Archive of SID

تحقیقات سامانه‌ها و مکانیزاسیون کشاورزی/جلد ۲۱/ شماره ۷۴/ بهار و تابستان ۱۳۹۹/ص ۸۲-۶۷

# ارزیابی سامانه‌های نشاکار نیمه خودکار برای کاشت نشای ریشه‌لخت چغندرقند

**اورنگ تاکی[1*] و اردشیر اسدی[2]**

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار؛ و استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۸

## چکیده

**در سال‌های اخیر، توسعهٔ کاشت نشایی چغندرقند با نشای ریشه‌لخت جزو اولویت‌های وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته است. این نوع نشا که در کرت‌های خزانه به صورت سنتی پرورش می‌یابد، از نظر اندازه غیریکنواختی زیادی دارد و بدین لحاظ امکان کاشت تمام خودکار آنها با فناوری غیرهوشمند وجود ندارد. در این راستا، با هدف معرفی یک ماشین نشاکار نیمه‌خودکار برای کاشت نشای ریشه‌لخت، دو ماشین (تیمار) یکی مجهز به چرخ دوار با انگشتی‌های نشاگیر و دیگری مجهز به سامانهٔ انتقال سقوطی در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی مقایسه شدند. در روش سقوطی، افتادن نشاها با طول‌های متفاوت، منجر به قرار گرفتن طوقهٔ آنها در عمق‌های مختلف می‌گردید و در نتیجه کمتر از یک‌سوم نشاهای کاشته شده استقرار می‌یافت. در روش انتقال با استفاده از چرخ‌انگشتی دوار نیز غیریکنواختی نشاها موجب می‌شد نشاها با خاک به اندازهٔ کافی پوشش داده نشوند؛ نتیجه آن بود که کمتر از دوسوم نشاها استقرار می‌یافتند. بدین لحاظ، با حذف سامانه‌های انتقال نشا از این ماشین‌ها و بهینه‌سازی آنها به گونه‌ای که امکان جایگذاری مستقیم نشا در شیاربازکن‌ها توسط کارگر فراهم گردد، این دو ماشین مجددا در قالب طرح کاملا تصادفی مورد مقایسه قرار گرفتند. با حذف سامانه‌های انتقال نشا، کیفیت نشاکاری به طور قابل توجهی بهبود یافت و از بین دو ماشین بهینه‌سازی شده، نوع مجهز به واحدهای شناور با پشته‌سازهای دیسکی، توانست با ۸۶ درصد استقرار کامل نشاها، کاشت قابل قبولی را ممکن سازد. با این حال، پایین بودن ظرفیت مزرعه‌ای ماشین هنوز استفاده از آن را برای مزارع بزرگ با ابهام مواجه می سازد.**

## واژه‌های کلیدی

**کاشت ریشه‌چه، مکانیزاسیون چغندرقند، نشاکاری**

## مقدمه

چغندرقند یکی از محصولات زراعی است که در دورهٔ رشد خود، در حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ روز از زمان کاشت بذر تا برداشت محصول، به میزان قابل توجهی آب نیاز دارد. کاشت نشایی چغندرقند، با کاستن از دورهٔ رشد به مدت ۶- ۸ هفته، می‌تواند موجب کاهش مصرف آب شود و افزایش عملکرد محصول و کاهش هزینهٔ نهاده‌ها را به دنبال داشته باشد. از دیگر مزایای نشاکاری، افزایش عملکرد محصول به علت استقرار یکنواخت‌تر بوته‌هاست. در کاشت چغندرقند، برتری روش نشاکاری نسبت به روش بذرکاری از نظر عملکرد محصول به حدود ۱۰ تن در هکتار در موارد زود کشت و ۲۲ تن در هکتار در موارد دیر کشت گزارش شده است. با این روش، تفاوتی در مقدار قند ریشه‌ها مشاهده نشده است اما شکل ریشه‌ها در روش نشاکاری کروی‌تر از روش بذرکاری است (Scott & Bremner, 1966).

* نگارندهٔ مسئول: Email: orangtaki@yahoo.com

http://doi. 10.22092/erams.2019.122669.1266



www.SID.ir

Archive of SID



یکی از مزیت‌های نشاکاری نسبت به روش بذرکاری، سهولت وجین کردن مکانیکی است. در تولید چغندرقند به روش بذرکاری، نیروی انسانی مورد نیاز برای وجین علف‌های هرز در سراسر دورهٔ رشد به ۱۵۰ ساعت- کارگر در هکتار می‌رسد. در روش نشاکاری، استحکام بوته‌ها در حدی است که وجین‌کردن را حتی از پنج روز پس از استقرار می‌توان با استفاده از وجین‌کن‌های مکانیکی آغاز کرد که این امر نیروی کارگری را به کمتر از ۱۰ ساعت- کارگر در هکتار می‌رساند (Melander, 2000). با این همه، نشاکاری به علت در پی داشتن هزینه‌های پرورش و انتقال نشا، گاهی باصرفه نیست. برای مثال، بعضی از محققان می‌گویند سود خالص ناشی از افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌های داشت چغندرقند در روش نشاکاری پاسخگوی هزینه‌های پرورش و انتقال نشا نیست. این مقایسه بر مبنای استفاده از نشاهای پرورش یافته در گلدان‌های کاغذی بوده است (Scholz *et al*, 1985).

روش پرورش نشا در گلدان‌های کاغذی در ابتدای دههٔ ۶۰ میلادی برای کاشت چغندرقند در ژاپن توسعه یافت و کلیهٔ سازوکارهای آن شامل دستگاه‌های ساخت و پرکردن گلدان‌ها و نشاکار خودکار برای کاشت در زمین اصلی معرفی گردید (Masuda & Kagawa, 1963). گلدان کاغذی از یک لوله به قطر ۰/۷۵ اینچ و طول ۵/۱ اینچ تشکیل شده است که از مخلوط کاغذ و فیبرهای دیگر ساخته می‌شود. نشاها به همراه گلدان کاغذی در خاک قرار می‌گیرند و پس از مدتی کاغذ اطراف نشا تجزیه می‌شود. از مهمترین اشکالات این نوع نشا، جذب نشدن رطوبت خاک از طریق جدارهٔ کاغذی گلدان عنوان شده است که باعث پژمردگی گیاه و با تامین نشدن رطوبت باعث از بین رفتن برگ‌ها می‌گردد. در این روش، نشاها در روزهای اول انتقال به زمین اصلی، تنها از طریق انتهای باز لوله (گلدان) با خاک در تماس هستند (Anon, 1981).

