ارزیابی نشاکارهای نیمه خودکار برای کاشت نشای ریشه لخت چغندرقند

اورنگ تاکی[1]، اردشیر اسدی[2]

[1]دانشیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، orangtaki@yahoo.com
[2]استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، asadiardshair@yahoo.com

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب کاشت نشایی چغندرقند با نشای ریشه لخت در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این نوع نشا که در کرت‌های خزانه به‌صورت سنتی پرورش می‌یابد غیریکنواختی زیادی در اندازه نشا مشاهده می‌گردد که امکان کاشت تمام خودکار آن‌ها را فراهم نمی‌کند. در این راستا با هدف معرفی یک ماشین نشاکار نیمه‌خودکار برای نشا ریشه لخت، روش‌های رایج انتقال نشا به شیار کاشت مورد ارزیابی قرار گرفت. این روش‌ها شامل استفاده از چرخ دوار مجهز به انگشتی‌های نشاگیر و روش انتقال سقوطی بودند. در روش سقوطی افتادن نشاها با طولهای متفاوت منجر به قرار گرفتن طوقه آن ها در اعماق مختلف می‌گردید و در نهایت کمتر از یک‌سوم نشاهای کاشته‌شده استقرار می‌یافت. در روش انتقال با استفاده از چرخ انگشتی دوار نیز غیریکنواختی نشاها موجب عدم پوشش کافی آنها با خاک گردیده و در نهایت کمتر از دوسوم نشاها استقرار یافتند. بدین لحاظ جایگذاری مستقیم نشا در شیار کاشت توسط کارگر به عنوان روشی هوشمند برای قرار دادن صحیح نشا در خاک پیشنهاد شد. با حذف سامانه های انتقال نشا از این ماشینها و بهینه‌سازی آن‌ها به‌گونه‌ای که امکان جایگذاری مستقیم نشا در شیار بازکن‌ها فراهم گردد، کیفیت نشاکاری بطور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت و از بین دو ماشین بهینه‌سازی شده، نوع مجهز به واحدهای شناور با پشته‌سازهای دیسکی، توانست با ۸۶ درصد استقرار کامل، کشت قابل قبولی را ممکن سازد. با این حال پایین بودن ظرفیت مزرعه‌ای ماشین هنوز استفاده از آن برای مزارع بزرگ را با ابهام مواجه می سازد.

۱- کلمات کلیدی: کشت نشایی چغندر قند ، نشاکار نیمه خودکار، نشای ریشه لخت

Evaluation of semi-automatic transplanters in cultivation of sugar-beet bare-root seedlings

Orang Taki, Ardeshir Asadi
Associated professor, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran.
orangtaki@yahoo.com.

ABSTRACT

In recent years, sugar-beet farming by transplanting bare-root seedlings have been adopted due to shortage of water. Bare-root seedlings grown in traditional plots have no uniformity in root size and therefore automatic transplanters are not applicable for them. To introduce a semi-automatic transplanter, common convoying methods for delivering seedling to the soil including rotary grippers and gravimetric systems were evaluated. In gravimetric method, dropping seedlings with different lengths at the bottom of the furrow resulted in a non-uniformity in depth of their crowns and an ultimate establishment of less than one third of the seedlings. Implication of rotary grippers also caused some seedlings to be partly uncovered resulting in establishment of less than two third of the 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 placement of seedlings in to the furrows, the quality of transplanting was considerably improved. Among the modified machines the one with disk ridgers and floating units had an acceptable results with 86% stand stablishment. However, low field capacity of the machine still does not guarantee the feasibility of the method in large scale sugar beet farms.

Keywords: Sugar beet transplanting, Semi-automatic transplanter, Bare-root seedling

۱-اورنگ تاکی، اصفهان، شهرک امیریه، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان. تلفن ۰۳۱۳۷۷۶۰۰۶۱ ، نمابر ۰۳۱۳۷۷۵۰۰۲۲

۲- مقدمه

چغندر قند یکی از محصولات زراعی است که با طول دوره رشدی در حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ روز از زمان کاشت بذر تا برداشت محصول، به میزان قابل توجهی آب نیاز دارد. کا شت نـشایی چغندرقند با کاهش دوره ر شد به مدت ۶- ۸ هفته موجب کاهش مـصرف آب شده و می‌تواند افزایش عملکرد محصول و کاهش هزینه نهاده ها را به دنبال دا شته با شد. از دیگر مزایای نشاکاری گیاهان، افزایش عملکرد محصول به علت ا ستقرار یکنواخت تر بوته ها می باشد. در کاشت چغندر قند برتری روش نشاکاری نسبت به روش بذرکاری از نظر عملکرد محصول به حدود ۱۰ تن در هکتار در موارد زودکشت و ۲۲ تن در هکتار در موارد دیر کشت گزارش شده است. این در حالی است که تفاوتی در محتوای قند ریشه ها مشاهده نشده و شکل ریشه ها نیز در روش نشاکاری کروی تر از روش بذرکاری می باشد (Scott and Bremner, 1966).

