاه به صورت مقایسه دو روش کشت دستی و مکانیزه برای صفات فاصله بین نشاءها در ردیف، عمق کشت، زاویه استقرار نشاءها و سرعت کشت هر نشاء در یک ردیف کشت در کرت ۳×۱۰ متر برای کشت مکانیزه و ۲×۵ متر برای کشت دستی انجام گرفت و نتایج حاصل به صورت جداول تجزیه واریانس در مورد هر صفت تهیه شد.

مقایسه دقت کشت دستی و مکانیزه

برای اندازه‌گیری فاصله نشاءها در روی ردیف بعد از عمل کاشت در هر دو روش کشت فاصله هر نشاء نسبت به نشاء بعدی اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل ثبت و به صورت اختلاف میانگین فاصله طولی نشاءها در این دو روش با هم مقایسه گردید. شکل ۵ تصویری از نحوه اندازه‌گیری فاصله طولی نشاءها است.

شکل ۵: نحوه اندازه‌گیری فاصله طولی نشاء

این عمل برای اندازه‌گیری عمق و زاویه استقرار هر یک از نشاءها در دو روش کشت ثبت شده و در نهایت بین دو دسته به صورت اختلاف میانگین با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در یک تعریف کلی، عمق کاشت عبارت است از فاصله کف بستر کاشت تا سطح خاک مزرعه که بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری می‌شود و برای زاویه استقرار نشاءها از خط کاشت می‌توان آن را به صورت میزان اختلاف زاویه نشاء کاشته شده از خطی عمود بر سطح افقی زمین، در نظر گرفت.

مقایسه سرعت کاشت بوته

در این روش میانگین سرعت‌های به دست آمده برای دو نوع کشت، به عنوان سرعت کشت در فرایند کشت مکانیزه و دستی در نظر گرفته شده است. به عبارت ساده تر می‌توان سرعت کشت در هر ردیف را به صورت متوسط تعداد نشاءهای کاشته شده در هر دقیقه و در هر ردیف بیان نمود.

مقایسه آسیب به نشاء

در مقایسه دو روش کشت دستی و مکانیزه انجام شده، درصد آسیب به نشاء از جمله آسیب وارده به برگ‌ها، ساقه و ریشه هر بوته به صورت درصد بررسی و اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل با هم مقایسه گردید. این درصدها به صورت قراردادی اندازه‌گیری گرفته‌اند و مقدار آن‌ها از این قرار است:

۱. آسیب به هر برگ نشاء: ۱۰ درصد (نشاءهای کاشته شده هر کدام دارای ۵ برگ بود).
۲. آسیب به ساقه نشاء: ۲۰ درصد (در صورت جدا شدن ساقه از نشاء به گونه‌ای که همراه برگ‌ها جدا شود این درصد برای برگ‌ها نیز محاسبه می‌گردد و مقدار آن با توجه به هر برگ افزایش می‌یابد).
۳. آسیب به ریشه نشاء: ۳۰ درصد (درصد ذکر شده برای آسیب کامل به ریشه بوده و در صورتی که ریشه آسیب جزئی دیده باشد، از مقدار آن کاسته خواهد شد).

این درصدها با بازبینی عینی برای هر نشاء کاشته شده در پایان کاشت انجام شده و نتایج حاصل برای فرآیند کشت مکانیزه و دستی ثبت و به صورت جدول اختلاف میانگین در فصل نتایج و بحث آورده شده است.

مقایسه هزینه

هزینه‌های غیرمشترک دو روش برآورد گردید. یک نشاءکار یک ردیفه، سطح ۱ هکتار را در ۵ ساعت کار روزانه کشت می‌کند و همین مساحت را ۳۰ نفرکارگر در ۷ ساعت کشت می‌کنند و توسط همین اعداد هزینه‌ها محاسبه و مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه دقت کشت دستی و مکانیزه

در طرح مقایسه دقت دو روش کشت، برای صفات فاصله نشاءها در روی ردیف، عمق کشت و زاویه استقرار نشاءها پارامترهای آماری تنظیم گردید که نتایج حاصل در جدول ۱ نشان داده شده است.

در این طرح با مقایسه t های به دست‌آمده از مقایسه میانگین جفت شده در دو روش کشت، این نتیجه حاصل می‌شود که بین میانگین فاصله طولی نشاءها در روی هر ردیف و نیز عمق‌کاشت در دو روش کشت مکانیزه و دستی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ دیده می‌شود، همچنین بین میانگین زاویه استقرار نشاءها در دو روش کشت اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده گردید. در نتیجه یکنواختی فاصله بین نشاءها در روی هر ردیف، عمق‌کشت و زاویه استقرار بوته در روش مکانیزه مناسب‌تر شناخته شد.