مقایسهٔ استفاده از نشای ریشه‌لخت با گلدان‌های کاغذی نشان می‌دهد که در نشاهای ریشه‌لخت نیز عارضهٔ تشنگی و در نتیجه پژمردگی پس از انتقال نشاها به زمین اصلی و تا قبل از بارندگی نیز مشاهده می‌شود. اگرچه این امر منجر به استقرار کمتر از ۶۰ درصد نشاها گردید، اما قند استحصال شده در واحد سطح، برابر یا بیشتر از مقدار قند در روش بذرکاری با ۹۶ درصد استقرار بوته‌ها بوده است. این محققان می‌گویند با توجه به غیریکنواختی نشاهای ریشه‌لخت و دشواری استفاده از آنها در ماشین‌های تمام خودکار، هنوز روش گلدان‌های کاغذی قابلیت توسعه بیشتری دارد (Scholz *et al*, 1985). در ایران در ابتدای دهه هفتاد، طرح پایلوت استفاده از نشاهای گلدانی با همکاری کارشناسان ژاپنی در کشت چغندرقند به اجرا درآمد. اما به علت هزینه‌های زیاد مرتبط با تهیه و انتقال نشا و قیمت پایین محصول، از این طرح استقبال نشد. در سال‌های اخیر، با توجه به کمبود آب، به نشاکاری چغندرقند مجددا توجه شده است. در این راستا موسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ بذر چغندرقند استفاده از نشای ریشه‌لخت را پیشنهاد کرده که نتایج مشاهده‌ای تحقیقات مقدماتی کاشت آن رضایت‌بخش بوده است. در این روش، نشاهای کاشته شده در خزانه (معمولا در مناطق گرم‌تر) پس از ۴۵-۴۰ روز کنده و پس از سرزنی (قطع اندام هوایی از حدود ۳-۲ سانتی‌متر بالاتر از طوقه) به زمین اصلی منتقل می‌شوند. قطع اندام هوایی گیاه

www.SID.ir

Archive of SID


برای جلوگیری از تنش های رطوبتی قبل از استقرار و جلوگیری از مصرف ذخیرهٔ رطوبت ریشه است (Yoosefabadi, 2014). این بدین معنی است که نشای ریشه‌لخت چغندرقند از یک ریشهٔ دوکی‌شکل به طول ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر تشکیل شده است که در قسمت طوقهٔ آن دمبرگ‌هایی به طول ۲ تا ۳ سانتی‌متر متصل است. با توجه به غیریکنواختی زیاد در اندازهٔ این نوع نشاها، به نظر می‌رسد کاشت اتوماتیک آنها نیاز به موزع‌های هوشمند دارد که دسترسی به این فناوری مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی خواهد دبود. بنابراین، بیشتر نشاهای ریشه‌لخت مورد استفاده در دنیا با سیستم‌های نیمه‌خودکار کاشته می‌شوند که در آن نشاگذاری به عهدهٔ کارگر است. در این سیستم، نشاها معمولاً با دو روش به داخل شیارها انتقال داده می‌شوند. در روش اول، مجموعه‌ای از انبرک‌ها روی چرخ دوار یا زنجیر بی‌انتها قرار دارند که در جلو دست کارگر باز می‌شوند؛ انبرک‌ها پس از گرفتن نشا، آن را در داخل شیار رها می‌کنند. نمونه‌ای از این نوع ماشین را کاظمین‌خواه (Kazeminkhah, 2007) طراحی کرد و برای کاشت ریشه‌چه (برای تولید بذر چغندرقند) به کار برد. با این ماشین که به انگشتی نشاگیر مجهز بود، وی توانست ریشه‌چه‌ها را با فاصلهٔ ۵۰ سانتی‌متر روی خطوط کاشت، به حالت عمودی مستقر کند. سرعت عمل هر اپراتور در این ماشین، ۱۴ ریشه‌چه در دقیقه گزارش شده است.

در اواخر دههٔ هشتاد خورشیدی، نمونه‌ای از این نشاکارها را از ایتالیا به صورت الگو به ایران وارد و کارکرد آن را برای کاشت نشای ریشه‌لخت پیاز ارزیابی کردند. ارزیابی این ماشین نشان داد که متوسط تعداد نشای کاشته شده به ازای هر اپراتور (هر ردیف کاشت) ۲۰ تا ۲۲ نشا در دقیقه است؛ و ظرفیت کم این ماشین، توجیه اقتصادی آن را به چالش کشید (Taki & Asadi, 2014).

در نمونه‌ای دیگر از ماشین‌های مجهز به انگشتی نشاگیر که در هندوستان ساخته شد، کاشت نشاهای ریشه‌لخت محصولات مختلف روی پشته و بستر مسطح ارزیابی و گزارش شد که درصد نکاشت هنگامی از ۳ درصد کمتر است که سرعت پیشروی از ۱ کیلومتر بر ساعت بیشتر نباشد. در نتایج ارزیابی این ماشین آمده است که درصد استقرارنیافتگی نشاها با روش دستی معادل است و ماشین به میزان ۷۰ تا ۸۰ درصد نیروی کارگری را کاهش می‌دهد. با این حال، با توجه به ظرفیت پایین ماشین و سرمایهٔ مورد نیاز برای خرید ماشین و تراکتور، صرفه‌جویی در هزینه‌ها تا حداکثر ۱۰ درصد تخمین زده می‌شود (Manes *et al.*, 2010).

در روش دوم، نشاها در داخل سلول‌های یک موزع چرخان (چرخ و فلک افقی) قرار داده می‌شود و با قرار گرفتن هر سلول در بالای لولهٔ سقوط، نشا بر اثر وزن خود به داخل لوله رها می‌شود. در این روش، معمولاً از نشاهای مقطع‌دار استفاده می‌شود و وزن تودهٔ خاک اطراف ریشه حرکت نشا را در لولهٔ سقوط تضمین می‌کند. برای حصول اطمینان از استقرار نشا پس از سقوط، در بعضی از این سیستم‌ها در داخل شیاربازکن مکانیسم رفت و برگشتی وجود دارد که نشا را پس از سقوط در داخل شیار به سمت عقب می‌فشارد و از خوابیدگی آن پس از سقوط جلوگیری می‌کند. وجود این مکانیسم نیز به نوبهٔ خود ممکن است موجب اعمال آسیب‌هایی به نشاهای ظریف گردد. در روش سقوط آزاد، معمولا فاصله بین بوته‌ها دقت کمتری دارد تا در روش استفاده از انبرک. در تحقیقی دربارهٔ نشاهای پرورش‌یافته در سلول‌های کاغذی، معلوم شد درصد بوته‌های استقراریافته در


www.SID.ir

Archive of SID



فاصله‌های مطلوب، در ماشین مجهز به موزع چرخان ۲/۵ برابر کمتر است تا در ماشین مجهز به انبرک‌های نشاگیر (Suggs *et al.*,1986).

حسینی و لغوی (Hoseini & Loghavi, 2009) با هدف بالابردن سرعت و دقت کاشت نشای گلدانی چغندرقند، یک نشاکار نیمه خودکار طراحی کرند که موزع آن از نوع سلولی چرخان بود و برای رعایت دقیق فاصلهٔ نشاها روی خطوط، آن را به یک میکروکنترلر مجهز کرد که از سنسورهای مادون قرمز نصب شده روی چرخ‌ها فرمان می‌گرفت.

