نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۵، ص ۲۸۲-۲۷۱

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 2, Fall - Winter 2016, p. 271-282

# طراحی، ساخت و ارزیابی یک نوع موزع خودکار نشاء ریشه لخت پیاز

محمد طهری[۱]- داود قنبریان[۲*]- اورنگ تاکی[۳]- مهدی قاسمی ورنامخواستی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۷

## چکیده

در سال‌های اخیر با توجه به کمبود منابع آبی در کشور، تولید پیاز با کاشت نشاءهای ریشه لخت مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. با توجه به بالا بودن تراکم کشت مطلوب برای کشاورزان، فقدان ماشین مناسب برای کاشت نشاءهای ریشه لخت پیاز به‌عنوان یک مشکل اصلی ظاهر شده است. این تحقیق با هدف طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه موزع خودکار که بتواند ضمن جداسازی و تک کردن نشاءهای ریشه لخت پیاز، تراکم مناسب برای کاشت آنها را فراهم نماید، انجام گردید. در این پژوهش از دو تسمه‌ی آج‌دار که به‌صورت زاویه‌دار در کنار هم قرار می‌گرفتند، به‌عنوان موزع استفاده شد. نشاءهای موجود در دسته نشاء با قرار گرفتن دسته در بین دو تسمه مورد نظر که با سرعت‌های متفاوت و در خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کنند، از هم جدا شده و به‌صورت یک ردیف از گذرگاه انتهایی بین دو تسمه خارج می‌گردند. برای ارزیابی موزع ساخته شده، اثرات سه عامل نوع تسمه حامل، نسبت سرعت خطی تسمه‌ها و تعداد نشاء موجود در یک دسته براساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار بر روی پارامترهای کیفیت کاشت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تسمه حامل با دندانه‌های بلند، صلب و دارای زاویه حمله، قابلیت بهتری در جدا کردن نشاءها دارد. نتایج هم چنین نشان داد با استفاده از این روش جداسازی می‌توان در ۸۰ درصد از طول خطوط کاشته شده به یکنواختی مطلوبی در فواصل نشاءها رسید.

**واژه‌های کلیدی:** پیاز، نشاءکار، نشاء ریشه لخت، موزع

## مقدمه

در سال‌های اخیر به خاطر محدودیت‌های منابع آب و بالا بودن هزینه‌های تولید در کشور، کشت پیاز به‌صورت بذرکاری، جای خود را به روش نشاءکاری داده است. کشت نشاء به علت افزایش طول دوره رشد، کاهش نهاده‌های کشاورزی در مرحله اولیه رشد (تبدیل بذر به نشاء) و افزایش عملکرد محصول، نسبت به روش بذرکاری ارجحیت دارد (Izadkhah shishvan *et al.*, 2009). در حال حاضر نشاءکاری پیاز با نشاء ریشه لخت به‌صورت دستی با صرف نیروی کارگری ۱۰۰-۱۲۰ نفر روز کارگر در هکتار و در تراکم بالای ۷۰۰ تا ۸۰۰ هزار بوته در هکتار انجام می‌شود (Mobliand Piraste,1994; Masiha *et al.*, 1999). در دنیا برای کشت نشاء با ماشین‌های نشاءکار، از دو سیستم خودکار و نیمه خودکار استفاده می‌شود. نشاءکارهای خودکار با نشاءهای شکل یافته، تغذیه می‌شوند. موزع‌های این ماشین‌ها نشاءهایی را که از قبل، در گلدان و یا در جعبه‌های (سینی‌ها) مخصوص آماده شده‌اند دریافت کرده و در زمین می‌کارند. برای تهیه نشاءهای جعبه‌ای، نخست خاک در سینی‌های مخصوصی به ارتفاع ۲ تا ۳ سانتی‌متر ریخته شده و سپس بذرهای محصول در داخل سینی‌ها کاشته می‌شود. در هم تنیدگی ریشه‌های افشان گیاه باعث پیوستگی کل بسترِ سینی شده و می‌توان بسترهای نشاء را به‌صورت یک پارچه از سینی‌ها خارج و بر روی دستگاه کارنده قرار داد. در این روش موزع با برداشت سطح کوچکی از این بستر، نشاءهای موجود در این قسمت را در زمین می‌کارد. در نشاءکارهایی که با نشاء گلدانی تغذیه می‌شود، موزع‌ها برای انتقال نشاء به داخل شیار، از روش ثقلی و لوله سقوط استفاده می‌کنند (Branch, 1986; Ryu *et al.*, 2001). در استفاده از این ماشین‌ها علاوه بر قیمت اولیه بالا، آماده کردن نشاء به‌صورت گلدانی یا جعبه‌ای نیز به نوبه خود هزینه‌های مضاعفی را بر کشاورزان تحمیل می‌کند.