یکی از مزیت های نشـاکاری نسـبت به روش بذرکاری سـهولت عملیات وجین مکانیکی می باشـد. در تولید چغندر قند به روش بذرکاری نیروی انسانی مورد نیاز برای وجین علف های هرز در طول دوره ر شد به ۱۵۰ ساعت- کارگر در هکتار می ر سد. در روش نشاکاری ا ستحکام بوته ها در حدی اسـت که عملیات وجین را حتی از پنج روز پس از اسـتقرار، می توان با اسـتفاده از وجین کن های مکانیکی آغاز کرد که این امر منجر به کاهش نیروی کارگری به کمتر از ۱۰ سـاعت- کارگر می گردد (Melander, 2000). با این همه نشـاکاری به علت در پی داشـتن هزینه های پرورش، و انتقال نشا در بعضی موارد مقرون به صرفه نمی با شد. به عنوان مثال بعضی از محققین اظهار دا شتند که سود خالص نا شی از افزایش عملکرد و کاهش هزینه های داشت چغندرقند در روش نشاکاری پاسخگوی هزینه های متحمل برای پرورش و انتقال نشا نبوده است. این مقایسه بر مبنای استفاده از نشاهای پرورش یافته در گلدانهای کاغذی انجام گردید (Scholz et al, 1985).

روش پرورش نشا در گلدانهای کاغذی در ابتدای دهه ۶۰ میلادی برای کاشت چغندر قند در ژاپن توسعه یافت و کلیه سازو کار آن شامل دستگاه های ساخت و پرکردن گلدانها و نشاکار خودکار برای کاشت در زمین اصلی معرفی گردید (Masuda and Kagawa, 1963). گلدان کاغذی از یک لوله به قطر ۰/۷۵ اینچ و طول ۵/۱ اینچ که از مخلوط کاغذ و فیبر های دیگر ساخته می شود تشکیل شده است. نشاها به همراه گلدان کاغذی در خاک قرار می گیرند و پس از مدتی کاغذ اطراف نشا تجزیه می شود. از مهمترین اشکالات این نوع نشاء، عدم جذب رطوبت خاک از طریق جداره کاغذی ریشه عنوان شده است که باعث پژمردگی گیاه و در صورت عدم تامین رطوبت از بین رفتن برگها می گردد. در این روش نشاها در روزهای اول انتقال به زمین اصلی، تنها از طریق انتهای باز لوله (گلدان) با خاک در تماس می باشند(Anon, 1981).

مقایسه ا ستفاده از نشای ریشه لخت با گلدان های کاغذی نشان داد که در نشاهای ریشه لخت نیز عار ضه تشنگی و در نهایت پژمردگی پس از انتقال نشاها به زمین ا صلی و تا قبل از بارندگی مشاهده می شود. اگرچه این امر منجر به استقرار کمتر از ۶۰٪ نشا ها گردید، اما قند ا ستحصال شده در واحد سطح برابر یا بیشتر از محتوی قند در روش بذرکاری با ۹۶٪ استقرار بوته ها بوده است. این محققین پیشنهاد نمودند با توجه به غیر یکنواختی ن شاهای ریـ شه لخت و د شواری ا ستفاده از آنها در ما شینهای تمام خودکار، هنوز روش گلدانهای کاغذی قابلیت تو سعه بی شتری دارد (Scholz et al, 1985). در ایران در ابتدای دهه هفتاد طرح پایلوت استفاده از نشا های گلدانی با همکاری کارشناسان ژاپنی در کشت چغندر قند انجام گردید. لیکن به علت هزینه های زیاد مرتبط با تهیه و انتقال نشا و قیمت پایین محصول مورد ا ستقبال قرار نگرفت. در سالهای اخیر با توجه به کمبود آب، نشاکاری چغندرقند مجددا مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند استفاده از نشای ریشه لخت را پیشنهاد نموده است که نتایج مشاهده ای تحقیقات مقدماتی کاشت آن ها رضایت بخش بوده است. در این روش نشاهای کاشته شده در خزانه (معمولا در مناطق گرمتر) پس از ۴۵-۴۰ روز کنده و پس از سـرزنی (قطع اندام هوایی از حدود ۳-۲ سـانتی متر بالاتر از طوقه) به زمین اصلی منتقل می شود. قطع اندام هوایی گیاه برای جلوگیری از تنش های رطوبتی قبل از استقرار، و جلوگیری از مصرف ذخیره رطوبت ریشه انجام می شود (یو سف آبادی، ۱۳۹۳). این بدین معنی ا ست که نـشای ریـشه لخت چغندر قند از یک ریـشه دوکی شکل به طول ۱۰ تا ۲۵ سانتی متر تشکیل شده است که در قسمت طوقه آن دمبرگهای به طول ۲ تا ۳ سانتی متر متصل است. با توجه به غیر یکنواختی زیاد در اندازه این نوع نشاها به نظر می ر سد کـشت اتوماتیک آن ها نیاز به موزع های هو شمند دارد که د ستر سی به چنین تکنولوژی مـستلزم صرف هزینه و زمان زیادی می با شد. بنابراین بیشتر نشاهای ریشه لخت مورد ا ستفاده در دنیا توسط سیستم های نیمه خودکار که در آن عملیات نشاگذاری توسط کارگر انجام می شود کاشته می شود. در این سیستم، نشا معمولاً با دو روش به داخل شیار انتقال داده می‌شود. در روش اول، مجموعه‌ای از انبرکها روی یک چرخ دوار یا یک زنجیر بی انتها قرار دارند که در جلو د ست کارگر باز می شوند و پس از گرفتن نـشا، آن را در داخل شیار رها می کنند. برای مثال نمونه ای از این نوع ماشین توسط کاظمین خواه (۱۳۸۶) طراحی و برای کاشت ریشه چه (برای تولید بذر چغندرقند) مورد استفاده قرار گرفت. با این ما شین که به انگـشتی نـشاگیر مجهز بود وی توانست ریشه چه ها را با فا صله ۵۰ سانتی متر بر روی خطوط کا شت، به حالت عمودی مـستقر کند. تعداد ریشه چه کاشته شده توسط هر اپراتور در این ماشین ۱۴ عدد در دقیقه گزارش شد) (Kazeminkhah, 2007 .