هدف از این تحقیق ارائهٔ طرحی است برای ساخت ماشینی مناسب برای کاشت نشای ریشه‌لخت چغندرقند؛ در این طرح، روش‌های مختلف انتقال و جایگذاری در خاک شامل روش سقوطی، روش استفاده از انبرک های نشاگیر و روش جایگذاری مستقیم نشا در شیار بررسی و بر مبنای آن ماشینی برای انتقال نیمه‌مکانیزه نشا در این محصول معرفی شد.

## مواد و روش‌ها

برای بررسی مناسب‌ترین روش انتقال و جایگذاری نشا به داخل شیار، در مرحلهٔ اول دو سامانهٔ متداول انتقال نشا شامل چرخ انگشتی دوار و انتقال سقوطی (ثقلی) بررسی شدند. این دو ماشین نشاکار که هر یک بر مبنای یکی از دو روش فوق طراحی شده بود، به عنوان دو تیمار در قالب یک طرح کاملا تصادفی با شش تکرار مقایسه شدند. در ماشین اول، هرکارنده مجهز به یک چرخ دوار است که انبرک‌های نشاگیر در محیط آن قرار گرفته‌اند و با دوران آن نشاها به شیار باز شده با شیاربازکن انتقال می‌یابد؛ این نشاها را کارگر، که در بالا مستقر است، بین انبرک‌ها قرار می دهد (شکل ۱). با باز شدن انبرک در داخل شیاربازکن، نشا در داخل شیار رها می‌شود و چرخ‌های فشار، خاک‌دهی پای نشا را به انجام می‌رسانند. این واحدها را می‌توان با توجه به عرضشان تا ۵۰ سانتی‌متر به یکدیگر نزدیک کرد. هر یک از این واحدهای کاشت مجهز به یک صندلی کارگر و یک جعبهٔ ذخیرهٔ نشاست. با توجه به بزرگی طول نشاها (تا ۲۵سانتی‌متر) و اینکه شیاربازکن دستگاه تا این عمق در خاک نفوذ نمی‌کند، تغییراتی در واحد کارنده اعمال شد تا بتوان ضمن دستیابی به عمق کاشت مطلوب، نشاها را روی بستر پشته‌ای کشت کرد. بدین لحاظ، به جای چرخ‌های فشار ماشین، دو دیسک ۱۸ اینچی با آرایش همگرا گذاشته شدند (شکل ۱). در حقیقت، ماشین به یک پشته‌ساز دیسکی مجهز گردید که پشته‌هایی به ارتفاع تقریبی ۱۷-۱۵ سانتی‌متر ایجاد می‌کند و انگشتی‌ها نشاها را در وسط پشته قرار می‌دهند. در این حالت، بخشی از ارتفاع نشاهای بلند در داخل شیار ایجاد شده با شیاربازکن و بقیه در خاک جمع‌آوری شده در پشته قرار می‌گیرد.

ماشین دوم مورد ارزیابی، مجهز به سامانهٔ انتقال سقوطی نشا به شیاربازکن است. واحد کارندهٔ این ماشین (نمونه ساخت داخل) یک موزع چرخان استوانه‌ای دارد که نشاگذاری در سلول‌های آن دستی (با نیروی کارگر) است. این استوانهٔ دوار در بالای لولهٔ سقوط و در صفحهٔ افقی حرکت دورانی دارد. با چرخش استوانهٔ دوار، نشاها به طور منظم از آن خارج و در فاصله‌های زمانی مشخص وارد لولهٔ سقوط می‌شوند. در ادامه، نشاها بر اثر نیروی وزن رها می‌شوند و پس از خروج از لولهٔ سقوط به درون شیاری می‌افتند که شیاربازکن ایجاد کرده است. پس از قرارگیری نشاها در شیار، خاک‌دهی به اطراف نشا را چرخ‌های فشار انتهایی به عهده خواهند داشت

www.SID.ir

Archive of SID



(شکل ۲).

در این ماشین نیز نفوذ نیافتن شیاربازکن تا عمق ۲۵ سانتی‌متر موجب شد تا نصب یک واحد پشته‌ساز در پشت واحد کارنده ضروری احساس شود. بدین لحاظ، دو واحد فاروئر برگردان‌دار در طرفین هر واحد کارنده نصب گردید تا پشته‌ای روی خطوط کاشت ایجاد کنند. برای این کار، واحدهای کارنده روی شاسی متصل به اتصال سه نقطهٔ تراکتور سوار و فاروئرها روی یک شاسی در پشت شاسی اول سوار شدند. دو شاسی از طریق دو اتصال چهار بازویی به یکدیگر متصل شدند تا فاروئرها از ناهمواری‌های زمین تبعیت کنند.

**شکل ۱ – الف) نشاکار انبرکی با سامانه انتقال چرخ انگشتی و ب) جایگزین کردن چرخ‌های فشار با دیسک‌های پشته‌ساز**

**Fig. 1- a) Transplanter with rotary gripper planting unit and b) press wheels replaced with double disk ridger**

**شکل ۲ – نشاکار مجهز به سامانهٔ سقوطی به انضمام فاروئرهای متصل روی یک شاسی مجزا در عقب**

**Fig. 2- Transplanter with seedling delivery tubes (gravitational) and furrowers on a separate tool-bar**



www.SID.ir

Archive of SID



برای ارزیابی سامانه‌ها، این ماشین‌ها به یک تراکتور مسی فرگوسن (۲۸۵) مجهز به سامانهٔ تامین سرعت خزشی (Taki & Asadi, 2014) متصل و با سرعت خزشی برابر ۰/۳ کیلومتر در ساعت (برای دستیابی به فواصل بین بوته‌ای ۱۸ تا ۲۰ سانتی‌متر) به کار گرفته شدند. سرعت مناسب برای نشاکاری بستگی دارد به فاصله‌ای که بین بوته‌ها در نظر می‌گیریم؛ برای سبزی‌های نشایی (با فاصلهٔ بین بوته‌ای ۳۰ سانتی‌متر) سرعت مناسب در حدود ۰/۵ کیلومتر در ساعت توصیه شده است (Ranjbar *et al.*,1996). دلیل مجهز کردن تراکتور به سامانهٔ تأمین سرعت خزشی آن است که کارگران در کمترین سرعت تراکتورهای متداول در ایران نیز فرصت کافی برای نشاگذاری در فاصلهٔ مطلوب را ندارند. نشاگذاری در روش سقوطی با رها کردن نشا در لولهٔ سقوط و در روش چرخانگشتی با قرار دادن دمبرگ‌های نشا بین انگشتی‌های نشاگیر توسط کارگر انجام شد. علت قرار دادن دمبرگ‌ها در بین انگشتی ها آن است که با حرکت چرخ دوار، انگشتی‌ها از روی سطح خاک حرکت می‌کنند و قرار دادن غده (ریشه) نشا در بین انگشتی‌ها باعث بالا ماندن بخشی از نشا از خاک و در نتیجه استقرار نیافتن آن می‌گردید.

