یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

مقایسه فنی و اقتصادی ماشین‌های پیازکن غربال‌دار و بدون غربال

اردشیر اسدی[1]، اورنگ تاکی[2]

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

چکیده

اخیراً با طراحی و ساخت واحد ردیف‌کُن کنار سوار بر روی شاسی غُده‌کَن‌های عقب سوار امکان ماشینی شدن عملیات پیازکنی در کشت پخشی در ایران فراهم شده است. به¬منظور ارزیابی فنی و اقتصادی ماشین‌های پیازکن مجهز به سیستم غربال‌کنندگی و نوع بدون غربال‌کننده برای کندن پیاز آزمایشی در قالب طرح تحقیقاتی بلوک‌های کامل تصادفی در اصفهان انجام‌گرفت و در آن سه ماشین پیازکن با هم‌دیگر و روش دستی مقایسه شدند. نتایج نشان‌داد پیازکن میله‌ای به‌علت نداشتن یکنواختی در عمق‌کار، باعث افت کمی ۲/۳۲ درصدی شده که سبب غیر اقتصادی بودن استفاده از ماشین می‌شود. میزان افت کمی در دو پیازکن تیغه‌ای و زنجیر نقاله‌ای به‌ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۱۶ درصد بود که در مقایسه با نوع میله‌ای قابل ملاحظه نمی‌باشد. تعداد کارگر مورد نیاز برای جمع‌آوری سوخ‌ها در پیازکن تیغه‌ای به‌علت نیاز به صرف وقت و دقت بیش‌تر برای جداکردن خاک چسبیده به تعدادی از سوخ‌ها ۱۵ درصد بیش‌تر از پیازکن زنجیر نقاله‌ای بود که این صرفه‌جویی در نیروی کارگری در ماشین غربال‌دار در ازای افزایش سه برابری قیمت اولیه خرید به‌دست آمده است. سطح اقتصادی مالکیت ماشین برای پیازکن زنجیر نقاله‌ای و تیغه‌ای به ترتیب ۵/۲۷ و ۱/۷۶ هکتار محاسبه‌شد. نتایج نشان می‌دهد استفاده از پیازکن زنجیر نقاله‌ای در مزارع بزرگ¬تر و در صورت وجود تراکتورهای پر قدرت قابل توصیه‌است. اما پیازکن تیغه‌ای با قیمت تمام شده بسیارکم¬تر، ساختمان ساده، هزینه تعمیر و نگهداری کمتر گزینه مناسب‌تری برای کشاورزان خرده مالک است.

۱- کلمات کلیدی: برداشت پیاز، پیازکن، ارزیابی اقتصادی

Technical and economical comparison of onion diggers with and without sifting mechanism

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

ABSTRACT

Attaching a side-mounted furrower diggers makes it possible to use a rear-mounted machines for digging onion bulbs in broadcast planted farms. To compare onion digger machines from technical and economical point of view, an experiment was conducted based on randomized complete block design in Isfahan province, Iran. Results showed that the rod type digger due to inconsistent working depth causes the product weight loss of 2.32%, which is non economical. The product weight losses were 0.15% and 0.16% in blade type digger and sieve chain type digger, respectively, which are negligible compared to that of rod digger. The required labour force for collecting the crop dug by blade type digger was 15% higher than that of chain type digger. The higher labour force in this machine was due to more time and accuracy needed for collecting of bulbs. The 15% saving in labour cost in chain type digger obtained in exchange with a higher purchase price which was three fold compared to that of blade type digger. The economical breakeven points for chain type digger and blade type digger were 5.27 and 1.76 hectares, respectively. In general, the chain type digger proved to be more recommendable for larger farms if high power tractors were available. However, the blade type digger with lower price, simple structure and lower maintenance cost can be a more appropriate option for small farmer

Keywords: Onion harvesting, Onion digger, Economical evaluation

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

۲- مقدمه

سطح زیر کشت پیاز در کشور سالیانه حدود ۶۱ هزار هکتار و مقدار تولید آن دو میلیون تن است (بی‌نام، ۱۳۹۰). در این خصوص نقش مکانیزاسیون در فرآیند تولید پیاز در ایران اندک است. در مناطق عمده پیازکاری کشور کشاورزان برای دسترسی به عملکرد بالا (حدود ۱۰۰-۱۲۰ تن در هکتار) الگوی کاشت درهم (پخشی)، با تراکم بوته‌ای زیاد (۷۰۰-۶۰۰ هزار) را انتخاب کرده‌اند که این امر استفاده از ادوات مرسوم برای تولید پیاز را فراهم نمی‌کند، به‌طوری‌که به‌جز عملیات خاک‌ورزی، بقیه عملیات زراعی شامل: نشاکاری، وجین و برداشت پیاز با نیروی انسانی انجام می‌شود (اسدی و همکان، ۱۳۹۴). در این خصوص تنها برای برداشت پیاز ۱۰۰ کارگر- روز در هکتار مورد نیاز می‌باشد. از این نیروی کارگری ۳۰ درصد برای عملیات سرزنی، ۳۰ درصد به عملیات کندن پیاز و ۴۰ درصد به جمع‌آوری، بسته‌بندی و بارکردن پیاز اختصاص می‌یابد (تاکی و اسدی، ۱۳۹۲). مکانیزه کردن هر یک از مراحل برداشت پیاز می‌تواند موجب سهولت بخشیدن به کار کشاورزی، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصول تولیدی گردد.