ساخت موزع برای کاشت نشاءهای ریشه لخت به علت غیر یکنواخت بودن، آسیب‌پذیر بودن و درهم تنیدگی نشاءها، همواره طراحان را با مشکل رو به رو کرده است. پژوهشگران برای غلبه بر این مشکل روش‌های مختلفی را مورد بررسی قرار داده‌اند که هیچ

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: dghanbarian@yahoo.com)
۳- دانشیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان

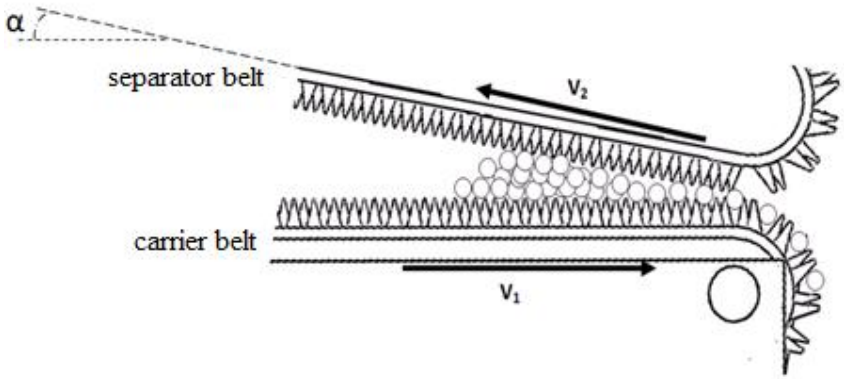
کدام به موفقیت کامل دست نیافته‌اند (Hergert *et al.*, 1987). در کانادا امکان خودکار کردن نشاءکاری گوجه با استفاده از دو روش نشاء ریشه لخت و نشاء جعبه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش خودکارکردن فرآیند نشاءکاری با نشاء ریشه لخت، فرآیندی بسیار سخت و غیر اقتصادی ذکر شده و در نهایت نشاءهای جعبه‌ای برای کشت تمام خودکار نشاء گوجه پیشنهاد شده است (Hergert *et al.*, 1987).

برای کاشت نشاء ریشه لخت در دنیا معمولاً از ماشین‌های نیمه خودکار استفاده می‌شود (Suggs,1979). در این ماشین‌ها عمل جداسازی و تک کردن نشاء توسط کارگر انجام شده و نشاء تک شده، به‌وسیله کارگر به انبرک‌های مخصوصی تحویل داده می‌شود که وظیفه انتقال نشاء به داخل خاک را بر عهده دارند. در این روش به علت حرکت دورانی چرخ انبرک‌ها و محدویت نصب انبرک‌های بیشتر بر روی چرخ دوار، حداقل فاصله ممکن روی ردیف معمولاً ۱۲-۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین فاصله بین ردیف‌های کاشت حتی به‌صورت دو ردیف، به علت وجود چرخ‌های فشاری و انبرک‌های نشاءگیر، نمی‌تواند کمتر از ۲۵ سانتی‌متر باشد (Anonymous, 2009). با توجه به نیاز کشور، در سال ۱۳۸۸یک نمونه نشاءکار انبرکی مدل اسفوجیا با پنج واحد کارنده به فواصل ۲۵ سانتی‌متر و عرض کار ۱۲۵۰ میلی‌متر و سرعت کاشت۲۰۰ متر مربع در ساعت توسط جهاد کشاورزی وارد و به‌منظور انجام نشاءکاری پیاز در استان اصفهان مورد استفاده قرار گرفت. تراکم کاشت این نشاءکار نیز ۳۵۰۰۰۰ بوته در هکتار است که تقریباً نصف تراکم مورد نظر کشاورزان ایرانی (۸۰۰-۷۰۰ هزار بوته در هکتار) می‌باشد. این نشاءکار انبرکی قادر به کشت گیاه در فواصل کم بر روی ردیف نیست زیرا نشاء کاشته شده توسط انبرک بعدی از خاک خارج شده و یا آسیب می‌بیند (Anon, 2009; Tohri and Ghanbarian, 2014).