عملیات کاشت با هر ماشین در ۶ تردد به طول ۲۵ متر در مزرعه‌ای ارزیابی شد که خاک‌ورزی اولیهٔ آن تا عمق ۲۵ سانتی‌متر و خاک‌ورزی ثانویهٔ آن با سیکلوتیلر اجرا شده بود. برای ارزیابی پارامترهای مرتبط با کیفیت نشاکاری، سه نمونه یک متری به طور تصادفی در طول هر تردد (تکرار) انتخاب و علامت‌گذاری شد و در این فواصل پارامترها اندازه‌گیری و در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی با ۶ تکرار با یکدیگر مقایسه شدند.

پارامترهای اندازه‌گیری شده برای ارزیابی کیفیت نشاکاری عبارت بودند از: درصد نشاهای استقراریافته و زاویهٔ استقرار آنها نسبت به خط عمود، درصد نشاهای مدفون، عمق قرارگیری طوقه، و درصد نشاهای پوشش نیافته. در حین نشاکاری، تعداد نشای کاشته شده توسط کارگر و مدت زمان نشاکاری نیز اندازه‌گیری شد.

نشاهای استقراریافته به نشاهایی اطلاق می‌شود که تا طوقه در خاک قرار گرفته‌اند یا حداکثر ۳ سانتی‌متر از طوقهٔ آنها از خاک بالاتر است. این نوع نشاها زاویهٔ قرارگیری‌شان نسبت به خط عمود اندازه‌گیری شد و در سه طبقه قرار داده شدند: نشاهای با زاویهٔ کمتر از۱۰ درجه (مطلوب). نشاهای با زاویهٔ بین ۱۰ تا ۲۵ درجه، و نشاهای با زاویهٔ بزرگ‌تر از ۲۵ درجه.

نشاهای پوشش نیافته نشاهایی هستند که طوقهٔ آنها بیش از ۳ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک قرار می‌گیرد. برای محاسبهٔ درصد نشاهای مدفون، فاصله‌های بین بوته‌ای بالاتر از ۲۲/۵ سانتی‌متر (۱/۵ برابر فاصله مورد انتظار) بررسی و تعداد نشاهای کاملا پوشیده شده با خاک، تعیین گردید. نشاهای مدفون در دو گروه مختلف شامل نشاهای مدفون در کف شیار به حالت افقی و نشاهای پوشیده شده با حداکثر سه سانتی‌متر خاک، مجزا گردیدند. (نشاهایی که طوقهٔ آنها با حداکثر ۳ سانتی‌متر خاک پوشیده شود تا ۵۰ درصد امکان سبز شدن دارند). پس از تعیین این شاخص‌ها، ردیف‌های کاشته شده آبیاری شدند و از نسبت تعداد بوته‌های استقراریافته دو هفته پس از آبیاری بر کل نشاهای کاشته شده (شامل مجموع دفن شده‌ها و رها شده‌ها و استقراریافته‌ها) نسبت استقرار نشاها به دست آمد.

غیریکنواختی اندازهٔ نشاها در هر دو روش انتقال

www.SID.ir

Archive of SID


نشا به شیاربازکن، به استقرارنیافتن بخش قابل توجهی از نشاها می‌انجامید، از این‌رو در مرحلهٔ دوم تحقیق امکان جایگذاری مستقیم نشا در شیار توسط کارگر و حذف سامانهٔ انتقال نشا در هر دو نشاکار بررسی شد. با حذف سامانه‌های انتقال، اجزای اصلی ماشین‌ها به یک شیاربازکن و یک واحد پشته‌ساز تقلیل یافت و محل نشستن کارگران تا سطح خاک پایین آورده شد تا امکان قرار دادن مستقیم نشا در شیار خاک توسط کارگر فراهم شود. در این مرحله نیز دو ماشین مورد نظر(پس از حذف سامانه انتقال نشا) مجددا در قالب طرح کاملا تصادفی، مشابه آزمایش قبلی، مقایسه شدند. در ماشین نوع اول (مجهز به پشته‌ساز دیسکی)، هر واحد کارنده به صورت مستقل (شناور) روی دیرک‌افزار سوار می‌شد (شکل ۳). از مزیت‌های این نوع پشته‌ساز آن است که تمایل به نفوذ در داخل خاک ندارد و برای عملکرد مطلوب نیاز به اعمال نیروی فشارنده در خاک دارد. این مزیت امکان نصب صندلی را روی واحد کاشت و اعمال نیروی وزن کارگر را روی واحد کاشت فراهم می‌کند. صندلی‌های بزرگ ماشین، این امکان را برای کارگران فراهم می‌آورند که به صورت چهار زانو یا دو زانو بنشینند (شکل ۳). برای راحتی کارگران، زیر محل نصب مخازن نشا نیز جا پا هایی تعبیه شده تا آنها پاهایشان را دراز کنند و روی آنها قرار دهند.

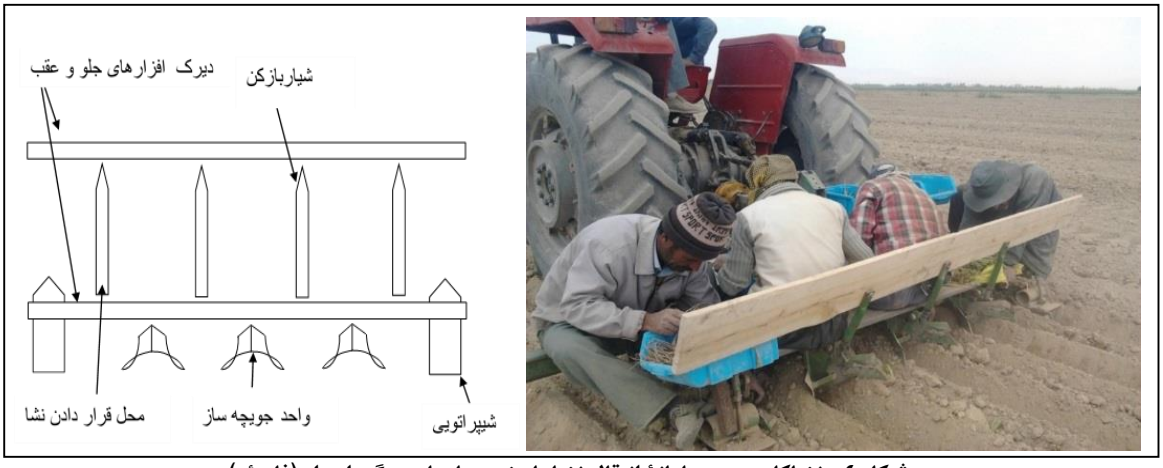
در ماشین دوم با حذف سامانهٔ انتقال نشا و چرخ‌های فشار، شیاربازکن‌های دستگاه روی دیرک‌افزار جلویی و عوامل پشته‌ساز برگردان‌دار (فاروئرها) روی شاسی دوم باقی گذاشته شدند. با اعمال تغییراتی، طول شیاربازکن‌ها تا حدی افزایش یافت که انتهای آنها در محل موج همگرای خاک در جلو پشته‌سازها قرار گیرد (شکل ۴). بلند بودن طول شیاربازکن (به طول ۴۰ و ارتفاع ۲۳ سانتی‌متر) باعث می‌گردد که تداخلی در حرکت خاک در حال باز شدن با شیاربازکن‌ها و موج خاک در حال جمع شدن با فاروئرها ایجاد نشود. در این حالت، نشاها توسط کارگران تا سطح طوقه در داخل شیار قرار می‌گیرند و تا استقرار کامل نگه داشته می‌شوند. این ماشین متشکل از چهار واحد شیاربازکن و پنج واحد پشته‌ساز روی دو شاسی متصل به هم و یک صندلی سراسری برای نشستن کارگران است و از طریق اتصال سه نقطه روی تراکتور (شکل ۴) سوار می‌شود. ارزیابی اولیه ماشین نشان داد که به علت تمایل زیاد فاروئرها به نفوذ در خاک، نشستن چهار کارگر روی نفوذ بیش از حد آنها را به همراه دارد و بیش‌باری ماشین به بوکسوات چرخ‌های تراکتور و توقف حرکت می‌انجامد. بنابراین، برای کاهش نفوذ فاروئرها به داخل خاک، به جای فاروئرهای اولی و آخری، شیپرهای قایقی شکل (اتویی) گذاشته شدند که تمایل به نفوذ در خاک ندارند. با این تدبیر، شیپرها در طرفین ماشین ضمن ساختن پشته، بخشی از وزن کارگران را به زمین منتقل می‌کنند و ماشین در تعادل وزنی با عکس‌العمل خاک قرار می‌گیرد. ماشین‌های بدون سامانهٔ انتقال نشا سپس به همان روش ارزیابی ماشین‌های دارای سیستم انتقال، مقایسه و ارزیابی شدند.