در دنیا عموما بذر پیاز به صورت ردیفی کاشته می شود و معمولاً از همان ماشین‌های برداشت عقب سوار مرسوم محصولات غده‌ای دیگر، مانند سیب‌زمینی، برای کندن پیاز استفاده می‌گردد. در این خصوص ماشین‌های مجهز به زنجیر نقاله و سیله‌ای متداول در کندن پیاز در دنیا می‌باشند (Balls, 1985; Srivastava *et al*., 1993). این ماشین‌ها دارای تیغه‌های ثابت برای زیربری ریشه و زنجیر نقاله برای جدا سازی غده‌ها از خاک هستند. غده‌ها بعد از ریشه‌بری به‌همراه خاک، بر روی نقاله منتقل و در طول مسیر تمیز شده و در انتها بر روی زمین ریخته می شوند (Ibrahim et al., 2008). انواع مختلف پیازکن‌های زنجیر نقاله‌ای، در ثابت یا متحرک بودن تیغه، طول زنجیر نقاله، یک قسمتی و یا دو قسمتی بودن آن، داشتن یا نداشتن تکاننده، و مجهز بودن یا نبودن به سامانه هوشمند برای کنترل عمق زیربری و یا طریق جداسازی غده‌ها از خاک با هم متفاوت‌اند (مظفری و کاظمین‌خواه، ۱۳۷۹; Aziz, *et al*., 2014; Massah, *et al*., 2011). استفاده از غده‌کن‌های تیغه‌ای بدون غربال جدا کننده خاک برای عمل ریشه‌بری و کندن محصولات غده‌ای در بعضی از کشورها مانند هند برای کاهش هزینه برداشت متداول می‌باشد در این خصوص تیغه عمل ریشه‌بری و کندن غده را انجام می‌دهد (Sukhwinder, 2006) در برخی از مناطق دنیا به‌جای تیغه از میله‌ای (گرد، چهارگوش و یا شش‌گوش) برای زیربری ریشه و کندن پیاز، استفاده می‌شود. این ماشین‌ها که همانند علف‌کن‌های میله‌ای[1] می‌باشند در اثر حرکت انتقالی و چرخشی میله عملیات زیربری ریشه را انجام می‌دهند. عدم تجمع ریشه و علف‌های هرز در جلوی ماشین (در اثر حرکت چرخشی میله) و جدا ساختن غده‌ها در اثر لرزش خاک، از مزیت این ماشین گزارش شده است (Mayberri, 2000). با مجهز کردن میله به ملحقات تمیزکننده نظیر تکاننده‌ها با هدف جداسازی بهتر غده‌ها از خاک این ماشین‌ها به‌طور اختصاصی برای برداشت محصولات غده‌ای استفاده می شوند. به‌عنوان مثال ویرمونتس (Viramontes, 1980) در اختراع خود یک شانه در پشت میله دوار را برای جداسازی بهتر غده‌های از خاک انجام داده است.

در راستای مکانیزاسیون عملیات کندن پیاز گام‌هایی در سال‌های اخیر در ایران برداشته شده‌است، به‌عنوان مثال در سال ۱۳۸۷ پیازکن غربال‌دار مجهز به سرزن، ساخت کشور ایتالیا در اصفهان مورد آزمایش قرارگرفت. عملکرد ماشین پیازکن در مزرعه‌ای که قسمت‌های هوایی محصول دو روز قبل از کندن با دست برگ‌زنی شده بود بر روی سوخ‌های کنده شده مناسب بود، ولی در نهایت عقب سوار بودن ماشین، امکان استفاده از آنرا در الگوی کاشت پخشی (الگوی کاشت در اصفهان) فراهم نمی‌کرد (حیدری سلطان‌آبادی، ۱۳۹۱). بعد از عدم کارایی پیازکن‌های عقب‌سوار در کشت درهم، بخش خصوصی و تحقیقات کشاورزی اصفهان استفاده از وسایل جلوسوار را به‌طور مجزا مورد بررسی قرار دادند. در این راستا بخش خصوصی اقدام به ساخت یک پیازکن جلو سوار از نوع زنجیر نقاله‌ای کرد. این ماشین در سال ۱۳۹۱ در اصفهان در مزرعه‌ای که عملیات سرزنی پیازها قبل از ورود ماشین به زمین به‌صورت دستی انجام شده بود مورد ارزیابی قرار گرفت. مزیت این ماشین امکان استفاده از آن در کشت درهم گزارش شد (تاکی و اسدی، ۱۳۹۲). ولی عدم فرمان‌پذیری تراکتور و کشیده شدن آن به یک سمت، به‌دلیل فاصله زیاد تیغه‌های پیازکن از محور چرخ‌های جلو تراکتور از معایب این ماشین پیازکن ساخت داخل بود. تاکی (۱۳۹۰) با ساخت یک پیازکن میله‌ای و حذف سامانه غربال‌کنندگی تلاش کرد که فاصله عوامل خاک‌ورز تا چرخ‌های جلو تراکتور را کاهش دهد. وی گزارش نمود که در محصول پیاز که اکثر غده‌ها روی سطح زمین تشکیل می‌گردند احتیاج به سامانه غربال‌کنندگی برای کندن پیاز نمی‌باشد. اما در ادامه این تحقیق اشاره شده است که استفاده از پیازکن میله‌ای هنوز مشکل عدم فرمان‌پذیری تراکتور را مرتفع نساخته و به‌طور کلی ادوات خاک‌ورز جلوسوار بدون مجهز نمودن اتصال جلو به سامانه کنترل خودکار (کنترل کشش)، غیر یکنواختی عمق ادوات را به دنبال دارد وکنترل دایمی راننده را برای جلوگیری از بیش باری و اعمال خسارت به ماشین، طلب می‌نماید. این غیریکنواختی هم‌چنین منجر به افزایش تلفات کمی و کیفی غده‌ها شد (تاکی و اسدی، ۱۳۹۲). در کشور ترکیه تلفیق پیازکن زنجیرنقاله‌ای به‌صورت عقب‌سوار و ردیف‌کن جلوی چرخ‌های تراکتور به‌صورت جلو سوار برای کندن پیاز در کشت درهم مورد استفاده قرارگرفته است. ردیف‌کن دو خاک‌ورز بالدار همانند فاروئر است، که در جلوی تراکتور وظیفه کندن و کنار زدن غده‌ها را به‌عهده دارد. در این سامانه، خاک‌ورزهای جلو، روی یک اتصال سه نقطه در جلو تراکتور نصب و ماشین پیازکن نوار نقاله‌ای روی اتصال سه نقطه عقب غده‌های در