با توجه به اهمیت موضوع، در تحقیقی طراحی دستگاه نشاءکار پیاز با تراکم بالا و با قابلیت تغذیه با نشاء ریشه لخت مورد بررسی قرار گرفت و پس از بررسی‌های لازم، یک دستگاه ماشین نشاءکار ۹ ردیفه پشت تراکتوری ساخته شد. در این دستگاه که نیمه خودکار محسوب می‌شود، انتقال نشاء به روش ثقلی انجام می‌شود. مشکل اصلی دستگاه، تغذیه موزع‌های آن به‌وسیله ۹ نفر نیروی انسانی است که وظیفه جداسازی و تک کردن دسته‌های نشاء را بر عهده دارند (Taki and Asadi, 2012). با توجه به موارد ذکر شده و عدم وجود دستگاهی که قادر باشد به‌صورت خودکار، نشاءهای درهم تنیده ریشه لخت پیاز را از دسته آن جداسازی و تک نماید، این پژوهش برای اولین بار با هدف طراحی، ساخت و ارزیابی یک دستگاه موزع خودکار انجام شد.

## مواد و روش‌ها

**ایده اصلی:** شکل ۱ ایده اصلی مورد استفاده در ساخت موزع مورد نظر را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، موزع مورد نظر از دو تسمه حامل و تک‌کن که با سرعت‌های مختلف در خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کنند، ساخته شده است. دسته نشاء مورد نظر به‌صورت عرضی بین دو تسمه قرار گرفته و نشاءهایی که بر روی محیط خارجی دسته قرار گرفته‌اند، تحت تأثیر نیرویی که از طرف تسمه تک‌کن بر آن‌ها وارد می‌شود، به‌صورت یک ردیف بر روی تسمه حامل قرار گرفته و به سمت گذرگاه انتهایی بین دو تسمه حرکت داده می‌شوند. در نتیجه استمرار این عمل نشاءها از یکدیگر جدا شده و به‌صورت یک ردیف از گذرگاه انتهایی بین دو تسمه خارج می‌شوند.




**شکل ۱**- ایده به‌کار رفته برای جداسازی و تک کردن دسته نشاء

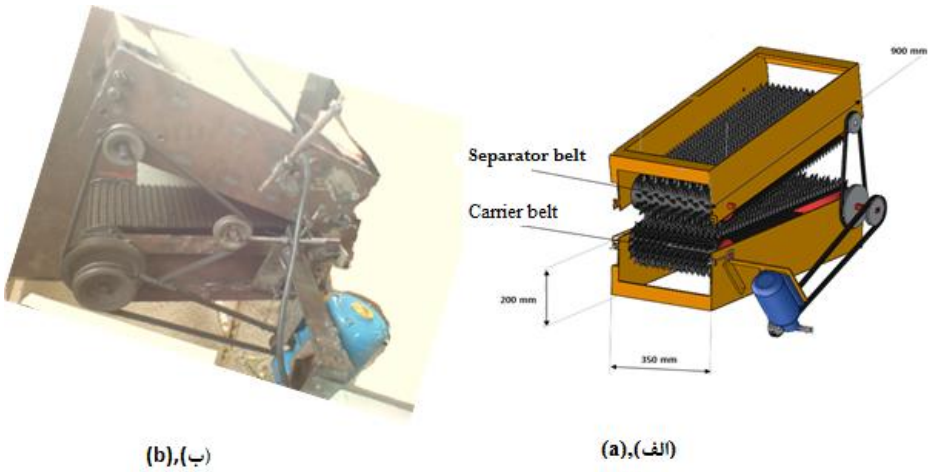
**Fig.1.** The used idea for separation and single out bunch of seedlings

**خواص فیزیکی نشاء:** خصوصیات فیزیکی نشاءها با اندازه‌گیری ۵۰ نمونه نشاء آماده برای کشت، مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ویژگی‌های آنتروپومتری دست انسان، تعداد نشاءهای موجود در هر دسته بین ۳۰ تا ۶۰ عدد می‌باشد. شکل ۲ دسته نشاء و ابعاد کلی آن که برای طراحی دستگاه اهمیت دارد، را نشان می‌دهد.