www.SID.ir

Archive of SID

**شکل ۳- نشاکار بدون سامانهٔ انتقال نشا با پشته‌سازهای دیسکی**

**Fig. 3- Transplanter with double disk ridgers and no planting unit**




**شکل ٤- نشاکار بدون سامانهٔ انتقال نشا با پشته‌سازهای برگردان‌دار (فاروئر)**

**Fig. 4- Transplanter with furrowers and no planting unit**

## نتایج و بحث

### بررسی شاخص‌های کیفیت نشاکاری در نشاکارهای مجهز به سیستم انتقال نشا

نتایج مقایسهٔ میانگین های شاخص‌های کیفیت نشاکاری در ماشین‌های مجهز به سیستم انتقال نشا در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول نشان می‌دهد نزدیک به نیمی (۴۹درصد) از کل نشاهای کاشته شده در سیستم انتقال سقوطی دفن شده‌اند که نسبت به نوع چرخانگشتی به طور معنی‌داری بیشتر است. در این روش، با توجه به اینکه عمق شیار یکنواخت در نظر گرفته می‌شود، کوتاه بودن طول بعضی نشاها، نسبت به اندازهٔ متوسط آنها، باعث می‌شود که نشا همراه با ساقهٔ آن (دمبرگ‌های باقی‌مانده) در هنگام سقوط به کف شیار برخورد کند و در زیر خاک ریخته شده با فاروئرها دفن شود. میزان نشای استقراریافته با ماشین مجهز به سیستم سقوطی، ۳۶ درصد است که ۱۱ درصد آن نیز به علت داشتن زاویهٔ تمایل زیاد (بیش از ۲۵ درجه)، کیفیت مطلوبی ندارند. این مقدار به طور معنی‌داری کمتر از مقداری است که با روش انتقال چرخانگشتی نشا می‌شود و بیانگر عملکرد نامطلوب این سیستم برای این نوع نشاست. غیریکنواختی زیاد در قطر

www.SID.ir

Archive of SID


نشاها باعث می‌شود فشار جانبی خاک از طرف چرخ‌ها، که برافراشتن نشا را در روش سقوطی برعهده دارد، نشاها را تا زوایای مختلف برافراشته کند. به معنای دیگر، نشاهای نازک کاملا به حالت عمود نمی‌رسند و نشاهای خیلی قطور به سمت جلو متمایل می‌شوند. در این حالت، ۱۵ درصد نشاها (معمولا نشاهای قطور) در هنگام خاکدهی با چرخ‌ها از خاک بالا می‌آیند و به عنوان نشای پوشش نیافته طبقه‌بندی می‌شوند. استقرار نیافتن نشاها به شکل مطلوب باعث می‌شود میزان نشای سبز شده پس از آبیاری از ۳۷ درصد تجاوز نکند که بخش اعظم آنها را نشاهای استقراریافته و بخش کمی را نشاهای دفن شده با حداکثر ۳ سانتی‌متر خاک تشکیل می‌دهد. بررسی نشاهای مدفون با ۳ سانتی‌متر خاک نشان می‌دهد که تماس دمبرگ‌ها با خاک باعث خشک شدن سریع و از بین رفتن قسمت اعظم آنها می‌گردد. این حالت برای نشاهای کوچک‌تر با ذخیرهٔ رطوبتی کمتر، بیشتر اتفاق می افتد. بررسی شاخص‌های کیفیت نشاکاری برای ماشین مجهز به سیستم انتقال نشای چرخانگشتی، (جدول ۱)، نشان می‌دهد که درصد نشاهای استقراریافته با استفاده از این ماشین به طور معنی‌داری بیشتر از درصد نشاهای استقراریافته با استفاده از سیستم انتقال سقوطی است. درصد غده‌های دفن شده در این ماشین به‌طور معنی‌داری کمتر است تا در سیستم سقوطی. سیستم انتقال چرخانگشتی اصولا باید بهترین روش برای انتقال نشای ریشه‌لخت چغندرقند باشد زیرا در این روش دمبرگ‌ها در بین انگشتی‌های نشاگیر قرار می‌گیرند و با عبور آنها از سطح خاک، نشاها صرف‌نظر از طولشان تا محل طوقه در داخل خاک قرار می‌گیرند. اما غیریکنواختی نشاها از نظر تعداد و قطر مجموعهٔ دمبرگ‌ها باعث تاخیر در رها شدن بموقع نشاها و بالا آمدن مجدد نشا از خاک می‌شود. این حالت باعث شده است تا نشاهای پوشش‌نیافته در این ماشین ۲۸ درصد کل نشاها را تشکیل دهند که چشمگیر و به طور معنی داری از روش انتقال سقوطی بیشتر است. تاخیر در رها شدن نشا و غیر یکنواختی‌های جزیی در حجم خاک جمع‌آوری شده با دیسک‌های پشته‌ساز باعث خوابیدگی بیش از نیمی از نشاهای استقراریافته به سمت جلو شده است (مجموع نشاهای با زاویه بیش از ۱۰ درجه). در این زمینه، گزارش کاظمین‌خواه (Kazeminkhah, 2007) نشان می‌دهد که ۹۵ درصد ریشه‌چه[1]های چغندرقند کاشته شده با ماشین انبرک دار به حالت عمودی مسقر شده‌اند. علت این اختلاف را می‌توان، در مقایسه با نشاهای پرورش‌یافته برای تولید غده، به اندازهٔ کوچک‌تر و یکنواخت‌تر ریشه‌چه‌ها مربوط دانست که برای تولید بذر انتخاب می‌شوند.