[1]-Rod-Weeder

فا صله بین دو چرخ تراکتور را به عهده دارد (تاکی، ۱۳۹۰). سازندگان ایرانی با ساخت یک واحد ردیف‌کن کنار سوار و ن صب آن بر روی شا سی غده‌کن عقب ســوار موفق شــده‌اند که ســوخ‌های نوار محل عبور چرخ‌های تراکتور در تردد بعدی را کنده و کنار بزنند. این واحد ر می‌تواند بر روی انواع غده‌کن‌ها شامل نوع غربال‌دار و بدون غربال (میله‌ایی) سوار گردد. در این تحقیق به مقای سه عملکرد پیازکن‌های عقب سوار غربال‌دار و بدون غربال مجهز به واحد ردیف‌کن کنارسوار پرداخته شده و افت‌های کمی و شاخص‌های اقتصادی بهره‌برداری از ماشین مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۳- مواد و روش‌ها

با توجه به این‌که در کشت فاریاب پیاز بیش از نیمی از حجم غده‌ها بر روی سطح خاک تشکیل می‌شود، به‌نظر می‌رسد مجهز کردن ماشین‌های پیازکن به سامانه غربال‌کننده توسط سازندگان داخلی (که با الگو برداری از ماشین‌های وارداتی پیازکن و سیب زمینی‌کن انجام شده است) به دلایلی غیر از نیاز به غربال کردن سوخ‌ها از خاک باشد. از جمله این دلایل می‌توان به نقش سامانه غربال‌کنندگی در ریختن غده‌ها بر روی نوار باریکی در میانه نوار برداشت اشاره کرد که این عمل می‌تواند به کاهش نیروی کارگری برای جمع‌آوری محصول منجر شود. بنابراین، در بررسی نقش سامانه غربال‌کنندگی برای ماشین‌های پیازکن در این تحقیق دو ماشین پیازکن بدون غربال با یک نوع پیازکن غربال‌دار با هم‌دیگر و با روش دستی مورد مقایسه قرارگرفتند (چهار تیمار). در دو ماشین بدون غربال یک تیغه یا میله سراسری از زیر عمق توسعه غده‌ها عبور کرده و ضمن زیربر کردن غده‌ها موجب بالا راندن آن‌ها نیز می‌شد. این عامل خاک‌ورز به‌صورت فعال و یا غیر فعال عمل زیربر کردن غده‌ها را انجام می‌دهد. در ماشین اول که پیازکن میله‌ایی نامیده شده (شکل ۱) یک میله افقی چهارگوش با مقطع ۲۲ میلی‌متر از جنس سخت و مقاوم به سایش که توسط سه بازوی عمودی ثابت مجهز به تیغه‌های اسکنه‌ای به عمق زیر غده‌ها (۷ تا ۱۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک) نفوذ کرده، عملیات زیربری را انجام می‌دهد. این میله افقی دارای یک حرکت چرخشی در خلاف جهت دوران چرخ‌های تراکتور است که نیروی آن توسط محور تواندهی تراکتور و از طریق زنجیر و چرخ زنجیرهایی که در داخل بازوی میانی تعبیه شده است تامین می‌شود. حرکت دورانی و انتقالی این میله در حین پیشروی تراکتور باعث بالا راندن سوخ‌های پیاز به سمت سطح خاک، بریدن ریشه آن‌ها و آزاد شدن غده پیاز از خاک اطراف آن می‌شد. با توجه به عدم تمایل میله به نفوذ در داخل خاک از اضافه کردن وزنه‌های استاندارد بر روی شاسی استفاده شد (شکل ۱). در ماشین دیگر بدون غربال به‌جای میله از یک تیغه ثابت سراسری (غیر فعال) برای کندن سوخ‌های پیاز استفاده شده است (شکل۲). عرض تیغه ۸ سانتی‌متر و طول آن ۲۰۰ سانتی‌متر است و زاویه۱۰-۱۵درجه با افق می‌سازد. در این ماشین نیز همانند پیازکن میله‌ای تیغه توسط سه بازوی حامل در خاک نفوذ و کندن و زیربر کردن ریشه سوخ‌های پیاز را انجام می‌داد. تیغه سراسری در مقرهای تعبیه شده در بازوهای حامل به‌صورت کشویی قرار گرفته و تعویض آن به‌راحتی امکان‌پذیر است.

Figure1: Rod digger used as a treatment in the experiment

شکل ۱- پیازکن میله‌ای استفاده شده در آزمایش

Figure 2 - Blade digger working in onion digging

شکل ۲- پیازکن تیغه‌ای در حین عملیات کندن سوخ‌های پیاز

پیازکن زنجیر نقاله‌ای (شکل ۳) شامل یک ردیف تیغه مثلثی شکل برای کندن سوخ‌ها و یک زنجیر نقاله به طول ۱۵۰ سانتی‌متر برای غربال کردن سوخ‌ها از خاک ا ست. زنجیرهای نقاله از میله‌های گرد فولادی تشکیل شده‌اند که به یکدیگر متصل شده و تشکیل یک زنجیر را می‌دهند. فاصــله میله‌های گرد از یک‌دیگر به اندازه‌ای اســت که ذرات خاک بتواند از میان آن‌ها عبور کرده، به روی زمین بریزند، اما ســقوط ســوخ‌های پیاز امکان‌پذیر نباشــد. حرکت زنجیر نقاله از شــافت تواندهی تراکتور با دور ۵۴۰ دور در دقیقه تامین می‌شــود. در این ماشــین ســوخ‌های پیاز به همراه لایه‌ای از خاک توسط تیغه‌ها مثلثی کنده و به روی زنجیر نقاله انتقال می‌یابند. سوخ‌های پیاز ضمن جدا شدن از خاک در طول زنجیر نقاله در انتها با کم عرض شدن مسیر (به‌وسیله دو صفحه راهنما) بر روی نوار باریکی برروی سطح خاک ریخته می‌شوند (شکل ۳).