در اواخر دهه هشتاد خورشیدی نمونه ای از این نشاکارها نیز از کشور ایتالیا به صورت الگویی وارد ایران گردید و برای کاشت نشای ریشه لخت پیاز مورد ارزیابی قرار گرفت. در نتایج ارزیابی این ماشین نیز مشخص گردید که متوسط تعداد نشای کاشته شده به ازای هر اپراتور (هر ردیف کاشت) ۲۰ تا ۲۲ عدد در دقیقه می باشد و ظرفیت کم ماشین توجیه اقتصادی آن را به چالش کشید (تاکی و اسدی، ۱۳۹۳) .

در نمونه ای دیگری از ماشین های مجهز به انگشتی نشاگیر که در هندوستان ساخته شد، کاشت نشاهای ریشه لخت محصولات مختلف بر روی پشته و بستر مسطح مورد ارزیابی قرار گرفت و گزارش گردید که درصد نکاشت در صورتی از ۳ درصد کمتر است که سرعت پیشروی از ۱ کیلومتر بر ساعت تجاوز نکند. در نتایج ارزیابی این ماشین آمده است که درصد عدم استقرار نشاها با روش دستی معادل بوده و ماشین به میزان ۷۰ تا ۸۰ در صد نیروی مورد نیاز کارگری را کاهش می دهد. با این حال، با توجه به ظرفیت پایین ما شین و سرمایه مورد نیاز برای خرید ما شین و تراکتور، صرفه جویی در هزینه ها تا حداکثر ۱۰ درصد تخمین زده شد (Manes et.al, 2010).

در روش دوم، نشاها در داخل سلول‌های یک موزع چرخان (چرخ و فلک افقی) قرارداده می شود و با قرار گرفتن هر سلول در بالای لولهٔ سقوط، نشا براثر وزن خود به داخل لوله رها می شود. در این روش معمولاً از نشا های مقطع دار استفاده می شود و وزن تودهٔ خاک اطراف ریشه حرکت نشا را در لولهٔ سقوط تضمین می کند. 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 صدماتی به نشاهای ظریف گردد. در روش سقوط آزاد معمولا دقت فاصله بین بوته‌ها کمتر از روش استفاده از انبرک است. در تحقیقی که با استفاده از نشاهای پرورش یافته در سلول‌های کاغذی انجام شد، درصد بوته های استقرار یافته در فاصله‌های مطلوب، در ماشین مجهز به موزع چرخان ۲/۵ برابر کمتر ازماشین مجهز به انبرک‌های نشاگیر گزارش گردید(Suggs et al.,1986).

در این راستا حسینی (۱۳۸۵) با هدف بالابردن سرعت و دقت‌کاشت نشای گلدانی چغندر قند، یک نشاکار نیمه خودکار طراحی نمود که موزع آن از نوع سلولی چرخان بوده و برای رعایت دقیق فاصلهٔ نشاها روی خطوط، آن را به یک میکروکنترلر که از سنسورهای مادون قرمز نصب شده روی چرخ ها فرمان می گرفت مجهز نمود.

در این تحقیق با هدف ارایه طرح برای ساخت یک ماشین مناسب برای کاشت نشای ریشه لخت چغندر قند، روشهای مختلف انتقال و جایگذاری در خاک شامل روش سقوطی، روش استفاده از انبرک های نشاگیر و روش جایگذاری مستقیم نشاء در شیار مورد بررسی قرار گرفت و بر مبنای آن دستگاهی برای انتقال نیمه مکانیزه نشاها در این محصول معرفی گردید.

۳- مواد و روش‌ها

برای بررسی مناسب ترین روش انتقال و جایگذاری نشا به داخل شیار، در مرحله اول دو سامانه متداول انتقال نشا شامل چرخ انگشتی دوار و انتقال سقوطی (ثقلی) مورد بررسی قرار گرفت. بدین لحاظ دو ماشین نشاکار که هر یک بر مبنای یکی از دو روش فوق طراحی شده بود انتخاب گردید. در نوع اول هرکارنده مجهز به یک چرخ دوار است که انبرک های نشاگیر در محیط آن قرار گرفته اند و با دوران آن نشاهایی که کارگر در بالا، در بین انبرک ها قرار می دهد به شیار باز شده توسط شیار بازکن انتقال می یابد (شکل ۱ الف). با باز شدن انبرک در داخل شیار بازکن، نشا در داخل شیار رها شده و چرخهای فشارعمل خاک دهی پای نشا را انجام می دهند. این واحد ها را می توان با توجه به عرضشان تا ۵۰ سانتی متر به یکدیگر نزدیک کرد. هر یک از این واحد های کاشت مجهز به یک صندلی کارگر و یک جعبه ذخیره نشاء می باشد. با توجه به بزرگی طول نشاها (تا ۲۵سانتی متر) و عدم نفوذ شیار بازکن دستگاه تا این عمق، تغییراتی در واحد کارنده اعمال شد تا بتوان ضمن دستیابی به عمق کاشت مطلوب، نشاها را بر روی بستر پشته ای کشت نمود. بدین لحاظ چرخ های فشار ماشین با دو دیسک ۱۸ اینچی با آرایش همگرا جایگزین شدند (شکل ۱ الف). در حقیقت ماشین مجهز به یک پشته ساز دیسکی گردید که پشته هایی به ارتفاع تقریبی ۱۷-۱۵ سانتی متر ایجاد و انگشتی ها نشاها را در وسط پشته قرار می دهد. در این حالت بخشی از ارتفاع نشاهای بلند در داخل شیار ایجاد شده توسط شیار بازکن قرار گرفته و بقیه در خاک جمع آوری شده در پشته قرار می گیرد. در روش انتقال سقوطی، ماشین مورد ارزیابی مجهز به مکانسم سقوطی انتقال نشا به شیار بازکن 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 (شکل ۱ ب). 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 حرکت می‌کنند و پس از خروج از لولهٔ سقوط به درون شیاری که شیاربازکن ایجاد کرده است رها می‌شوند. پس از قرارگیری نشاءها در شیار، عمل خاک‌دهی به اطراف نشاء توسط چرخهای فشار انتهایی انجام می شود. در این ماشین نیز عدم نفوذ شیار بازکن تا عمق ۲۵ سانتی متر، نصب یک واحد پشته ساز در پشت واحد کارنده را ضروری ساخت. بدین لحاظ دو واحد فاروئر برگرداندار در طرفین هر واحد کارنده نصب گردید تا پشته ای بر روی خطوط کاشت ایجاد نماید. برای این کار واحدهای کارنده بر روی شاسی متصل به اتصال سه نقطه تراکتور سوار گردید و فاروئر ها بر روی یک شاسی در پشت شاسی اول سوار شدند. اتصال دو شاسی به یکدیگر از طریق دو اتصال چهار