**ملاحظات طراحی و ساخت:** شکل ۳ مدل کامپیوتری و تصویر واقعی از موزعی که در کارگاه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهرکرد ساخته شده را نشان می‌دهد. زاویه تسمه تک‌کن با راستای افقی (زاویه α در شکل ۱) براساس متوسط ضخامت دسته نشاء (h) و آزمایشات مقدماتی برابر ۲۰ درجه انتخاب شد. در مقادیر کمتر از این مقدار نشاءها دچار لهیدگی شدید و در مقادیر بیشتر نیز آرایش نشاءها در راستای عمود بر امتداد طولی تسمه دچار درهم ریختگی می‌شد. برای سهولت در محاسبات مربوط به طراحی و ساخت موزع، با توجه به ابعاد نشاءها هر یک از آن‌ها به‌صورت استوانه‌ای به طول ۲۰۰ و قطر ۱۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد (شکل۴). با توجه به ایده به‌کار رفته در این تحقیق دو وضعیت (الف) و (ب) نشان داده شده در شکل ۴ و یا ترکیبی از این حالت‌ها، برای نشائی که توسط تسمه تک‌کن تحت اعمال نیرو قرار می گیرد قابل تصور است.

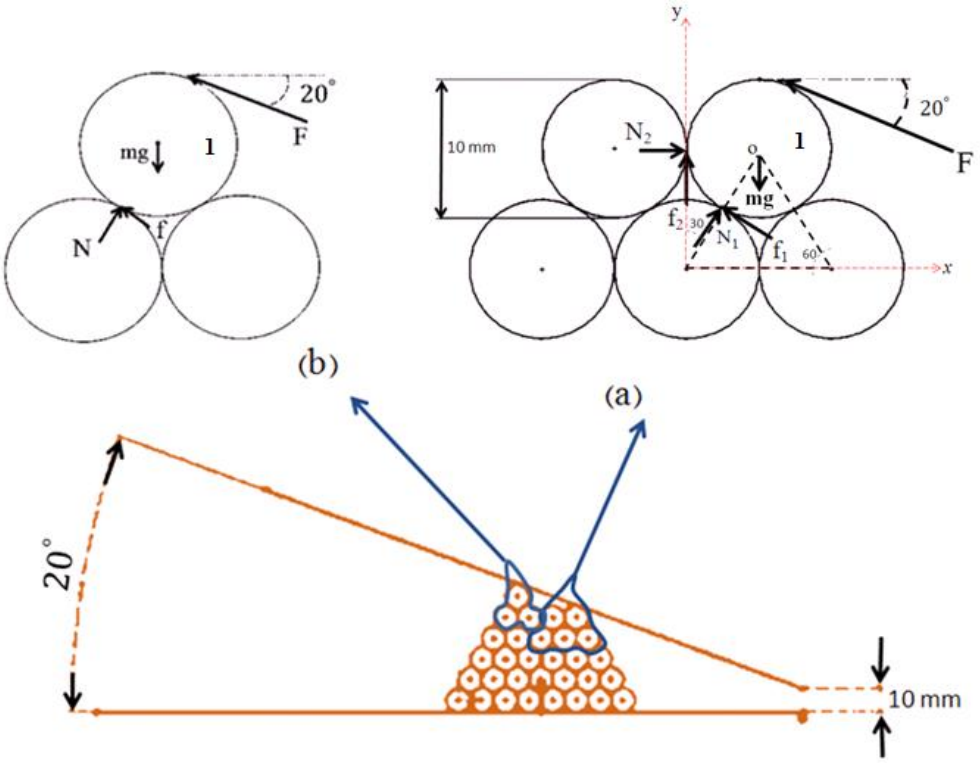
**شکل ۲**- دسته نشاء و ابعاد هندسی نشاءها: ($a$)- طول بخش انتهایی، ($b$)- قطر ساقه در ۵ سانتی‌متری بالای ریشه، ($c$)- قطر انتهای نشاء، ($L$)- طول نشاء و ($h$)- ضخامت دسته نشاء

**Fig.2.** A bunch of seedling and dimensions of a single seedling: (a)- Length of end part of seedling, (b)- Seedling diameter at 5 cm above the seedling end, (c)- Diameter of seedling end, (L)- Length of seedling (h)- Thickness of seedling bunch