با اندازه‌گیری درصد نشاهای سبز شده بعد از دو آبیاری، مشخص شد ۶۱ درصد نشاها در ماشین مجهز به سیستم انتقال چرخانگشتی موفق به ادامهٔ رشد شده‌اند که به طور معنی‌داری بیشتر از درصد نشاهای رشد یافته در سیستم سقوطی است. با این حال، درصد نشاهای سبز شده در این ماشین نیز انتظار کشاورزان را تامین نمی‌کند و نیاز به واکاری دارد که با افزایش هزینه ها و تاخیر در مرحلهٔ کاشت همراه است.

1- Steckling


www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۱- مقایسهٔ میانگین‌های شاخص‌های ارزیابی عملکرد نشاکارهای سقوطی و چرخ‌انگشتی**

**Table 1- Means of field performance parameters for gravitational and rotary grippers transplanters**

| شاخص‌های کیفیت نشاکاری Quantitative parameters of transplanting | | سیستم انتقال نشای سقوطی G delivery | سیستم انتقال نشای چرخ‌انگشتی Rotary grippers | ضریب تغییرات (درصد) CV (%) |
|---|---|---|---|---|
| نشاهای استقراریافته (درصد) Established seedlings (%) | با زاویهٔ استقرار کمتر از ۱۰° With establishment angle lower than 10° | 6b* | 11a | 24.6 |
| | با زاویهٔ استقرار بین ۱۰° تا ۲۵° With establishment angle between 10° and 25° | 19b | 32a | 15.2 |
| | با زاویهٔ بیش از ۲۵° With establishment angle higher than 25° | 11b | 21a | 17.3 |
| | جمع Sum | 36 | 64 | |
| نشاهای پوشش‌نیافته (درصد) | | 15b | 28a | 15.6 |
| نشاهای دفن شده (درصد) Buried seedlings (%) | پوشیده شده با حداکثر سه سانتی‌متر خاک Covered at most with 3 cm of soil | 27a | 7b | 12.9 |
| | خوابیده در کف شیار Laid at the bottom of furrow | 22a | 1b | 21.8 |
| | جمع Sum | 49 | 8 | |
| نشاهای سبز شده پس از دو آبیاری (درصد) Seedlings recovered after two irrigation (%) | | 37b | 61a | 10.7 |

*در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Mean with similar letters in each column are not statistically significant (Dancan test)

## بررسی شاخص‌های کیفیت نشاکاری در نشاکارهای فاقد سیستم انتقال نشا

جدول ۲، نتایج مقایسهٔ میانگین‌های شاخص‌های کیفیت نشاکاری برای نشاکارهای فاقد سیستم انتقال نشا، نشان می‌دهد که درصد سبز نهایی در این دو ماشین، نسبت به ماشین‌های مجهز به سیستم انتقال نشا، به طورچشمگیر بهبود یافته است. جایگذاری هوشمند نشا توسط کارگران با رعایت عمق و زاویهٔ مناسب، تاثیر بسزایی در استقرار و سبز شدن نشاها داشته است. با این حال، ناشناور بودن واحدهای خاک‌ورز و پشته‌ساز در نوع مجهز به پشته‌ساز برگردان‌دار باعث ایجاد غیریکنواختی در ارتفاع پشته‌ها و تطابق نداشتن با ناهمواری‌های زمین بوده است. این امر سبب گردیده باز هم درصد قابل‌توجهی از نشاها به صورت مدفون (۲۲ درصد) و و یا بدون پوشش (۱۱ درصد) باقی بمانند که عامل اصلی پایین‌تر بودن درصد سبز نهایی در این ماشین است.

در ماشین با پشته‌سازهای دیسکی که واحدهای شناور ناهمواری‌های زمین را دنبال می‌کنند، نشاهای پوشیده شده با خاک و بدون پوشش به‌طور معنی‌دار، نسبت به نوع مجهز به پشته‌ساز برگرداندار، کاهش و به تبع آن درصد سبز نهایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است.

از جدول ۲ می‌توان دریافت که اگر چه نشاها به طور مستقیم با هدف استقرار عمودی داخل شیار

www.SID.ir

Archive of SID



قرار داده می‌شوند، هنوز درصد قابل توجهی از آنها (حتی در نوع دیسکی) با زاویهٔ ۲۵-۱۰ درجه و حتی بیشتر مستقر شده‌اند. علت این امر در برخی موارد بی‌دقتی کارگران و در برخی دیگر گیرکردن جریان خاک بین عوامل پشته‌ساز است. برابر مشاهدات مزرعه‌ای، تجمع کلوخ و بقایای گیاهی در بین عوامل پشته‌ساز، به کشیده شدن آنها روی خط کاشت و منحرف کردن نشاها از خط عمود می‌انجامد. انحرافات تا حدود ۲۵ درجه ظاهرا مشکلی در استقرار ریشه‌ها ایجاد نمی‌کند، اما آماده‌سازی بستر کاشت به شکل عاری از کلوخ برای دستیابی به استقرار عمودی نشاها و جلوگیری از بدشکل شدن غده‌ها، ضروری به نظر می‌رسد. سریواستاوا و همکاران (Srivastava *et al.*, 2006) معتقدند مهم‌ترین شاخص برای ارزیابی ماشین‌های نشاکار، قرار گرفتن نشاها در راستای صحیح و تماس داشتن کافی آنها با خاک است. کاشت موفق نشا بر طبق نظر مانیلا و شا (Munilla & Shaw, 1987)، وقتی است که تمایل نشاها از خط عمود، پس از کاشت در خاک، کمتر از ۳۰ درجه باشد.

**جدول ۲- مقایسهٔ میانگین شاخص‌های ارزیابی عملکرد نشاکارهای بدون سیستم انتقال نشا**

**Table 2- Means of field performance parameters for transplanters with no planting unit**

| ضریب تغییرات (درصد) | پشته‌ساز دیسکی Double disk ridger | پشته‌ساز برگردان‌دار Furrowers | شاخص‌های کیفیت نشاکاری Transplanting quality | Parameters |
|---|---|---|---|---|
| 6.7 | | | با زاویهٔ استقرار کمتر از ° ۱۰ With establishment angle lower than 10° | نشاهای استقراریافته (درصد) Established seedlings (%) |
| 12.1 | | | با زاویهٔ استقرار بین ° ۱۰ تا° ۲۵ With establishment angle between 10° and 25° | |
| 29.8 | | | با زاویهٔ بیش از° ۲۵ With establishment angle higher than 25° | |
| | | | جمع Sum | |
| 29.4 | | | نشاهای پوشش‌نیافته (درصد) | |
| 21.8 | | | پوشیده شده با حداکثر سه سانتی‌متر خاک Covered at most with 3 cm of soil | نشاهای دفن شده (درصد) Buried seedlings (%) |
| | | | خوابیده در کف شیار Laid at the bottom of furrow | |
| | | | جمع Sum | |
| 7.8 | | | نشا های سبز شده پس از دو آبیاری (درصد) Seedlings recovered after two irrigation (%) | |