Figure 3- Chain sieve onion digger with side-mounted furrower

شکل ۳- پیازکن غربال‌دار و ردیف‌کن منضم به آن

در هر سه ماشین مورد آزمایش یک عامل خاک‌ورز برای کندن و کنار زدن سوخ‌ها محل عبور چرخ های تراکتور در تردد بعدی، که به‌صورت کنار سوار به ماشین متصل می‌شود وجود دارد (شکل ۲ و ۳). این عامل خاک‌ورز شبیه به یک فاروئر برگردان‌دار است که منضم به دو دنباله در امتداد صفحات کنارزن برای مستحکم کردن دیواره شیار و جلوگیری از غلتیدن غده‌ها در کف شیار است. عمق و عرض‌کار فاروئر به‌ترتیب ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متر تنظیم شد. فاروئر مذکور بر روی یک دیرک‌افزار که در امتداد شاسی اصلی ماشین به عرض ۱۵۰ سانتی‌متر با اتصال لولایی متصل است نصب می‌شود. در این ماشین از دو جک هیدرولیکی برای بالا و پایین بردن ردیف‌کن‌ها استفاده شده است (بی‌نام، ۲۰۱۳). در ماشین‌های ساده بدون غربال (میله‌ای و تیغه‌ای) بالا و پایین بردن شاسی ردیف‌کن در ابتدا و خاتمه عملیات به‌صورت دستی انجام می‌شود. به‌منظور ارزیابی عملکرد سه ماشین پیازکن عقب‌سوار مجهز به ردیف‌کن کنار سوار در کشت بخشی پیاز و مقایسه آن‌ها با روش دستی، ماشین‌ها از نظر شاخص‌های فنی و اقتصادی با هم مقایسه شدند. از آنجائی‌که حداکثر عمق قرارگیری سوخ‌ها در خاک حدود ۵ سانتی‌متر بود، عمق‌کار در ماشین‌ها برای جلوگیری از صدمات مکانیکی حاصل از تغییرات عمق و هم‌چنین تامین حجم کافی خاک برای محافظت از برخورد مستقیم سوخ‌ها بر روی میله‌های پیازکن زنجیر نقاله‌ای در تمامی ماشین‌ها ۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هم‌چنین سرعت پیشروی تراکتور برای به حداقل رساندن صدمات مکانیکی به سوخ‌های پیاز ۰/۵ متر در ثانیه تنظیم شد (حیدری سلطان‌آبادی، ۱۳۹۱). برای به حرکت درآوردن پیازکن زنجیر نقاله‌ای از تراکتورهای مسی فرگوسن مدل ۳۹۹ و پیازکن‌های میله‌ای و تیغه‌ایی از مدل ۲۸۵ با چرخ‌های باریک استفاده شد. آزمایش در منطقه دامنه فریدن در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. ابعاد هرکرت آزمایش برای اعمال تیمارها، به عرض ۴/۵ (معادل سه تردد) و به طول ۲۵ متر در نظر گرفته‌شد. همین ابعاد برای کرت‌های مخصوص تیمار برداشت دستی نیز انتخاب شد. عملیات برگ‌زنی یک روز قبل از اعمال تیمارها توسط کارگر انجام شد. در زمان برداشت رطوبت برگ پیاز بر پایه خشک ۷۰ درصد، رطوبت خاک (در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری) ۱۶ درصد و متوسط درجه حرارت محیط ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. مزرعه مورد آزمون دارای بافت لومی رسی و محصول آن با رقم سفید تجاری با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع نشاکاری شده بود. میزان افت کمی وکیفی وارد بر سوخ‌ها در محل تردد پیازکن و محل عبور ردیف‌کن تعیین شدند. در این خصوص در سه نقطه کرت به طول ۲ متر در عرض‌کار ماشین و ردیف‌کن سوخ‌ها جمع‌آوری و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مرحله بخشی از محصول که به‌طور کلی غیر قابل فروش بود (افت کمی) تعیین و جداسازی شدند. این بخش شامل مجموع سوخ‌های له شده، بریده شده و کنده نشده بودند. له شدن سوخ‌ها بیش‌تر در کناره‌های نوار ایجاد شده برای عبور چرخ‌ها در اثر کنار نرفتن کامل آن‌ها با ردیف‌کن و یا سقوط مجدد آن‌ها به کف شیار اتفاق می‌افتد. برای کاهش این نوع صدمات سوخ‌های غلتیده شده به کف شیار قبل از تردد بعدی تراکتور توسط کارگر جمع‌آوری می‌شد و له شدن سوخ‌ها تنها در موارد خطای کارگری در جمع‌آوری اتفاق می‌افتد. سوخ‌های بریده شده به سوخ‌هایی اطلاق می‌شود که در اثر برخورد با عامل خاک‌ورز ماشین‌های پیازکن و یا قطعات مکانیکی بریده و جراحاتی به عمق بیش از فلس اول در آن‌ها ایجاد می‌شود. سوخ‌های کنده نشده معمولا در ابتدای کرت‌ها در شروع کار و قبل از رسیدن ماشین به عمق مطلوب اتفاق می‌افتد که با کندن خاک تا عمق زیر ریشه مشخص و جمع‌آوری شدند. سوخ‌های مدفون بیش‌تر در اطراف واحد ردیف‌کن مشاهده می‌شد و دفن آن‌ها در اثر ریختن خاک کنده شده بر روی غده‌ها اتفاق می‌افتد. این سوخ‌ها با جابجایی سطحی خاک قابل رویت بودند که با کارگر جمع‌آوری می‌شدند. در مرحله بعد برای تعیین افت کیفی، در سوخ‌های قابل استحصال (قابل فروش) سوخ‌های آسیب دیده مکانیکی از مجموع بقیه سوخ‌ها جداسازی و توزین شدند. سوخ‌های آسیب دیده شامل مواردی بودند که در اثر برخورد سوخ‌ها (با قطعات مکانیکی ماشین، سنگ، کلوخ و با هم‌دیگر) زخمی گردیده و خراشی تا عمق حداکثر فلس اول در آن‌ها مشاهده می‌شد. خراش‌های با عمق بیشتر از فلس اول در گروه سوخ‌های بریده شده طبقه‌بندی شدند. شاخص‌های اندازه‌گیری شده در نهایت از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. در ارزیابی اقتصادی با توجه به موثر بودن نوع ماشین بر تعداد کارگر مورد نیاز برای جمع‌آوری محصول و صدمات کمی، تمامی هزینه‌های ثابت و متغیر ماشینی و هزینه‌های کارگری مرتبط با جمع‌آوری محصول و افت کمی برداشت ماشینی در هر تیمار تعیین شد. در این خصوص با توجه به این‌که معمولا ماشین در مالکیت خصوصی کشاورزان می‌باشد هزینه‌های ثابت به‌صورت سالیانه و هزینه‌های متغیر، شامل صدمات کمی، هزینه‌های کارگری