**شکل۳**- (الف) طرحواره موزع طراحی شده در نرم افزار *Solidworks 2012* و (ب) نمونه واقعی موزع ساخته شده

**Fig.3.** (a) Modeling of the mechanism in solidworks and (b) The prototype of the mechanism




**شکل٤**– حالت‌های مختلف درگیری تسمه تک‌کن با سطح جانبی دسته نشاء

**Fig.4.** Different engagement positions of separator belt with outer surface of seedling bunch

از آن‌جا که نیروی مورد نیاز برای جداسازی نشاء (۱) در حالت (a) به‌طور آشکار، بیش‌تر از نشاء (۱) در حالت (b) است، موقعیت (a) مبنای انجام محاسبات قرار گرفته و فرض شد نشائی که تحت تأثیر نیروی F قرار گرفته است، بر روی نشاءهای سمت چپ بدون لغزش، می‌غلتد و در لحظه برخورد با تسمه تک‌کن، سطح تماسش با نشاء سمت راستی قطع شده و اصطکاکی با آن ندارد (μ=0). به این ترتیب با نوشتن معادلات استاتیکی مربوط به نشاء (۱) در (شکل ۴، a) داریم:

$$\sum M_O = 0 \quad F(r) - f_1(r) - f_2(r) = 0 \qquad (۱)$$

$$\sum F_y = 0$$
$$N_1 \sin 60 + f_1 \sin 30 - mg + f_2 + F \sin 20 = 0 \qquad (۲)$$

$$\sum F_x = 0$$
$$N_2 - F\cos 20 + N_1 \cos 60 - f_1 \cos 30 = 0 \qquad (۳)$$

$$f = N« \qquad (۴)$$

با جای‌گذاری رابطه (۴) در روابط (۱)، (۲) و (۳)، روابط زیر حاصل و از حل همزمان روابط (۵)، (۶) و (۷) مقدار نیروی F به شرح زیر محاسبه شد.

$$1.265N_1 + 0.81N_2 + 0.34F = 0.093 \qquad (۵)$$

$$-0.2N_1 + N_2 - 0.94F = 0 \qquad (۶)$$

$$0.81N_1 + 0.81N_2 - F = 0 \qquad (۷)$$

$$N_2 = 0.0633(N)\,,\ F = 0.064(N)\,,\ N_1 = 0.0157(N)$$

که در روابط فوق:

F- نیروی اعمالی از جانب تسمه تک کن به نشاء (نیوتن)

f- نیروی اصطکاک نشاء (نیوتن)

r- شعاع نشاء (متر)

N- نیروی عمود بر سطح (نیوتن)

μ- ضریب اصطکاک

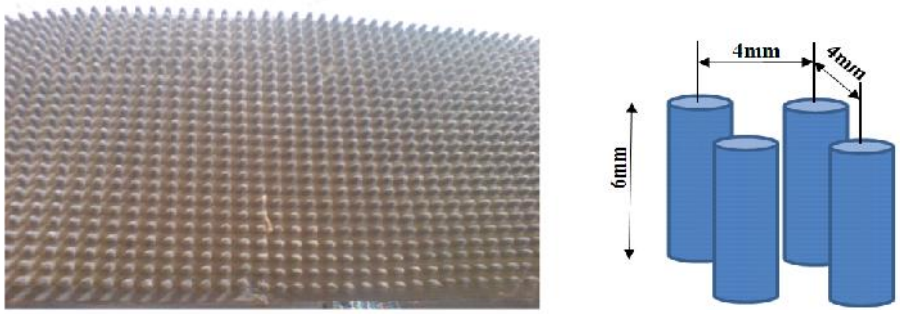
اما تسمه تک‌کن در موقعیت‌های مختلف ممکن است با چند حالت در یک لحظه رو به رو باشد (شکل ۴). بیشترین نیروی مورد نیاز مربوط به حالتی است که تسمه تک‌کن با دو نشاء که در حالت (a) قرار دارند، درگیر می‌شود. پس بیشترین نیرو برابر است با:

$$F_{\max} = 2 \times 0.064 = 0.128$$

از آنجا که در عمل به جای استوانه، نشاءهای ریشه لخت بایستی از یکدیگر جدا گردند که به دلیل وجود ریشه‌های افشان به شدت در یکدیگر تنیده شده‌اند و همچنین امکان اینکه تسمه تک‌کن در یک لحظه با تعدادی بیش از دو نشاء درگیر باشد، نیروی محاسبه شده در ضریب اطمینان ۱۰ ضرب گردید و برابر ۱/۲۸ نیوتون تعیین شد. با توجه به نحوه کار مکانیسم، برای خروج نشاءهای تک شده از مجرای

بین دو تسمه لازم است سرعت تسمه تک‌کن از سرعت تسمه حامل بیشتر باشد ($V_1<V_2$). (شکل ۱). بنابراین بر مبنای مشاهدات تجربی و با توجه به امکانات موجود با تغییر قطر پولی‌ها روی غلتک‌های محرک دو تسمه، دو نسبت سرعت ۱/۶۷ و ۲/۳۲ ($a = \frac{V_{Separator}}{V_{Carrier}}$) برای ارزیابی موزع در نظر گرفته شد.