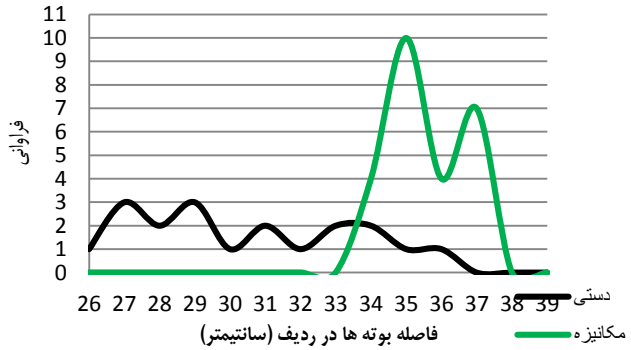
جدول۱: پارامترهای آماری اختلاف دو دسته داده برای (روش کاشت دستی و مکانیزه)

	فاصله طولی (cm)	عمق‌کاشت (cm)	زاویه استقرار (درجه)
میانگین‌اختلاف	۴/۷۵	۶/۶۶	۲/۱۴
انحراف معیار	۳/۰۹۵۷	۲/۵۱	۱/۲۱
واریانس	۹/۵۸۳	۶/۳	۱/۴۶
t جفت شده	۳/۰۶۹**	۴/۵۸**	۴/۶۶**
Sig(2-tailed)	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۰۰۳

** = t جفت شده

این نتایج در شکل‌های ۶، ۷، ۸، به ترتیب برای فاصله نشاءها، عمق کشت و زاویه استقرار نشاء نسبت به خط‌کشت آمده است.

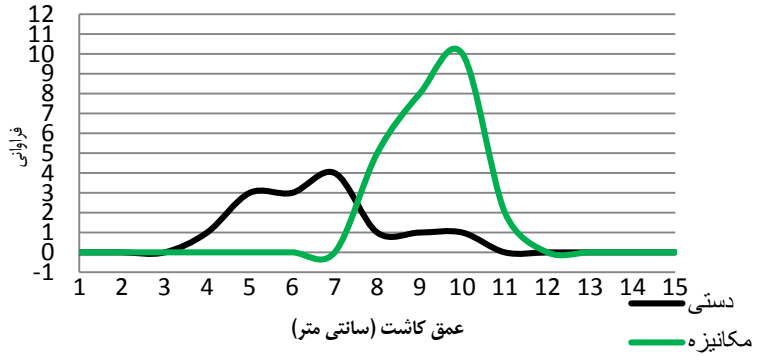
در شکل ۶ همان‌طور که مشاهده می‌شود فاصله نشاءها بر روی ردیف در روش کشت مکانیزه به مقدار مطلوب ۳۵ سانتی‌متر نزدیک می‌باشد، این به آن معناست که بین دو روش کشت مکانیزه با کاشت ۲۵ نشاء در دقیقه و کشت‌دستی با کاشت ۱۵ نشاء در دقیقه، در یک ردیف کشت، فراوانی مربوط به کشت مکانیزه در فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر بیشترین مقدار یعنی عدد ۱۰ می‌باشد که بیشینه مقدار را بین دو نمودار داراست. این در حالی است که در روش کشت دستی، فقط یک نمونه مشاهده شد که در آن فاصله بین نشاءها بر روی ردیف ۳۵ سانتی‌متر است. به دلیل تجمع نقاط مربوط به منحنی کشت مکانیزه در یک محل، این یکنواختی فاصله بین نشاءها در نمودار کشت مکانیزه نسبت به کشت دستی بهتر می‌باشد.