و ماشینی به ازای هر هکتار محاسبه شدند. حداقل مساحت زمین مورد نیاز برای اقتصادی بودن مالکیت ماشین (نقطه سربه‌سر[1]) در تیمارهای آزمایش نیز تعیین شد. مالکیت خصوصی ماشین با توجه به ضرورت عرضه تدریجی محصول به بازار (ارقام زود رس) و هماهنگی آن با تعداد کارگران موجود در هر روز اجتناب‌ناپذیر است. هزینه‌های ماشینی در هر تیمار از مجموع هزینه تراکتور + راننده و هزینه تعمیر و نگهداری ماشین‌های پیازکن (در سال‌های عمر مفید مساوی فرض شده) به‌دست آمد. هزینهٔ نیروی انسانی در هر تیمار دستمزد کارگران استفاده شده در عملیات برداشت بوده و قیمت سوخ‌های غیرقابل فروش هزینه صدمات کمی محصول بود. برای محاسبه‌ی هزینه ثابت سالیانه ابتدا ارزش اسقاطی ماشین (قیمت خرید × درصد کاهش قیمت بعد از عمر مفید) از رابطه (۱) به ارزش فعلی تبدیل شد و پس از کسر آن از قیمت خرید، این مقدار از رابطه‌ی (۲) به هزینهٔ یکنواخت سالیانه (A)، یا به‌عبارت دیگر، سود+ استهلاک سالیانه تبدیل شد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۴). در این روابط i نرخ بهره‌ی واقعی (درصد)، P ارزش اسقاطی فعلی ماشین (میلیون ریال)، F ارزش اسقاطی نهایی ماشین (میلیون ریال)، P قیمت فعلی ماشین پس از کسر قیمت اسقاط و n عمر مفید است. در این محاسبات قیمت خرید پیازکن نقاله‌ای، تیغه‌ای و میله‌ای به‌ترتیب ۱۱۰، ۳۵ و ۵۰ میلیون ریال، ارزش اسقاطی ۱۲ درصد قیمت اولیه و عمر مفید ماشین‌ها ۵ سال در نظر گرفته شد.

$$\frac{p}{F}=\frac{1}{(1+i)^n} \quad (۱)$$

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}=\frac{A}{P} \quad (۲)$$

نرخ بهره واقعی یا نرخ تنزیل[2](معادل حداکثر نرخ سود سپرده بلند مدت بانکی یا اوراق مشارکت به اضافهٔ چند درصد برای پوشش ریسک سرمایه‌گذاری)، ۲۰ درصد تعیین شد. در نهایت نقطه سربه‌سر برای هر ماشین از رابطه (۳) محاسبه شد. نقطه سربه‌سر حداقل مساحت زمین مورد نیاز برای اقتصادی بودن مالکیت ماشین را نشان می‌دهد که در آن ارزش کنونی منافع و هزینه‌ها با هم برابر است (سلطانی ، ۱۳۶۹).

$$Q=\frac{A}{I-V} \quad (۳)$$

در این رابطه V مجموع هزینه‌های ماشینی، نیروی انسانی و سوخ‌های غیر قابل فروش برای یک هکتار، A هزینه ثابت سالیانه، I درآمد حاصل از به‌کارگیری ماشین است که از صرفه‌جویی درکاهش نیروی کارگری نسبت به‌روش دستی برای یک هکتار به‌دست می‌آید و Q نقطه سربه سر بر حسب هکتار است.

۴- نتایج و بحث

۴-۱-مقایسه افت کمی و نیروی کارگری مورد نیاز برای جمع‌آوری سوخ‌ها در تیمارهای آزمایش

مقایسه میانگین‌های درصد وزنی سوخ‌های له شده، بریده شده، مدفون و کنده نشده در جدول ۱ نشان می‌دهد که بیش‌ترین درصد غده‌های کنده نشده مربوط به پیازکن میله‌ای است. عدم تمایل میله به نفوذ در شروع حرکت باعث تاخیر در رسیدن آن به عمق مطلوب و گاها بالا آمدن میله در حین عملیات می‌گردد. این امر سبب افزایش درصد سوخ‌های کنده نشده در این ماشین می شد. در پیازکن‌های تیغه‌ای و غربال‌دار شکل و زاویه مناسب تیغه و بازوهای جانبی (حامل) نفوذ سریع آن به عمق مطلوب را تضمین نموده و بدین لحاظ درصد سوخ‌های کنده نشده در این ماشین‌ها تفاوت معنی‌داری با روش دستی که کارگر غده‌ها را تک تک از زمین با ابزار دستی خارج می‌کنند نداشته است. در خصوص اثر نوع ماشین بر درصد سوخ‌های مدفون شده، هر چند بر طبق تحقیقات انجام شده انتظار مدفون شدن درصدی از غده‌ها توسط خاک غربال نشده در انتهای ماشین زنجیر نقاله‌ای می‌رفت (همت و تاکی، ۱۳۸۰). اما مشاهده گردید که مدفون شدن غده‌ها در پشت غربال‌ها اتفاق نمی‌افتد. توزیع سوخ‌های کنده شده بر روی تمام عرض نوار نقاله، حجم کم خاک همراه غده‌ها و اندازه مناسب فاصله بین میله‌های غربال باعث می‌گردید که تمامی غده‌ها بر روی سطح خاک ریخته شود. در انواع بدون غربال نیز زیربر کردن غده‌ها منجر به مدفون شدن آن‌ها نمی‌گردید. بررسی‌های انجام شده نشان دادند که تنها در محل بالا ریختن خاک توسط فاروئرها (ردیف‌کن‌ها) برخی از غده‌ها مدفون می‌گردند. این غده‌های مدفون در تیمار ماشین غربال‌دار، در تردد بعدی بر روی نقاله ماشین انتقال یافته و به‌صورت آشکار بر روی زمین ریخته می‌شود. اما در تیمارهای بدون غربال عبور تیغه یا میله در تردد بعدی باعث آشکار شدن غده‌های مدفون در این محل ها نمی شود و بدین خاطر در صد این نوع غده‌ها در این ماشین‌ها به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از پیازکن غربال‌دار است (جدول۱). لازم به ذکر است که غده‌های مدفون در مرحله جمع‌آوری، با برهم‌زدن جزیی خاک پیدا و جمع‌آوری می‌شوند و جزء افت کمی محصول به حساب نمی‌آیند و تنها تاثیر آن بر افزایش تعداد کارگر مورد نیاز برای بازیابی آن‌ها می‌باشد (جدول ۲). در مورد سوخ‌های له شده