با توجه به شرایط کاری و وظیفه تسمه تک‌کن و در نظر گرفتن امکانات موجود تسمه‌ای با دندانه‌های منعطف پلاستیکی به ارتفاع ۶ میلی‌متر و آرایش نشان داده شده در شکل ۵ انتخاب شد تا علاوه بر آسیب نرساندن به نشاءها، مانع خروج نشاءهای اضافی نیز شود.




**شکل ۵**- تسمه تک‌کن و آرایش دندانه‌ها

**Fig.5.** Separator belt and teeth arrangement

برای انتخاب تسمه حامل از دو طرح متفاوت استفاده شد. از آنجا که وظیفه تسمه حامل انتقال و هدایت نشاءها به سمت مجرای خروجی است، ارتفاع و فاصله آج‌های آن باید به نحوی باشد که ضمن در برگیری یک نشاء شرایط را برای اجرای وظیفه تسمه تک‌کن نیز فراهم نماید. در طرح اول از همان تسمه تک‌کن استفاده شد با این تفاوت که با توجه به ابعاد نشاءها فواصل طولی بین آج‌ها به ۱۰ میلی‌متر تغییر داده شد تا یک نشاء بتواند به‌طور کامل در بین آج‌ها قرار گیرد. در طرح دوم با هدف قطع کامل‌تر ارتباط بین ریشه‌های افشان و در هم تنیده نشاءها از ورقی به ضخامت یک میلی‌متر برای ساخت آج‌ها استفاده شد. ورق‌ها به اندازه مستطیل‌های ۱۷×۳ سانتی‌متر بریده شد و از وسط عرض آن طوری خم شد که زاویه حمله ۳۰ درجه و ارتفاعی در حدود ۱/۳ سانتی‌متر پیدا کند. پس از سوراخ‌کاری، این ورق‌ها بر روی تسمه‌ی تختی به عرض ۱۷ سانتی‌متر، پیچ شدند (شکل ۶).

به‌منظور ارزیابی عملکرد این تسمه‌ها، تأثیر سه عامل نوع تسمه، نسبت سرعت خطی تسمه‌ها و اندازه دسته نشاء در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار بر روی روند خروج نشاء و میزان آسیب دیدگی نشاءها مورد بررسی قرار گرفت تیمارهای آزمایش از ترکیب این عوامل شامل دو نوع تسمه، دو نسبت سرعت تسمه‌ها و دو اندازه دسته نشاء (دسته ۳۰ تایی و ۶۰ تایی) به‌دست آمد. هنگام اجرای آزمایشات از روند خروج نشاء از موزع در تیمارهای مختلف فیلم‌برداری شد و فواصل زمانی خروج نشاء که نشانگر فواصل کاشت بر روی زمین می‌باشد با شاخص‌های کیفیت کاشت شامل میانگین فواصل کاشت، شاخص کپه‌کاری، شاخص نکاشت و شاخص کیفیت تغذیه، ارزیابی شد (Kachman and Smith, 1995). میانگین فواصل بین گیاهان ($\overline{X}$) برابر است با:

**شکل ٦**- تسمه حامل با دندانه‌های فلزی

**Fig.6.** Carrier belt with metal teeth

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \qquad (۸)$$

که در آن $x_i$ فاصله بین گیاه i تا گیاه بعدی بر روی همان ردیف و N تعداد تمام فواصل اندازه‌گیری شده است.