شکل ٦- مقایسه فاصله بوته‌ها

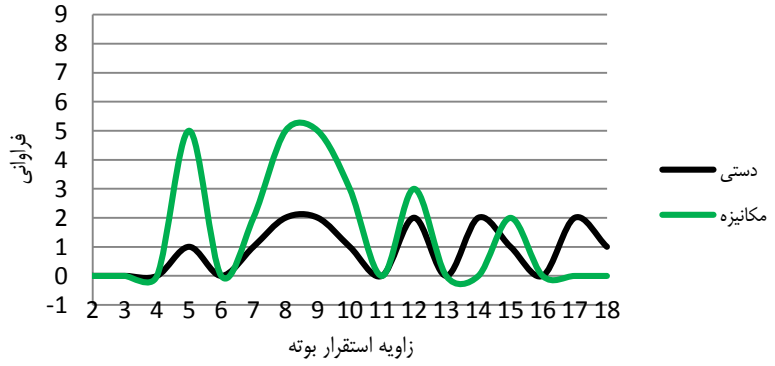
همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود عمق کشت نشاءها در روش کشت مکانیزه به مقدار مطلوب ۱۰ سانتی‌متر نزدیک می‌باشند این به آن معناست که بین دو روش کشت مکانیزه با کاشت ۲۵ نشاء در دقیقه و کشت‌دستی با کاشت ۱۵ نشاء در دقیقه، در یک ردیف کشت، فراوانی مربوط به کشت مکانیزه در عمق ۱۰ سانتی‌متر بیشترین مقدار یعنی عدد ۱۰ می‌باشد که بیشینه مقدار را بین دو نمودار دارد. یکنواختی عمق کشت بین نشاءها در نمودار کشت مکانیزه نسبت به کشت دستی نیز بهتر می‌باشد. بیشینه

عمق برای کشت دستی ۷ سانتی‌متر بوده که بیشینه مقدار آن، تعداد ۴ نشاء از ۱۵ نشاء کاشته شده در هر دقیقه برای این کشت می‌باشد.



شکل٦- مقایسه عمق کاشت

در شکل ۷، زاویه کشت نشاءها نسبت به خط کشت در روش کشت مکانیزه به مقدار مطلوب که قائم بودن بیشتر نسبت به سطح افقی کشت نزدیک‌تر می‌باشند، این به آن معناست که بین دو روش کشت مکانیزه با کاشت ۲۵ نشاء در دقیقه و کشت‌دستی با کاشت ۱۵ نشاء در دقیقه، در یک ردیف کشت، فراوانی کشت مکانیزه برای زاویه استقرار نشاءها در داخل خاک در زوایای ۵، ۸ ،۹ بیشترین مقدار یعنی عدد ۵ نشاء می‌باشد که بیشینه مقدار را بین دو نمودار داراست. از این رو زاویه ایده‌ال را می‌توان بین این سه زاویه که بیشترین فراوانی را دارند انتخاب کرد که طبیعتاً کمترین زاویه استقرار ایده‌ال‌ترین آن‌ها یعنی زاویه ۵ درجه نسبت به سطح افقی کشت می‌باشد. بهترین مقدار این زاویه برای کشت دستی ۵ درجه بوده که بیشینه مقدار آن تعداد ۱ نشاء از ۱۵ نشاء کاشته شده در هر دقیقه برای این کشت می‌باشد. گرچه میزان زاویه استقرار نشاءها در کشت مکانیزه نسبت به کشت دستی بهتر است اما هنوز به صورت کاملاً قائم نمی‌باشد.



شکل۷: مقایسه زاویه استقرار بوته‌ها

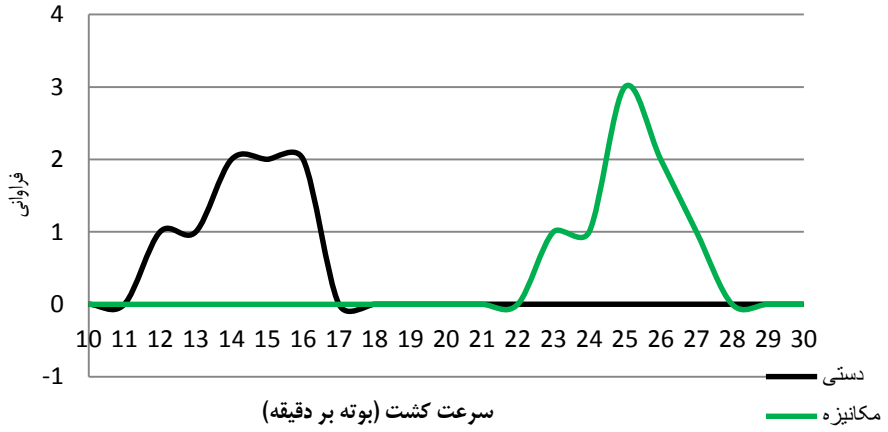
نتایج مقایسه سرعت کاشت نشاء

با مقایسه سرعت‌کاشت در دو روش کشت، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده شد. میانگین سرعت کشت در روش مکانیزه در یک ردیف برابر ۲۵ نشاء بر دقیقه و میانگین سرعت کاشت دستی ۱۵ نشاء بردقیقه به دست آمد. با توجه به کاشت نشاءها در ۲ تیمار و ۴ تکرار که در کل عملیات کاشت ۸ ردیف برای هر یک از کشت های مکانیزه و دستی می‌باشد درشکل ۸، داریم:

در نمودار کشت مکانیزه برای کشت نشاءها در دقیقه بیشینه مقدار عدد ۳ در سرعت کشت ۲۵ نشاء در دقیقه را داراست، این بدان معناست که ۳ ردیف از ۸ ردیف کشت انجام شده دارای سرعت کاشت ۲۵ نشاء در دقیقه می‌باشند. بنابراین برای کشت مکانیزه کاشت ۲۵ نشاء در هر ردیف در دقیقه با توجه به سرعت پیشروی ۲ کیلومتر در ساعت به ثبت رسید.