ب (b) الف (a)

Figure 1: Transplanters with conveying mechanism: a) Rotary grippers with disk ridgers substituted press wheels b)gravimetric mechanism with moldboard furrowers.

شکل ۱ – نشاکارهای مجهز به سامانه انتقال نشا: الف) مجهز به چرخ انگشتی با جایگزین کردن چرخهای فشار با دیسک های پشته ساز ب) مجهز به سامانه سقوطی و فاروئر های برگرداندار

بازویی انجام گرفت تا ماشین از ناهمواریهای زمین تبعیت کند. برای ارزیابی سامانه ها این ماشینها به یک تراکتور مجهز به سامانه تامین سرعت خزشی (Taki et al, 2018) متصل و با سرعت خزشی برابر ۰/۳ کیلومتر در ساعت به کار گرفته شدند. مجهز نمودن تراکتور به سامانه تامین سرعت خزشی به این علت بود که کارگران در کمترین سرعت تراکتورهای متداول در ایران نیز فرصت کافی برای نشاگذاری در فاصله مطلوب را ندارند. عملیات نشاگذاری در روش سقوطی با رها کردن نشا در لوله سقوط و در روش چرخ انگشتی با قرار دادن دم برگ های نشا در بین انگشتی های نشاگیر توسط کارگر انجام شد. علت قرار دادن دم‌برگ‌ها در بین انگشتی ها آن است که با حرکت چرخ دوار انگشتی ها از روی سطح خاک حرکت می کنند و قرار دادن غده (ریشه) نشا در بین انگشتی ها باعث بالا ماندن بخشی از نشا از خاک و عدم استقرار آن می گردید. عملیات کاشت با هر ماشین در ۶ تردد به طول ۲۵ متر در مزرعه‌ای که عملیات خاک‌ورزی اولیه آن تا عمق ۲۵ سانتی متر و عملیات ثانویه آن با سیکلوتیلر انجام شده بود، مورد ارزیابی قرارگرفت. در حین عملیات تعداد نشای کاشته شده در واحد زمان و پس از اتمام کار کیفیت عملیات نشاکاری از نظر درصد نشاهای استقرار یافته و زاویهٔ استقرار آن ها نسبت به خط عمود، درصد نشاهای مدفون، عمق قرارگیری طوقه و درصد نشاها پوشش نیافته ، ارزیابی شدند.

برای ارزیابی پارامترهای مربوط به کیفیت نشاکاری بیست نمونه یک متری به طور تصادفی در بین ۶ تردد کاشته شده با هر یک از دو تیمار (ماشین) در نظر گرفته و علامت گذاری گردید و در این فواصل نشاهای در سه گروه کلی نشاهای استقرار یافته، نشاهای پوشش نیافته و نشاهای مدفون قرار گرفتند. سپس این پارامترها در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی با ۲۰ تکرار با یکدیگر مقایسه شدند.

نشاهای استقرار یافته به نشاهایی اطلاق می شود که تا طوقه آن ها در خاک قرارگرفته یا حداکثر ۳ سانتی‌متر طوقه آنها از خاک بالاتر قرار می‌گیرد. در بررسی این نوع نشاها زاویه قرارگیری آن‌ها نسبت به خط عمود نیز اندازه‌گیری و در سه طبقه قرار می گیرند. نشاهایی که با زاویه کمتر از ۱۰ درجه قرار گرفته اند (مطلوب). نشاهایی که زاویه آنها بین ۱۰ تا ۲۵ درجه می باشد و نشاهایی که با زاویه بزرگتر از ۲۵ درجه استقرار یافته اند. نشاهای پوشش نیافته نشاهایی هستند که طوقه آنها بیش از ۳ سانتیمتر از سطح خاک بالاتر قرار می گیرند. برای محاسبهٔ درصد نشاهای مدفون ، فاصلهٔ های بین‌بوته ای 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 شده در کف شیار به حالت افقی و نشاهای پوشیده شده با حداکثر سه سانتی متر خاک مجزا گردیدند. (نشاهایی که طوقه آنها با حداکثر ۳ سانتی متر خاک پوشیده شود تا ۵۰٪ امکان سبز شدن آن ها وجود دارد).