برای محاسبه شاخص کپه‌کاری (D) از رابطه (۹) استفاده شد:

$$D = \frac{n_1}{N} \qquad (۹)$$

که در آن $n_1$ تعداد فواصلی است که در محدوده ناحیه (0 تا $0.5x_{ref}$) قرار می‌گیرند و N تعداد کل فواصل است. طبق تحقیقات میدانی انجام شده فاصله مطلوب بین دو گیاه ( $X_{ref}$ ) برای کشت متراکم در ایران ۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. شاخص نکاشت (M) برابر است با درصد فواصلی که از یک و نیم برابر فاصله مطلوب بیش‌تر هستند و طبق رابطه (۱۰) تعیین شد:

$$M = \frac{n_3 + n_4 + n_5}{N} \quad (۱۰)$$

که در آن $n_3$، $n_4$ و$n_5$ تعداد فواصلی هستند که به‌ترتیب در محدوده‌های ($1.5x_{ref}$ تا $2.5x_{ref}$)، ($2.5x_{ref}$ تا $3.5x_{ref}$) و ($3.5x_{ref}$ تا ∞) قرار می‌گیرند. در تکمیل شاخص نکاشت تعریف شده توسط کاچمن و اسمیت (۱۹۹۵)، در این تحقیق از شاخص جدیدی که آن را طول نکاشت می‌نامیم استفاده شد. این شاخص نشان می‌دهد که شاخص نکاشت در یک کارنده منجر به نکاشت چه کسری از طولی که می‌بایست کاشته شود، می‌شود و طبق رابطه (۱۱) تعریف می‌گردد:

$$M_L = \frac{\sum L_M}{L_{total}} \quad (۱۱)$$

که در رابطه بالا $L_M$ فواصل گیاهانی است که در فاصله بیش‌تر از ۱/۵ برابر فاصله مطلوب هستند و $L_{total}$ برابر کل طولی است که تمام گیاهان در فاصله مطلوب خود قرار گرفته‌اند. شاخص کیفیت تغذیه (A) برابر است با درصد فواصلی که بزرگتر از نصف فاصله مطلوب و کوچکتر از ۱/۵ برابر فاصله مطلوب است و از رابطه (۱۲) تعیین می‌شود:

$$A = \frac{n_2}{N} \quad (۱۲)$$

که در آن $n_2$ برابر است با تعداد فواصلی که در ناحیه ($0.5x_{ref}$ تا $1.5x_{ref}$) قرار گرفته‌اند.

با توجه به ایده به‌کار رفته در ساخت موزع به نظر می‌رسید صدمات مکانیکی نشاءها نیز بایستی به‌صورت ویژه مورد توجه قرار گیرند. لذا بعد از انجام آزمایش در هر تکرار از تیمارهای مورد بررسی، نشاءهایی که قسمت پیازچه آن‌ها خراشی بیش از دو لایه (دو فلس) داشت یا قسمت انتهایی ساقه که به پیازچه منتهی می‌شد، شکسته یا خم شده بود، به‌عنوان نشاء آسیب دیده شمارش شدند. در نهایت نتایج به‌دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

## نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج بررسی انجام شده روی خواص فیزیکی و ابعادی نشاءهای مورد استفاده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین قطر بخش انتهایی ریشه‌ها b= ۹/۸۷ میلی‌متر بود که در انتخاب نوع تسمه برای تعیین فاصله بین دندانه‌ها و نیز محاسبه فاصله انتهایی دو تسمه برابر ۱۰ میلی‌متر در نظر گرفته و اعمال شد.

**جدول ۱**- خصوصیات فیزیکی نشاء

**Table 1**- Physical properties of a typical seedling

| خصوصیات فیزیکی<br>Physical properties | میانگین<br>Mean | بیشینه<br>Maximum | کمینه<br>Minimum | انحراف معیار<br>Standard deviation | ضریب تغییرات (٪)<br>Coefficient of variation (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| جرم نشاء<br>Seedling mass (g) | 10.13 | 13.04 | 7.03 | 0.63 | 6.20 |
| طول بخش انتهایی<br>Length of end part of seedling (mm) | 50.2 | 52.8 | 48.0 | 1.46 | 2.91 |
| قطر در ۵ سانتی‌متری بالای ریشه<br>Seedling diameter at 5 cm above the seedling end (mm) | 6.9 | 7.9 | 6.0 | 0.58 | 8.51 |
| قطر ریشه<br>Diameter of seedling(mm) | 9.87 | 10.9 | 8.5 | 0.68 | 6.85 |
| طول نشاء<br>Length of seedling (mm) | 223 | 248 | 200 | 15.71 | 7.04 |
| ضریب اصطکاک غلتشی بین دو نشاء ($\mu_s$)<br>Coefficient of rolling friction between seedlings ($\mu s$) | 0.79 | 0.93 | 0.7 | 0.07 | 9.06 |

جدول ۲ تأثیرات عوامل نوع تسمه حامل، نسبت سرعت خطی تسمه‌ها و تعداد نشاء در یک دسته بر روی شاخص‌های ارزیابی را نشان می‌دهد. نتایج جدول ۲ حاکی از آن است که به جز نوع تسمه، تأثیر دو عامل دیگر مورد بررسی و نیز اثرات متقابل بر دو شاخص

نشاء مصرفی و طول نکاشت از نظر آماری معنی‌دار نیست. نتایج جدول آنالیز واریانس (۲) نشان می‌دهد گرچه اثرات اصلی سه عامل مورد بررسی بر شاخص کیفیت تغذیه معنی‌دار نیست ولی اثر متقابل نوع تسمه و نسبت سرعت خطی تسمه‌ها بر روی این شاخص معنی‌دار شده است.