[1]-Break even point
[2]-Discount rate

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

نیز مشاهدات مزرعه‌ای نشان داد که له شدگی بیشتر در محل عبور چرخ‌های تراکتور اتفاق می‌افتد. این بدین خاطر است که برخی از غده‌های کنده شده توسط فاروئرها از روی دیواره شیار ایجاد شده مجددا به کف شیار غلتیده و در صورت عدم جمع‌آوری با کارگر قبل از تردد بعدی در زیر چرخ‌ها له می‌گردند. با توجه به این‌که در این تحقیق قبل از تردد بعدی ماشین‌ها غده‌های افتاده در محل عبور چرخ‌ها جمع‌آوری می‌گردید، درصد غده‌های له شده در تیمارهای مختلف ناچیز بود (جدول ۱). این عملیات نیز بخشی از کارگر مورد نیاز در حین کندن را به خود اختصاص می‌داد میزان سوخ‌های بریده شده در پیازکن میله‌ای بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. غیر یکنواختی عمق‌کار سبب برخورد عوامل خاک‌ورز با سوخ‌ها و بریده شدن آن‌ها می‌گردید. پس از آن بیش‌ترین مقدار این سوخ‌ها مربوط به پیازکن غربال‌دار است که در محل عبور دو جداکننده طرفین ماشین در اثر برخورد سوخ‌ها با لبه آن‌ها رخ داده است. این در حالی است که میزان سوخ‌های بریده در روش دستی نیز تفاوت معنی‌داری با پیازکن غربالی نداشته است. برخورد نوک تیز ابزار با سوخ‌ها به‌علت عدم دقت کارگران، عامل این گونه صدمات در تیمار دستی برداشت بوده است.

مقایسه تیمارهای آزمایش از نظر نیروی کارگری مورد نیاز برای جمع‌آوری سوخ‌ها در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیش‌ترین نیروی کارگری مورد نیاز در روش دستی برداشت برای کندن و جمع‌آوری سوخ‌ها به‌ترتیب ۳۰ و ۴۰ کارگر-روز است. جدول ۱ نشان می‌دهد ماشین‌های پیازکن منجر به حذف کامل نیروی کارگری نشده، این نیروی کارگری بیشتر صرف بازیابی و جمع‌آوری سوخ‌هایی می‌شود که در اطراف واحد ردیف‌کن در اثر ریختن خاک بر روی آن‌ها مدفون شده‌اند و با جابجایی سطحی خاک قابل رویت می‌شوند. همان‌طور که اعداد جدول ۱ نشان می‌دهند میزان این سوخ‌ها در پیازکن غربال‌دار و تیغه‌ای به‌ترتیب حدود ۱۱۰۰ و ۳۵۰۰ کیلوگرم به ازای یک هکتار است که ارزش اقتصادی آن از هزینه کارگری مربوط به آن بیش‌تر است. در این ارتباط نیروی کارگری مورد نیاز برای کنارزدن و جمع‌آوری سوخ‌های در مرحله کندن آن‌ها در پیازکن غربال‌دار یک نفر کم‌تر از پیازکن‌های دیگر به ازای یک هکتار است. وجود غربال و صفحات هدایت کننده در انتهای آن و ریخته شدن سوخ‌ها بر روی یک نوار باریک نیاز به تمیز کردن طرفین نوار اصلی برداشت (محل عبور یکی از چرخ‌ها در تردد بعدی) توسط کارگر را برطرف می‌کند. این امر هم‌چنین باعث کاهش ۲ کارگر-روز در هکتار در مرحله جمع‌آوری سوخ‌ها نسبت به ماشین‌های بدون غربال گردید. تعداد کارگر مورد نیاز برای جمع‌آوری سوخ‌ها در روش‌های ما شینی حدود ۲۵ در صد بیش‌تر از روش د ستی ا ست. این بدین خاطر ا ست که در روش د ستی کارگران در حین کندن عمل کپه‌کردن سوخ ها را در نقاط مختلف کرت انجام می‌دهند. مجتمع بودن غده ها در نقاط مختلف جمع‌آوری و کیسه‌گیری آن‌ها را سرعت می‌بخشد.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های درصد افت کمی و نیروی کارگری مورد نیاز برای جمع‌آوری سوخ‌ها در تیمارهای آزمایش

Table 1: Means of quantitative losses and labour forces required for picking up the bulbs

تیمارهای آزمایش	کنده نشده (درصد)	مدفون (درصد)	له شده (درصد)	بریده شده (درصد)	نیروی کارگری (هکتار/کارگر- روز)		
					کندن	جمع‌آوری	مجموع
پیازکن غربالدار	۰/۰۱b*	۱/۱b	۰/۱۱a	۰/۰۴b	۲	۴۸	۵۰
پیازکن میله‌ای	۱/۱a	۳/۵a	۰/۱۲a	۱/۱a	۳	۵۰	۵۳
پیازکن تیغه‌ای	۰/۰۲b	۳/۳a	۰/۱۱a	۰/۰۲b	۳	۵۰	۵۳
روش دستی	۰/۰۱b	-	۰/۱۴a	۰/۰۵b	۳۰	۴۰	۷۰

* اعداد با حروف مشترک در یک ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ایی دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