پس از تعیین این شاخص‌ها، ردیف‌های کاشته شده آبیاری شدند و از نسبت تعداد بوته‌های استقرار یافته دو هفته پس از آبیاری بر کل نشاهای کاشته شده (شامل مجموع دفن شده‌ها و رها شده‌ها و استقرار یافته ها) نسبت استقرار نشاها به دست آمد.

از آنجایی که غیر یکنواختی اندازه نشاها در هر دو روش انتقال نشا به شیار بازکن به عدم استقرار بخش قابل توجهی از نشاها منجر می گردید، در مرحله دوم تحقیق به بررسی امکان جایگذاری مستقیم نشاء در شیار توسط کارگر و حذف سامانه انتقال نشا در هر دو نشاکار پرداخته شد. با حذف سامانه های انتقال، اجزاء اصلی ماشینها به یک شیاربازکن و یک واحد پشته ساز تقلیل یافت و محل نشستن کارگران تا سطح خاک پایین

آورده شد تا امکان قرار دادن مستقیم نشا در شیار خاک توسط کارگر فراهم گردد. در ماشین نوع اول که مجهز به پشته ساز دیسکی بود، هر واحد کارنده به صورت مستقل (شناور) بر روی دیرک افزار سوار می شد (شکل ۲). از مزیت های این نوع پشته ساز آن است که تمایل به نفوذ در داخل خاک نداشته و برای عملکرد مطلوب نیاز به اعمال نیروی فشارنده در خاک دارد. این مزیت امکان نصب صندلی بر روی واحد کاشت و اعمال نیروی وزن کارگر بر روی واحد را فراهم نمود. صندلی های بزرگ ساخته شده برای ماشین امکان نشستن کارگران به صورت چهار زانو یا دو زانو را فراهم می نماید(شکل ۲). همچنین جا پا های در نظر گرفته در زیر محل نصب مخازن نشا امکان دراز کردن پاها و قرار دادن بر روی آنها را فراهم می کند.

در ماشین دوم که پشته سازهای آن از نوع برگرداندار بود شیار بازکنهای دستگاه بر روی دیرک افزار جلویی و عوامل پشته ساز (فاروئرها) بر روی شاسی دوم قرار داشتند. با اعمال تغییراتی طول شیار بازکن ها تا حدی افزایش یافتند که انتهای آنها در محل موج همگرای خاک در جلوی پشته ساز قرار گیرند (شکل ۳). بلند بودن طول شیار بازکن (طول ۴۰ سانتی متر، ارتفاع ۲۳ سانتی متر)باعث می گردد که تداخلی در حرکت خاک در حال باز شدن توسط شیاربازکنها و موج خاک در حال جمع شدن توسط فاروئر ها ایجاد نگردد. در این حالت نشاها توسط کارگران تا سطح طوقه در داخل شیار قرار می گیرند و تا استقرار کامل نگه داشته می شوند. این ماشین متشکل از چهار واحد شیاربازکن و و پنج واحد پشته ساز بر روی دو شاسی متصل به هم و یک صندلی سراسری جهت نشستن کارگران بود و از طریق اتصال سه نقطه بر روی تراکتور (شکل ۳). ارزیابی اولیه ماشین مشخص ساخت که نشستن چهار کارگر بر روی ماشین نفوذ بیش از حد فاروئرها در خاک را به همراه دارد و بیش باری ماشین به بوکسوات چرخ های تراکتور و توقف حرکت منتهی می شود. بنابراین برای کاهش نفوذ فاروئرها به داخل خاک، فاروئرهای اولی و آخری با شیپرهای قایقی شکل (اطویی) که تمایل به نفوذ در خاک ندارند جایگزین شدند. با این تدبیر شیپرها در طرفین ماشین ضمن آن که وظیفه پشته ساختن را انجام می دادند بخشی از وزن کارگران را به زمین منتقل می کردند و ماشین در تعادل وزنی با عکس العمل خاک قرار می گرفت. ماشین‌های بدون سامانه انتقال نشا سپس به روش ارایه شده برای ارزیابی ماشینهای دارای سیستم انتقال مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

Figure 2- Transplanter without conveying mechanism equipped with disk ridgers

شکل ۲ – نشاکار بدون سامانه انتقال نشا با پشته سازهای دیسکی

Figure 3- Transplanter without conveying mechanism equipped with moldboard furrowers

شکل ۳ – نشاکار بدون سامانه انتقال نشا با پشته سازهای برگرداندار (فاروئر)