در نمودار کشت دستی برای کشت نشاءها در دقیقه بیشینه مقدار عدد ۲ در سرعت کشت ۱۴، ۱۵،۱۶ نشاء در دقیقه را داراست، این بدان معناست که ۶ ردیف از ۸ ردیف کشت انجام شده دارای سرعت کاشت ۱۴، ۱۵،۱۶ نشاء در دقیقه می‌باشند، که میانگین این اعداد برابر ۱۵ بوده، بنابراین برای کشت دستی کاشت ۲۵ نشاء در هر ردیف در دقیقه با توجه به سرعت پیشروی ۲ کیلومتر در ساعت به ثبت رسید.

با توجه به ارقام بدست آمده در سرعت پیشروی ۲ کیلومتر در ساعت اختلاف کاشت ۱۰ نشاء در دقیقه بین دو روش کشت بدست می‌آید که کشت مکانیزه را نسبت به کشت دستی در ارجحیت قرار می‌دهد.



شکل ۸ : مقایسه سرعت کشت

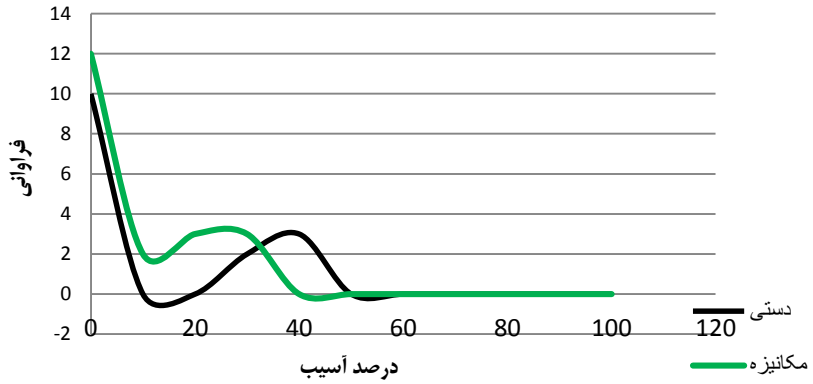
نتایج مقایسه آسیب به نشاء

در طرح مقاسیه آسیب وارد شده به نشاءها بعد از انجام دو روش کاشت دستی و مکانیزه شکل ۴-۵ به دست آمد. با مقاسیه t-های به دست آمده از طرح مقایسه میانگین جفت شده با توجه به جدول ۴-۲، اختلاف معنی‌داری بین این دو روش دیده نشد و بنابراین کشت مکانیزه از لحاظ آسیب مکانیکی وارده به نشاء نسبت به روش کاشت دستی تفاوت معنی‌داری را ندارد. یکنواخت

شدن شیب نمودار ترسیم شده برای دو روش کشت نیز با توجه به تعداد نشاءهای کاشته شده و درصد آسیب رسیده به آن‌ها نسبت به تعداد نشاءها حاکی از این موضوع است.

جدول۲: پارامترهای آماری اختلاف دو دسته داده (آسیب وارده به نشاء)

میانگین‌اختلاف	انحراف معیار	واریانس	t جفت شده	Sig(2-tailed)
۰/۴۵۴	۱/۵۷۲	۲/۴۷۱	۰/۹۵۹	۰/۳۶



شکل۹: مقایسه آسیب به نشاء

ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه

برای نشاءکار ساخته شده که دارای عرض کار ۱متر و سرعت پیشروی ۲ کیلومتر در ساعت می‌باشد، ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه ۰/۲ هکتار در ساعت بود.