۴-۲- مقایسه اقتصادی تیمارهای آزمایش

برای مقایسه اقتصادی ماشین‌ها هزینه‌های ثابت و متغیر هر تیمار در جداول ۲و ۳ آورده شده است. این اعداد بر مبنای قیمت‌های اولیه هر ماشین، در نظر گرفتن قیمت اسقاط معادل ۱۲ درصد قیمت اولیه ماشین، پنج سال عمر مفید و قیمت ۴۰۰۰ ریال به ازای هر کیلو پیاز محاسبه گردیده است. درآمد ناشی از استفاده از ماشین معادل دستمزد تعداد کارگر صرفه‌جویی شده در برداشت نسبت به روش دستی و با در نظر گرفتن حقوق روزانه ۵۰۰ هزار ریال برای هر کارگر می‌باشد. نگاهی بر اعداد جدول ۳ نشان می‌دهد که در برداشت با پیازکن میله‌ای درآمد حاصل از استفاده از ماشین حتی کم‌تر از هزینه‌های جاری آن در هکتار می‌باشد که اقتصادی نبودن ماشین را مشخص می‌کند. سهم بیش‌تر هزینه‌های متغیر در این ماشین مربوط به هزینه تلفات برداشت (۲/۳۲ درصد) است. این نشان می‌دهد که اگرچه درصد افت کمی در مقایسه با محصولات دیگر قابل قبول می‌باشد لیکن با در نظر گرفتن عملکرد بالای محصول در هزینه‌های کارگری صرفه‌جویی نشده است. این در حالی است که در دو پیازکن غربال‌دار و تیغه‌ای این میزان افت از حدود ۰/۱۵ تا ۰/۱۶ درصد تجاوز نکرده و خسارت ناشی از آن در مقایسه با پیازکن میله‌ای قابل ملاحظه نمی‌باشد. با مقایسه درآمد حاصل از به‌کارگیری ماشین‌ها در جدول ۳ که حاصل صرفه‌جویی در هزینه‌های کارگری برداشت می‌باشد می‌توان دریافت که این درآمد برای ماشین غربال‌دار معادل اجرت ۲۰ کارگر-روز و برای ماشین تیغه‌ای معادل اجرت ۱۷ کارگر-روز در هکتار می‌باشد.

جدول ۲- هزینه ثابت مالکیت ماشین‌های پیازکن در هکتار (ارقام بر حسب میلیون ریال)

Table 2: Fixed cost for onion diggers (Million Rials)

تیمار	قیمت خرید	عمر مفید	قیمت ماشین بعد از استهلاک				مبلغ کل استهلاک	سود+ استهلاک سالیانه	
			درصد ارزش اسقاطی	ارزش اسقاطی فعلی	ضریب تبدیل	ارزش اسقاطی نهایی		ضریب تبدیل	مبلغ
پیازکن غربال‌دار	۱۱۰	۵	۱۲	۱۳/۲	۰/۴۰	۵/۲۸	۱۰۴/۷۲	۰/۳۳	۳۴/۵۶
پیازکن میله‌ای	۵۰	۵	۱۲	۶	۰/۴۰	۲/۴۰	۴۷/۶۰	۰/۳۳	۱۵/۷۱
پیازکن تیغه‌ای	۳۵	۵	۱۲	۴/۲	۰/۴۰	۱/۶۸	۳۳/۳۲	۰/۳۳	۱۱/۰۰

جدول ۳- هزینه متغیر و نقطه سربه‌سر درتیمارهای آزمایش (ارقام هزینه بر حسب میلیون ریال)

Table 3: Variable costs and break even point for each machine (Million Rials)

تیمار	هزینه تراکتور (هکتار)	هزینه تعمیر و نگهداری پیازکن (هکتار)	صدمات کمی (هکتار)		مجموع هزینه‌های متغیر	درآمد (هکتار)			نقطه سربه‌سر (هکتار)
			افت کمی (کیلوگرم)	قیمت (کیلوگرم)	هزینه افت		تعداد کارگر صرفه جویی شده نسبت به روش دستی	دستمزد	درآمد ماشین	
پیازکن غربال‌دار	۲/۴۰	۰/۴۰	۱۶۰	۰/۰۰۴	۰/۶۴	۳/۴۴	۲۰	۰/۵	۱۰	۵/۲۷
پیازکن میله‌ای	۱/۶۰	۰/۲۰	۲۳۲۰	۰/۰۰۴	۹/۲۸	۱۱/۰۸	۱۷	۰/۵	۸/۵	-
پیازکن تیغه‌ای	۱/۶۰	۰/۰۵۰	۱۵۰	۰/۰۰۴	۰/۶۰	۲/۲۵	۱۷	۰/۵	۸/۵	۱/۷۶
روش دستی	-	-	۲۰۰	۰/۰۰۴	۰/۸۰	۳۵/۸۰	-	-	-	=