۴- نتایج و بحث

۴-۱- بررسی شاخص‌های کیفیت نشاکاری در نشاکارهای مجهز به سیستم انتقال نشا

نتایج مقایسه میانگین های شاخص‌های کیفیت نشاکاری در ماشینهای مجهز به سیستم انتقال نشا در جدول ۱ نشان داده شده‌است. با مروری بر این جدول می توان دریافت که نزدیک به نیمی ازکل نشاهای کاشته شده (۴۹٪) در سیستم انتقال سقوطی مدفون می گردند. در این روش با توجه به اینکه عمق شیار یکنواخت در نظر گرفته می شود، کوتاه بودن طول بعضی نشاها نسبت به اندازه متوسط باعث می گردد که نشا همراه با ساقه آن (دم برگ های بریده شده) در هنگام سقوط به کف شیار برخورد کرده و در زیر خاک ریخته شده توسط فاروئرها مدفون شوند. تعداد کل نشای استقرار یافته بوسیله ماشین مجهز به سیستم سقوطی ۳۶ درصد است که ۱۱ درصد آن نیز به علت زاویه تمایل زیاد (بیش از ۲۵ درجه) کیفیت مطلوبی ندارد. غیر یکنواختی زیاد در قطر نشا ها باعث می گردد که فشار جانبی خاک از طرف چرخ ها که عمل برافراشتن نشاء را انجام می دهد، نشاها را تا زوایای مختلف برافراشته کند. این بدین معنی است که نشاهای نازک کاملا به حالت عمود نرسیده و نشاهای خیلی قطور به سمت جلو متمایل می‌گردند. در این حالت ۱۵ درصد نشاها (معمولا نشاهای قطور) در هنگام خاکدهی توسط چرخها از خاک بالا آورده می شوند و به عنوان نشای پوشش نیافته طبقه بندی می شوند. عدم استقرار مطلوب نشاها باعث شده که تعداد نشای سبز شده پس از آبیاری نیز از ۳۷ درصد تجاوز نکندکه بخش اعظم آنها را نشاهای استقرار یافته و بخش کمی از آن را نشاهای مدفون شده با حداکثر ۳ سانتی متر خاک تشکیل می دهد. بررسی نشاهای مدفون با ۳ سانتی متر خاک مشخص ساخت که تماس دم برگها با خاک باعث خشک شدن سریع آن و ازبین رفتن قسمت اعظم آنها می گردد. البته این امر در مورد نشاهای کوچکتر که ذخیره رطوبتی کمتری دارند بیشتر اتفاق می افتد. بررسی شاخص های کیفیت نشاکاری برای ماشین مجهز به سیستم انتقال نشای چرخ انگشتی (جدول۱) نشان می‌دهد که درصد نشاهای استقرار یافته با استفاده از این ماشین بطور معنی‌داری بیشتر از سیستم انتقال سقوطی می‌باشد. همچنین درصد غده‌های مدفون شده در این ماشین بطور معنی‌داری کمتر از سیستم سقوطی است. سیستم انتقال چرخ انگشتی اصولا بایستی بهترین روش برای انتقال نشای ریشه لخت چغندر قند باشد زیرا در این روش دمبرگ‌ها در بین انگشتی‌های نشاگیر قرار گرفته و با عبور آنها از سطح خاک، نشا تا محل طوقه در داخل خاک قرار می‌گیرد. اما غیر یکنواختی نشاها از نظر تعداد و قطر مجموعه دمبرگ‌ها باعث تاخیر در رها شدن به موقع نشاها و بالا آمدن مجدد نشا از خاک می‌گردد. این باعث گردیده که تعداد نشاهای پوشش نیافته در این ماشین ۲۸ درصد کل نشاها را تشکیل دهد که تعداد قابل ملاحظه‌ای است. تاخیر در رها شدن و هچنین غیر یکنواختی‌های جزیی در حجم خاک جمع‌آوری شده توسط دیسک‌های پشته ساز باعث خوابیدگی بیش از نیمی از نشاهای استقرار یافته به سمت جلو می‌گردید (مجموع نشاهای با زاویه بیش از ۱۰°). اندازه‌گیری درصد نشاهای سبز شده بعد از دو آبیاری بیانگر آن است که ۶۱ درصد نشاها در ماشین مجهز به سیستم انتقال چرخ انگشتی موفق به ادامه رشد شده‌اند که بطور معنی‌داری بیشتر از سیستم سقوطی است. با این حال درصد سبز نهایی نشاها در این ماشین نیز انتظار کشاورزان را تامین نمی‌کند و نیاز به واکاری، ضمن افزایش هزینه ها تاخیر در مرحله کاشت را به دنبال دارد.

۴-۲- بررسی شاخص‌های کیفیت نشاکاری در نشاکارهای فاقد سیستم انتقال نشاء

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین‌های شاخص های کیفیت نشاکاری برای نشاکارهای فاقد سیستم انتقال نشاء را نشان می دهد. این اعداد نشان می‌دهد که درصد سبز نهایی در این دو ماشین بطور قابل ملاحظه‌ای نسبت به ماشین‌های مجهز به سیستم انتقال نشا بهبود یافته است. جایگذاری هوشمند نشا توسط کارگران با رعایت عمق و زاویه مناسب، تاثیر به‌سزایی در استقرار و سبز شدن نشاها داشته است.

جدول ۱- مقایسه میانگین های شاخص های ارزیابی عملکرد نشاکارهای سقوطی و چرخ انگشتی

Table 1: Mean of transplanting quality parameters for rotary gripper and gravimetric transplanters

شاخص های کیفیت نشاکاری		سیستم انتقال نشای سقوطی	سیستم انتقال نشای چرخ انگشتی
نشاء های استقراریافته (درصد)	با زاویه کمتر از ۱۰°	۶b*	۱۱a
	با زاویه بین ۱۰° تا ۲۵°	۱۹b	۳۲a
	با زاویه بیش از ۲۵°	۱۱b	۲۱a
	جمع	۳۶	۶۴
نشاهای پوشش نیافته (درصد)		۱۵b	۲۸a
نشاء های مدفون شده (درصد)	پوشیده شده با حداکثر سه سانتی متر خاک	۲۷a	۷b
	خوابیده در کف شیار	۲۲a	۱b
	جمع	۴۹	۸
نشا های سبز شده پس از دو آبیاری (درصد)		۳۷b	۶۱a

* اعداد در هر ردیف با حروف مشترک اختلاف معنی‌دار آماری بر مبنای آزمون دانکن ندارند.