*در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Mean with similar letters in each column are not statistically significant (Dancan test)



www.SID.ir

Archive of SID



**مقایسهٔ ظرفیت کاری ماشین‌ها**

تعداد نشاهای کاشته شده توسط هر کارگر در دقیقه بستگی دارد به عواملی مانند فاصلهٔ مکان قراردهی نشاها تا محل نشستن کارگر، مدت زمان مورد نیاز برای حصول اطمینان از استقرار نشا در موزع (یا خاک)، و راحتی محل نشستن کارگران روی ماشین. جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد نشای کاشته شده توسط هر کارگر مربوط به ماشین مجهز به سیستم انتقال سقوطی است. در این ماشین، کارگران بدون نیاز به صرف وقت برای حصول اطمینان از مستقر شدن نشا در محل خود، آنها را به داخل سلول‌های موزع یا مستقیما به داخل لولهٔ سقوط می‌اندازند. اما در روش انتقال با انگشتی‌های دوار، کارگر تا بسته شدن انبرک نشاگیر مجبور به نگه‌داشتن نشا خواهد بود و از این‌رو تعداد نشا کاشته شده توسط کارگر به ۳۵ رسیده که ۱۲/۵ درصد نسبت به روش سقوطی کاهش یافته است. این اعداد در محدودهٔ همان نتایجی است که برخی از محققان به دست آورده‌اند. برای مثال، اسماعیل و قتاس (Ismaeil & Ghattas, 2009) تعداد نشای کاشته شده توسط کارگر را برای ماشین‌های نیمه خودکار ۳۵ تا ۴۰ نشا در دقیقه و نیکس و هیل (Nix & Hill, 1986) ۲۵ تا ۳۰ نشا گزارش داده‌اند. البته برخی دیگر از محققان به اعداد کمتری دست یافته‌اند مانند ۱۴ ریشه‌چهٔ چغندرقند یا ۱۵ نشای تنباکو که به ترتیب در گزارش‌های کاظمین‌خواه (Kazeminkhah, 2007) و ساگس و همکاران (Suggs *et al.*, 1986) اشاره شده است.

در ماشین‌های فاقد سیستم انتقال نشا نیز مدت زمانی برای حصول اطمینان از استقرار نشا در خاک (قبل از رها کردن آن)، صرف می‌شود که بالطبع تعداد نشای کاشته شده را نسبت به موقعی که سیستم سقوطی به‌کارگرفته‌می‌شود کاهش می‌دهد. کمترین تعداد نشای کاشته شده وقتی است که از ماشین مجهز به فاروئر استفاده می‌شود؛ دلیل آن را می‌توان به فاصلهٔ طولانی‌تر شیاربازکن از کارگر، نیاز به پیچش بدن در هر بار نشاگذاری، و راحت نبودن موقعیت نشستن کارگر نسبت داد. سطح کاشته شده توسط هر کارگر (هر واحد) در واحد زمان نیز در جدول ۳ آورده شده است. داده‌ها نشان می‌دهد فراهم کردن تسهیلات بهتر برای کارگران و بهبود شرایط کار در ماشین فاقد سیستم انتقال نشا با واحدهای دیسکی شناور می‌تواند ظرفیت مزرعه‌ای را نسبت به نوع مشابه مجهز به واحدهای فاروئر تا ۲۷ درصد افزایش دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۳- تعداد نشا و مساحت کاشته شده توسط هر کارگر در ماشین‌های مورد استفاده در نشاکاری چغندرقند**

**Table 3- Number of seedlings and the equal area planted by each labourer working on different machines in sugar beet transplanting**

| نوع ماشین Machine type | ماشین‌های مجهز به سیستم انتقال نشا Machines with planting unit | | ماشین‌های فاقد سیستم انتقال نشا Machines without planting unit | |
|---|---|---|---|---|
| شاخص‌های ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity parameters | انتقال نشای سقوطی delivery | انتقال نشای چرخانگشتی Rotary grippers | پشته‌سازهای برگردان‌دار Furrowers | پشته‌سازهای بشقابی Double disk ridger |
| تعداد نشای کاشته شده توسط هر کارگر در دقیقه Number of seedlings planted by each operator in one minute | 40 | 35 | 25 | 32 |
| سطح کاشته شده توسط هر کارگر در روز (مترمربع) The area planted by each operator per day ($m^2$) | 1050 | 1134 | 810 | 1032 |

از این جدول همچنین می‌توان به نامتناسب بودن ظرفیت مزرعه‌ای واحدهای کارندهٔ ماشین مجهز به سیستم سقوطی با تعداد نشای کاشته شده در هر واحد اشاره کرد. علت این امر توقف‌های اجباری است که برای رفع گرفتگی‌های لوله‌های سقوط اتفاق می‌افتاد.

قلابی شدن ریشهٔ نازک و بلند نشاها در لولهٔ سقوط باعث مسدود شدن لوله و افزایش مدت زمان‌های تلف شده، می‌شود. مسدود شدن لوله‌ها از رایج‌ترین مشکلات سیستم‌های سقوطی است و تاخیر در رفع انسداد آنها باعث ناکاشت ماندن کل ردیف می‌شود. مار (Marr, 1994) معتقد است کارگران نباید تا حدی گرفتار نشاگذاری شوند که متوجه بروز اختلال در کاشت نشا نشوند و به همین خاطر در صورت افزایش سرعت پیشروی، زمان‌های تلف شده به شدت افزایش می‌یابد و کاهش راندمان مزرعه‌ای را به دنبال دارد.

## نتیجه‌گیری

در استفاده از نشاکارهای سقوطی، با توجه به اینکه عمق کار شیاربازکن تقریبا یکسان می‌باشد، افتادن نشاهایی با طول‌های متفاوت در شیار منجر به قرار گرفتن طوقه آنها در اعماق مختلف خاک و یا بالاتر از سطح خاک می‌شود. گیر کردن نشا در لولهٔ سقوط نیز از مشکلات دیگر است که سبب کاهش ظرفیت مزرعه‌ای ماشین می‌شود. در ماشین با سیستم انتقال چرخانگشتی مجهز به نشاگیرهای لاستیکی نیز غیریکنواختی اندازه نشاها عامل پوشش نیافتن و یا کج قرارگرفتن نشاها می‌شود. اگرچه این روش نسبت به روش سقوطی عملکرد مطلوب‌تری دارد، اما سبز شدن تنها ۶۱ درصد نشاها، رضایت کشاورزان را دربر ندارد. با حذف سامانه‌های انتقال نشا از این ماشین‌ها و بهینه‌سازی آنها به گونه‌ای که امکان جایگذاری مستقیم نشا در شیاربازکن‌ها فراهم گردد، کیفیت نشاکاری به طور قابل‌توجهی بهبود می‌یابد، به طوری که از بین دو ماشین بهینه‌سازی شده، نوع مجهز به واحدهای شناور با پشته‌سازهای دیسکی، کشت قابل قبولی را ممکن می‌سازد و به عنوان ماشین پیشنهادی معرفی می‌گردد.



www.SID.ir

Archive of SID



حذف سیستم انتقال نشا و موزع ماشین، کاهش ظرفیت ماشین و غیریکنواختی فواصل بین بوته‌ای را به دنبال خواهد داشت اما با توجه به غیریکنواختی نشاها به عنوان تنها گزینه برای کاشت این نوع نشا متصور می‌باشد. در این حالت همچنین امکان قرار گرفتن پاهای کارگران در سطحی پایین‌تر از نشیمن‌گاه وجود ندارد که از نظر ارگونومیکی موجب خستگی زودهنگام کارگران می‌شود. از این گذشته ظرفیت مزرعه‌ای این ماشین نشاکار با ۵ واحد کارنده حدود نیم هکتار به ازای هشت ساعت کار است که از بزرگ‌ترین مشکلات روش نیمه خودکار به حساب می‌آید. این ظرفیت تقریبا برای همه انواع ماشین‌های نیمه خودکار نیز در همین محدوده می‌باشد که به علت ظرفیت محدود نشاگذاری کارگران است.