این امر مزیت پیازکن غربال‌دار را با کاهش ۱۵ درصدی نیروی کارگری نسبت به پیازکن تیغه‌ای نشان می‌دهد. این صرفه‌جویی در ازای افزایش سه برابری قیمت خرید حاصل گردیده است که ضرورت بررسی سطح اقتصادی زیر کشت برای خرید ماشین را تعیین می‌کند. بنابراین به‌طور کلی با مقایسه نقطه سربه‌سر سطح اقتصادی برای مالکیت ماشین می‌توان دریافت که در صورت داشتن سطح مالکیت ۵/۲۷ هکتار به بالا خرید پیازکن غربال‌دار اقتصادی می‌باشداین در حالی است که خرید پیازکن تیغه‌ای حتی با داشتن سطحی معادل ۱/۷۶ هکتار مقرون به صرفه است. با توجه به این‌که در برداشت پیاز عملیات جمع‌آوری محصول نیز بایستی همراه با کندن آن انجام پذیرد و نیاز به کندن تدریجی و مرحله‌ایی محصول می‌باشد، استفاده استیجاری از ماشین‌های پیازکن مدیریت بسیار دقیقی را طلب می‌کند. این امر باعث گردیده کشاورزان تمایل زیادی به مالکیت خصوصی آن داشته باشند. بنابراین اقتصادی بودن خرید ماشین برای سطوح خرده مالکی از مزیت‌های مهم این نوع ماشین‌ها محسوب می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر نشان داد که با طراحی و ساخت واحد ردیف‌کُن کنار سوار که سوخ‌های نوار محل عبور چرخ‌های تراکتور در تردد بعدی را کنده و کنار می‌زند امکان کندن پیاز با ماشین‌های پیازکن عقب سوار در ایران فراهم گردیده است. در این خصوص ماشین پیازکن مجهز به سامانه غربال کنندگی و بدون غربال‌کننده برای کندن پیاز معرفی و ساخته شده است. نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های تعیین کننده صدمات کمی و کیفی، نیروی کارگری مورد نیاز مرتبط با عملیات پیازکنی برای جمع‌آوری سوخ‌ها و شاخص اقتصادی نشان می‌دهد که از بین پیازکن‌های فاقد سامانه غربال‌کننده (میله‌ای و تیغه‌ای) پیازکن تیغه‌ای به‌علت افت کمی و صدمات مکانیکی کمتر نسبت به پیازکن میله‌ای ارجحیت دارد. میزان صدمات کمی در پیازکن میله‌ای ۲/۳۲ درصد بود که بیش‌تر مربوط به سوخ‌های کنده نشده و بریده شده است. عدم تمایل میله به نفوذ در شروع حرکت و غیر یکنواختی عمق کار میله در حین عملیات سبب این نوع افت گردید. عملکرد بالای محصول سبب شد که در برداشت با پیازکن میله‌ای هزینه این افت از درآمد حاصل از صرفه‌جویی در نیروی کارگری بیش‌ترگردد که اقتصادی نبودن ماشین را تایید می‌کند. میزان افت کمی در دو پیازکن تیغه‌ای و زنجیر نقاله‌ای به‌ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۱۶ درصد بود که در مقایسه با نوع میله‌ای قابل ملاحظه نمی‌باشد. هم‌چنین میزان افت کیفی در این دو تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت. تنها اختلاف این دو ماشین در تعداد کارگر مورد نیاز برای جمع‌آوری سوخ‌هاست که در پیازکن تیغه‌ای ۱۵ درصد بیش‌تر از پیازکن زنجیر نقاله‌ای بود. میزان افزایش نیروی کارگری در این ماشین به‌علت نیاز به صرف وقت و دقت بیشتر برای جدا کردن خاک چسبیده به تعدادی از سوخ‌ها و هم‌چنین کنار زدن خاک سطحی برای بازیابی سوخ‌های مدفون در محل ردیف‌کن حاصل گردید. صرفه‌جویی ۱۵ درصدی نیروی کارگری در ماشین غربال‌دار در ازای افزایش سه برابری قیمت اولیه خرید به‌دست آمده است. سطح اقتصادی مالکیت ماشین برای

پیازکن زنجیر نقاله‌ای و تیغه‌ای به‌ترتیب ۵/۲۷ و ۱/۷۶ هکتار محاسبه شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده استفاده از پیازکن زنجیر نقاله‌ای درمزارع بزرگ‌تر و درصورت وجود تراکتورهای پر قدرت قابل توصیه است. اما پیازکن تیغه‌ای با قیمت تمام شده بسیارکمتر، ساختمان ساده، هزینه تعمیر و نگهداری کمتر گزینه مناسب‌تری برای کشاورزان خرده مالک است.

۶- مراجع

Anon. 2010. Agricultural productions in Iran. Agricultural Research and Education Organization. Jahad Agricultural Ministry. (In Farsi).

Anons. 2009. Kenan Ertugrul Tarim Makineleri Agricultural Machines. http//www.Ertugrultarim.com.

Anony. 2013. Technozar Agricultural Machines: http//www. Technozar.com.

Azizi, P., Sakenian Dehkordi, N. and Farhadi. R. 2014. Design, construction and evaluation of potato digger with rotary blade. Cercetari Agronomice in Moldova. 3(159): 5-12.

Balls, R.C. 1985. Horticultural Engineering Technology. Macmillan Publisher, LTD.

Hemmat, A. and Taki, O. 2001. Potato losses mechnical demage by potato diggerrs in the Feridan region of Isfahan. Sci & Tech. Agric. & Nat. Resour. 5(2): 195-209 (in Farsi).

Heidarisoltanabadi, M. 2013. Determination of design factors for machines used in a novel two stage onion harvest. Thesis for the degree of Ph.D. Tabriz University: Tabriz. Iran (in Farsi).

Ibrahim, M. M., Amin, E. and Farag, A. 2008. Developing a multi purpose digger for harvesting root crops. Misr. J. Ag. Eng. 25(4): 1226-1239.

Mahamadev, N. 1973. Agricultural Machinery. Kolos, Moscow, Russia.

Massah, J., Lotfi, A. and Arabhosseini, A. 2011. Comparison between capacitive and photo sensors in depth control of onion harvester.Journal of Engineering Studies and Research. 17(4): 64-72.

Mayberri, K. S. 2000. Market onions. US Cooperative Extension-Imperial County Vegetable Crops Guidelines. University of California and the United States Department of Agricultural Cooperating, USA

Mozafari, M. and Kazemeinkhah, k. 2000. Design, development and evaluation of suitable onion harvester for small farms (laboratory scale). Final research report. Agricultural Research and Education Organization.

Srivastava, A., Goering, C. and Rohrbach, R. 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. American Society of Agricultural Engineers. USA.

Soltani, Gh. 1990. Engineering economics. Shiraz University Press. Shiraz. Iran (in Farsi).

Sukhwinder, S. 2006. Design, development and field testing of a multi purpose digger. Potato J. 33(3 - 4): 134-138.

Taki, O. 2011. Development of a front mounted rod digger for dense cultivation of onion. Final repot of research project. Agricultural engineering institute. Jahad Agricultural Ministry (In Farsi).

Taki, O. and Asadi, A. 2013. Using a rod-digger to dig onion bulbs in dense planting. Jounal of Agricultural Engineering Research. 14(2): 93-108 (in Farsi).

Ulger, P., Akdemir, B. and Arin, S. 1993. Mechanized planting and harvesting of onion. A.M.A. 24 (4): 23-27.

Viramontes, J.A.B. 1980. Harvester with mechanical rod weeder and soil agitator. United State r

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