با این حال عدم شناوری واحدهای خاک‌ورز و پشته‌ساز در نوع مجهز به پشته ساز برگرداندار باعث عدم تطابق با ناهمواریهای زمین و ایجاد غیر یکنواختی در ارتفاع پشته‌ها می‌گردید. این امر سبب گردیده که هنوز درصد قابل ملاحضه‌ای از نشاها به صورت مدفون (۲۲ ٪) و یا بدون پوشش (۱۱٪) باقی بمانندکه عامل اصلی پایین‌تر بودن درصد سبز نهایی در این ماشین بوده است. در ماشین با پشته‌سازهای دیسکی که واحدهای شناور ناهمواریهای زمین را دنبال می‌کنند نشاهای پوشیده شده با خاک و بدون پوشش بطور معنی‌داری کاهش و به تبع آن درصد سبز نهایی بطور معنی‌داری نسبت به نوع برگرداندار افزایش یافته است. با مروری بر جدول ۲ می‌توان دریافت که اگر چه نشاها بطور مستقیم با هدف استقرار عمودی داخل شیار قرار داده می‌شوند، هنوز درصد قابل ملاحظه‌ای (حتی در نوع دیسکی) با زاویه ۲۵-۱۰ درجه و حتی بیشتر مستقر شده‌اند. علت این امر در برخی موارد به عدم دقت کارگران و در بعضی موارد به گیر کردن جریان خاک بین عوامل پشته‌ساز مربوط است. بر طبق مشاهدات مزرعه‌ای تجمع کلوخ و بقایای گیاهی در بین عوامل پشته‌ساز به کشیده شدن کلوخ‌ها بر روی خط کاشت و منحرف نمودن نشاها از خط عمود منجر می‌گردد. اگر چه انحرافات تا حدود ۲۵ درجه ظاهرا مشکلی در استقرار ریشه‌ها نشان نمی‌دهد، 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.

جدول ۲: مقایسه میانگین شاخص های ارزیابی عملکرد نشاکارهای بدون سیستم انتقال نشا

Table 1: Mean of transplanting quality parameters for transplanters without conveying mechanism

	شاخص های کیفیت نشاکاری	مجهز به پشته‌ساز برگرداندار	مجهز به پشته‌ساز دیسکی
نشاء های استقراریافته (درصد)	با زاویه کمتر از ۱۰°	۳۴b*	۴۶a
	با زاویه بین ۱۰° تا ۲۵°	۲۵b	۳۶a
	با زاویه بیش از ۲۵°	۸a	۷a
	جمع	۶۷	۸۹
نشاهای پوشش نیافته (درصد)		۱۱a	۶b
نشاء های مدفون شده (درصد)	پوشیده شده با حداکثر سه سانتی متر خاک	۲۲a	۵b
	خوابیده در کف شیار	۰	۰
	جمع	۲۲	۵
نشا های سبز شده پس از دو آبیاری (درصد)		۷۲b	۸۶a

* اعداد در هر ردیف با حروف مشترک اختلاف معنی‌دار آماری بر مبنای آزمون دانکن ندارند.

۳-۴- مقایسه ظرفیت کاری ماشین‌های مورد استفاده

تعداد نشاهای کاشته شده توسط هر کارگر در دقیقه به عواملی مانند فاصله مکان قرار دهی نشاها تا محل نشستن کارگر، زمان مورد نیاز برای اطمینان از استقرار نشا در موزع (یا خاک) و راحتی محل نشستن کارگران بر روی ماشین بستگی دارد. جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد نشا کاشته شده توسط هر کارگر مربوط به ماشین مجهز به سیستم انتقال سقوطی است. در این ماشین کارگران بدون نیاز به صرف وقت برای اطمینان از مستقر شدن نشا در محل خود، آنها را به داخل سلول‌های موزع و یا مستقیما به داخل لوله سقوط می‌اندازند. این در حالی است که در روش انتقال به وسیله چرخ انگشتی، کارگر تا بسته شدن انگشتی نشاگیر مجبور به نگه‌داشتن نشا می‌باشد و بدین‌خاطر تعداد نشا کاشته شده توسط کارگر ۱۲ درصد نسبت به روش سقوطی کاهش یافته است. این زمان انتظار برای ماشین‌های فاقد سیستم انتقال نشا نیز برای اطمینان از استقرار نشا در خاک وجود دارد که به‌نوبه خود منجر به کاهش تعداد نشا کاشته شده نسبت به سیستم سقوطی گردیده‌است. کمترین تعداد نشا کاشته شده مربوط به ماشین مجهز به فاروئر است که می‌توان آن‌را به فاصله طولانی‌تر شیاربازکن از کارگر، نیاز به پیچش بدن در هر بار نشاگذاری و راحت نبودن موقعیت نشستن کارگر نسبت داد. نتایج مربوط به سطح کاشته شده توسط هر کارگر (هر واحد) در واحد زمان نیز در جدول ۳ آورده شده است. از این اعداد می توان دریافت که فراهم نمودن تسهیلات بهتر برای کارگران و بهبود شرایط کار در ماشین فاقد سیستم انتقال نشا با واحد های دیسکی شناور به افزایش ۲۷ درصدی ظرفیت مزرعه ای نسبت به نوع مشابه مجهز به واحدهای فاروئر منجر شده است.