ظرفیت کار ماشین پیشنهادی با افزایش واحدهای کارنده به ۷ عدد و با ۱۲ ساعت کار مفید، به یک هکتار در روز قابل افزایش خواهد بود، اما به نظر می‌رسد این مقدار هنوز ظرفیت مناسبی برای عملیات کاشت نبوده و در مزارع بزرگ مورد استقبال واقع نمی‌شود. این بدین معنی است که کشت نشای ریشه‌لخت چغندرقند با دستگاه‌های نیمه خودکار، به سختی قابل توسعه است و در صورت ضرورت توسعه کاشت این محصول به روش نشاکاری، بایستی سیاست‌گذاری‌ها (پس از ارزیابی‌های دقیق اقتصادی) به سمت تهیه نشاهای گلدانی و استفاده از نشاکارهای اتوماتیک باشد.

## مراجع


Anon. (1981). *The Paper Pot Transplanting Method of Sugar Beet*. Research Center, Nippon Beet Sugar Mfg. Co., Obihiro, Hokkaido, Japan.

Hoseini, M., & Loghavi M. (2009). Design, development and evaluation of a paper-pot Transplanter. *Biosystem Engineering Journal, 40*(1), 1-8 (in Persian)

Ismaeil, Z. E., & Ghattas, A. S. (2009). The semi-automatic transplanters of sugar beet. *Misr Journal of Agricultural Engineering, 26*(3), 1155-1171.

Kazeminkhah, K. (2007). Determination of energetic and ergonomic parameters of a semi-automatic sugar-beet steckling transplanter. *Journal of Agricultural Science and* Technology *(JAST). 9*, 191-198.

Manes, G. S., Dixit, A. K., Singh, S., Sharda, A., & Singh, K. (2010). Development and evaluation of tractor operated vegetable transplanter. *Agricultural, Mechanization in Asia, and Latin America, 41*(3), 89- 92.

Masuda, A., & Kagava, K. (1963). Agronomical techniques to develop superior seedlings of sugar beet through the "paper tube transplanting system", growth responses of seedlings to the concentration of fertilizers. *Japan, Bultin Sugar Beet Research Supply, 4*, 7-14.

Marr, C. W. (1994). *Commercial Vegetable Production*. Kansas State University, Manhattan, Kan.

Melander, B. (2000). *Mechanical weed control in transplanted sugar beet. 4th EWRS Workshop on Physical Weed Control*. March 20-22. Elspeet, the Netherlands.


www.SID.ir

Archive of SID


Munilla, R. D., & Shaw L. N. (1987). A high speed dibbling transplanter. *Transaction- American Society of Agricultural Engineers, 30*(4), 904-908.

Nix, J., & Hill, P. (1986). *Farm Management Pocketbook*. 16th Ed. Department of Agricultural Economics, Wye College, England.

Ranjbar, I., Masiha, S., & Reshad-Sedghi, A. (1996). Effect of mechanical components of a disc-type tobacco transplanter on establishment, growth and crop yield of onion transplants. *Agricultural Science (Tabriz University Qualterly), 6*(4) 17-32. (in Persian)

Scholz, K. W., Doty, B., Conlon, R., Doney, D., & Boe, A.A. (1985). Transplanting of sugar beets re-visited using bare-root plants. *Sugar beet Research and Extension Reports, 15*, 214-221.

Scott, R. K., & Bremner, P. M. (1966). The effects on growth, development and yield of sugar beet of extension of the growth period by transplantation. *Journal Of Agricultural Science - Cambridge, 66*, 379- 388.

Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buck Master D. R. (2006). *Engineering Principles of Agricultural Machines*. American Society of Agricultural and Biological Engineering, St. Joseph, Michigan.

Suggs, C. W., Gore, J. W., Peel, H. B., & Seaboch, T. (1986). Self-feeding transplanter for tobacco and vegetable crops. *ASAE paper No.86-1095.* St. Joseph, Michigan.

Taki, A., & Asadi, A. (2014). Development of a self-propelled transplanter for bare-root seedlings of onion. *Research Report*. No. 44752. Agricultural Engineering Research Institute. (in Persian)

Yoosefabadi, V. (2014). Sugar beet transplanting by plug and bare-root seedlings. *Technical Instruction.* Sugar Beet Seed Institute. (in Persian)


www.SID.ir

Arch SID
*Agricultural Mechanization and Systems Research/Vol.21/No.74/Spring & Summer 2020/P:67-82*

# Evaluation of Semi-Automatic Systems in Transplanting of Sugar-Beet Bare-Root Seedlings

**O. Taki* and A. Asadi**

* Corresponding Author: Associate Professor, Agricultural Engineering Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricutural Research, Education and Extension Organisation (AREEO), Esfahan, Iran. Email: orangtaki@yahoo.com
Received: 17 July 2018, Accepted: 19 March 2019

**Abstract**

In recent years, expanding of technics in transplanting of sugar beet bare-root seedlings has become one of the priorities of the Ministry of Agriculture of Iran. Bare-root seedlings grown in traditional nursery plots, have no uniformity in root size, therefore automatic transplanters are not so efficient to put seedlings properly into the furrows or to cover them properly with soil. To introduce a semi-automatic transplanter, common methods of conveying seedlings to the soil, including rotary grippers and gravitational delivery tube, were evaluated in a completely random design experiment. In gravitational method, dropping seedlings with different lengths into the bottom of the furrow resulted a non- uniform placement of their crowns, leading to establishment of less than one third of total planted seedlings. Implication of rotary grippers also caused some seedlings to be partly uncovered resulting in establishment of less than two third of total seedlings. Therefore, manual placement of seedlings directly into the soil opener was considered as an intelligent method for proper lodging of seedlings. By omitting the conveying mechanisms of the machines and modifying them for direct transfering of seedlings into the furrows, the quality of transplantation was considerably improved. Among the modified machines, the one with disk ridgers and floating units had an acceptable result with 86% stand establishment. However, low field capacity of the machine still does not guarantee the feasibility of the method in large scale sugar beet farms.

**Key Words:** Sugar-Beet Mechanization, Steckling Planting, Transplanting


www.SID.ir