نتایج مقایسه هزینه

در مقایسه هزینه‌ها نیز، هزینه‌های غیرمشترک کاشت مکانیزه برابر ۲۰۰ هزار تومان برای اپراتور تراکتور و نشاءکار، ۱۰ هزار تومان سوخت تراکتور با توجه به سوخت سوزانده شده در توقف‌ها و دورهای انجام شده در یک هکتار زمین کشت، که جمع این هزینه‌ها ۲۱۰ هزار تومان در هفت ساعت برای‌کشت یک هکتار می‌باشد و همین سطح را ۳۰ نفرکارگر در یک روز به روش دستی کشت می‌کنند که دستمزد هر یک از آن‌ها ۳۰ هزار تومان می‌شود که جمع این هزینه‌ها ۹۰۰ هزار تومان برای کشت دستی می‌باشد. با مقایسه هزینه‌های دو روش کشت تفاوت ۶۹ هزار تومان در هزینه به دست می‌آید که در آن کشت مکانیزه کاهش هزینه را تقریباً به نسبت یک چهارم در مقابل کشت دستی داراست.

نتیجه گیری کلی

نتایج زیر بعد از طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه نشاءکار نیمه خودکارگوجه‌فرنگی به دست آمد:

۱- سرعت بهینهٔ کارکرد مطلوب دستگاه نشاءکار نیمه خودکار گوجه‌فرنگی ۲ کیلومتر در ساعت است.

۳- میانگین سرعت کشت نشاء در روش مکانیزه ۲۵ نشاء در دقیقه و در کشت دستی میانگین سرعت کشت ۱۵ نشاء در دقیقه بوده که سرعت کشت مکانیزه با تفاوت ۱۰ بوته بر دقیقه نسبت به روش دستی ارجحیت دارد.

۴- میزان آسیب به نشاء در دو روش کشت با توجه به تعداد نشاءهای کاشته شده و درصد آسیب اعمال شده به آن‌ها نسبت به تعداد نشاءها، تفاوت چندانی ندارد.

۵. هزینه کشت مکانیزه با تفاوت ۶۹۰۰۰۰ تومان در روز نسبت به روش دستی کمتر می‌باشد.

۶. ظرفیت مزرعه‌ای دستگاه برابر ۰/۲ هکتار در ساعت می‌باشد.

منابع

بهروزی لار، م. ۱۳۸۶. اصول طراحی ماشین‌های کشاورزی. (تالیف: اجیت سریواستاوا. کارول گورینک. راجر روروباک). ترجمه: حسین مبلی. ناشر: معاونت پژوهشی دانشگاه آزاداسلامی. ۷۰۲ ص.

استاندارد ادوات کاشت. ISO. ۱۳۶۶. روش آزمون دستگاه‌های خودکار سیب‌زمینی. شماره استاندارد ۲۷۸۰.

صناعی، ا .۱۳۷۱. اصول ماشین‌های بذرکار، (تألیف: برناتسکی ، هامان وکانافوسیکی). ترجمه: مرکز نشر دانشگاهی. ۱۷۴ص.

منصوری‌راد، د. ۱۳۸۴. تراکتورها و ماشین‌های کشاورزی. جلد اول. چاپ سیزدهم. ناشر انتشارات دانشگاه بوعلی سینا. ۸۵۳ ص.

مهدیان، ع. ۱۳۸۱. طراحی، ساخت و ارزیابی نشاءکار نیمه‌اتوماتیک کلم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

Brewer, H.L.1988. Experimental an Automatic Feeder for Seedling Transplanter. Appliance. English. Agriculture. Vol. 4(1).

Bernacki . H. Haman.,j. and Kanafojski . G . 1967 . Agricultural Machines Theory and Construction , Published by PWRIL , Warszawa , pp. 826

Chow, J. B, J.Wang.,j.k. and Myers, A. L .1980. Hand-fed lettuce seedling block transplanter , Transaction of the ASAE. 23: 1117-1120

GHaffar,I. 1995.Design and field evaluation of a Low cost Crop transplamter with multiple seedlings feed . Agricultural Mechanization in Asia –Africa and Latin America , 26 (3) : 29-32

Kazmeinkhah.K.2007 .Determination of Energetic and Ergonomic Parameters of a Semi-automatic Sugar-beet Steckling Transplanter. J. Agric. Sci. Technol. Vol. 9: 191-198.

Ladeinde, M . A ., S . Verma.,s.r. and Baksher ,V. 1995 . Performance of semi-automatic tractor - mounted cassava planter . Agricultural Mechanization in Asia – Africa and Latin America , 26 (1) : 27-30

Margolin, A. Bakshev.,V. and Verma , S. R. 1986. Development of semi automatic transplanter. Acta- Horticultura . 187, 158

Shaw, Lawrange N. 1997. Automatic Transplanter For Vegetables. Proc. Fla. State Hort. Soc. 110: 262-263.

Suggs, C. W., Gore. J. W., Peel., H. B. and Seaboch, T. 1986. Self Feeding Transplanter for Tobacco and Vegetable Crops. ASAE Paper No.86-1095. St. Joseph, MI: USA