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

Table 3: Number of seedlings and the area planted by each labour using different machines

نوع ماشین	ماشین‌های مجهز به سیستم انتقال نشا		ماشین‌های فاقد سیستم انتقال نشا	
شاخص‌های ظرفیت مزرعه ای	انتقال نشای سقوطی	انتقال نشای چرخ انگشتی	پشته‌سازهای برگرداندار	پشته‌سازهای بشقابی
تعداد نشای کاشته شده توسط هر کارگر در دقیقه	۴۰	۳۵	۲۵	۳۲
سطح کاشته شده توسط هر کارگر در روز (متر مربع)	۱۰۵۰	۱۱۳۴	۸۱۰	۱۰۳۲

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

از این جدول همچنین می توان به عدم تناسب ظرفیت مزرعه ای واحد های کارنده ماشین مجهز به سیستم سقوطی با تعداد نشای کاشته شده در هر واحد اشاره نمود. علت این امر توقف های اجباری است که برای رفع گیرهای لوله های سقوط اتفاق می افتاد. قلابی شدن ریشه نازک و بلندی نشاها در لوله سقوط باعث مسدود شدن لوله می گردید و افزایش مقدار زمان های تلف شده شده است.

۵- نتیجه‌گیری

بطورکلی از انجام این تحقیق می توان دریافت که به علت غیر یکنواختی در طول و قطر طوقه نشاهای ریشه لخت استحصال شده از خزانه سنتی، استفاده از سیستم انتقال نشای سقوطی به مدفون شدن طوقه نشاء یا بالا ماندن طوقه از خاک منجر می شود. به عبارت دیگر از آنجایی که عمق کار شیار بازکن تقریبا یکسان می باشد، افتادن نشاهایی با طول های متفاوت در شیار منجر به قرار گرفتن طوقه آن ها در اعماق مختلف خاک (مدفون شدن) و یا بالاتر از سطح خاک می گردد. گیرکردن نشا در لوله سقوط نیز از مشکلات دیگر قابل ذکر است که سبب کاهش ظرفیت مزرعه‌ای ماشین می‌گردید. در ماشین با سیستم انتقال چرخ انگشتی مجهز به نشاگیرهای لاستیکی نیز غیر یکنواختی نشاها عامل پوشش نیافتن و یا کج قرارگرفتن نشاها می شود. اگر چه این روش نسبت به روش سقوطی عملکرد مطلوبتری داشت اما سبز شدن تنها ۶۱ درصد نشاها، رضایت کشاورزان را در بر ندارد. با حذف سامانه های انتقال نشا از این ماشینها و بهینه سازی ماشین ها به گونه ای که امکان جایگذاری مستقیم نشا در شیار بازکن‌ها فراهم گردد، کیفیت نشاکاری بطور قابل ملاحظه ای بهبود یافت و از بین دو ماشین بهینه سازی شده، نوع مجهز به واحدهای شناور با پشته سازهای دیسکی، کشت قابل قبولی را ممکن ساخت. با این روش نشاکاری می توان به درصد سبز ۸۶ درصد دست یافت که مشابه درصد سبز نشای صیفی جات کاشته شده در گلدان می باشد. البته در این حالت امکان قرار گرفتن پاهای کارگران در سطحی پایین تر از نشیمنگاه وجود ندارد که از نظر ارگونومیکی موجب خستگی زود هنگام کارگران می شود. با این حال ظرفیت مزرعه ای این ماشین نشاکار با ۵ واحد کارنده حدود نیم هکتار به ازای هشت ساعت کار است که از بزرگ ترین مشکلات روش نیمه خودکار به حساب می آید. این مقدار با افزایش تعداد واحدهای ماشین به ۷ واحد و با ۱۲ ساعت کارمفید می تواند به بیش از یک هکتار در روز برسد اما به نظر می رسد هنوز ظرفیت مناسبی برای عملیات کاشت نبوده و در مزارع بزرگ مورد استقبال واقع نمی گردد. این بدین معنی است که کشت نشای ریشه لخت چغندر قند با دستگاه های موجود در کشور، به سختی قابل توسعه است و در صورت ضرورت توسعه کاشت این محصول به روش نشاکاری، بایستی سیاست‌گذاری‌ها به سمت تهیه نشاهای گلدانی و استفاده از نشاکارهای اتوماتیک باشد.

۶- مراجع

Anonymous.1981. The paper pot transplanting method of sugar beet. Research Center, Nippon Beet Sugar Mfg. Co., Obihiro, Hokkaido, Japan.18p

Hoseini, M. and Loghavi M., 2009. Development and Evaluation of a Cellar Transplanter. Biosystem Engineering Jurnal, Vol 1940): 1-8 (in Farsi).

Kazeminkhah, K., 2007. Determination of energetic and ergonomic parameters of a semi-automatic sugar-beet steckling transplanter. J. Agric. Sci. Technol. Vol 9:191-198

Masuda, A. and K. Kagava, 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. Jpn, Bul. Sugar Beet Res. Suppl. 4: 7-14.

Manes, G. S., A. K. Dixit., 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

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

Scholz, KW., B. Doty, R. Conlon, D. Doney and A.A. Boe, 1985. Transplanting of sugarbeets re-visited using bare-root plants. Sugarbeet Research and Extension Reports 15:214-21

Scott R.K and Bremner P.M., 1966. The effects on growth, development and yield of sugar beet of extention of the growth period by transplantation. J. Agric. Sci., Cambridge, 66:379- 388

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

Taki, A and Asadi, A., 2014. Development of a self-propelled transplanter for bare-root seedlings of onion. Agricultural Engineering Research Institute. Project Report, No. 44752, 44 pages (in Farsi).

Yoosefabadi, V., 2014. Sugar beet transplanting by plug and bare-root seedlings. Sugar beet seed institute, Sugar-beet transplanting instrauction, 18 pages (in farsi).