هچنین جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر نوع تسمه روی شاخص‌های نکاشت، کپه‌کاری و میانگین فواصل کاشت معنی‌دار بوده است و همچنین اثر نسبت سرعت خطی تسمه‌ها بر میانگین فواصل و شاخص کپه‌کاری معنی‌دار شده و اثر تعداد نشاء در یک دسته بر هیچ کدام از شاخص‌ها معنی‌دار نبوده است.

**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های ارزیابی موزع (میانگین مربعات)**

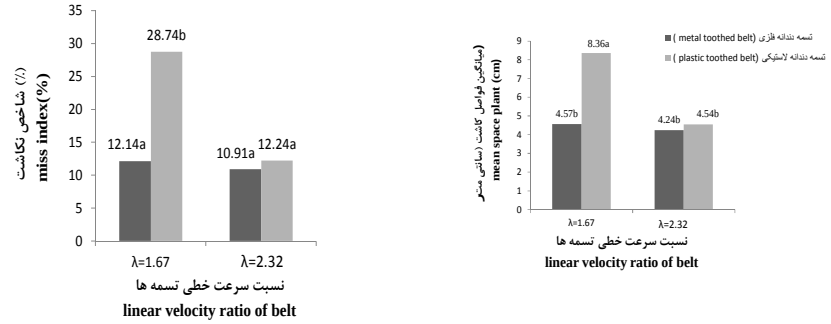
**Table 2- Analysis of variance inevaluation of parameters of metering device (mean squares)**

| منابع تغییرات Variation resources | درجه آزادی df | نشاء مصرفی Consumed seedling | طول نکاشت Miss length | شاخص کیفیت تغذیه Quality of feed index | شاخص نکاشت Miss index | شاخص کپه‌کاری Multiple index | میانگین فواصل کاشت Mean plant spacing | آسیب دیدگی Damaged seedling |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نوع تسمه Belt type | 2 | 0.658** | 629.14* | 22.431 ns | 482.27** | 296.685* | 25.007* | 2.891 ns |
| نسبت سرعت خطی تسمه‌ها Linear velocity ratio of belts | 2 | 0.259 ns | 451.36 ns | 236.038 ns | 471.541* | 4.341 ns | 25.75* | 5.675 ns |
| تعداد نشاء در یک دسته Number of seedlings in a bunch | 2 | 0.07 ns | 3.95 ns | 116.118 ns | 4.861 ns | 73.464 ns | 1.142 ns | 9.388 ns |
| نوع تسمه× نسبت سرعت خطی تسمه‌ها belt type × Linear velocity ratio of belts | 4 | 0.003 ns | 25.01 ns | 556.745** | 349.646* | 23.977 ns | 18.338* | 0.116 ns |
| نوع تسمه × تعداد نشاء در یک دسته Belt type × number of seedlings in a bunch | 4 | 0.036 ns | 31.55 ns | 49.127 ns | 13.621 ns | 114.483ns | 0.388ns | 0.116 ns |
| نسبت سرعت خطی تسمه‌ها × تعداد نشاء در یک دسته Linear velocity ratio of belts ×number of seedlings in a bunch | 4 | 0.071 ns | 294.28 ns | 3.977 ns | 37.285 ns | 16.866 ns | 0.084 ns | 0.116 ns |
| نوع تسمه × نسبت سرعت خطی تسمه‌ها × تعداد نشاء در یک دسته Belt type × Linear velocityratio of belts × number ofseedlings in a bunch | 8 | 0.38 ns | 541.69 ns | 56.119 ns | 0.576 ns | 45.325 ns | 0.224 ns | 1.038 ns |
| خطا Error | 23 | | | | | | | |

** معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ (Significance level of 0.01)

* معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ (Significance level of 0.05)

ns عدم معنی‌داری (no significance)

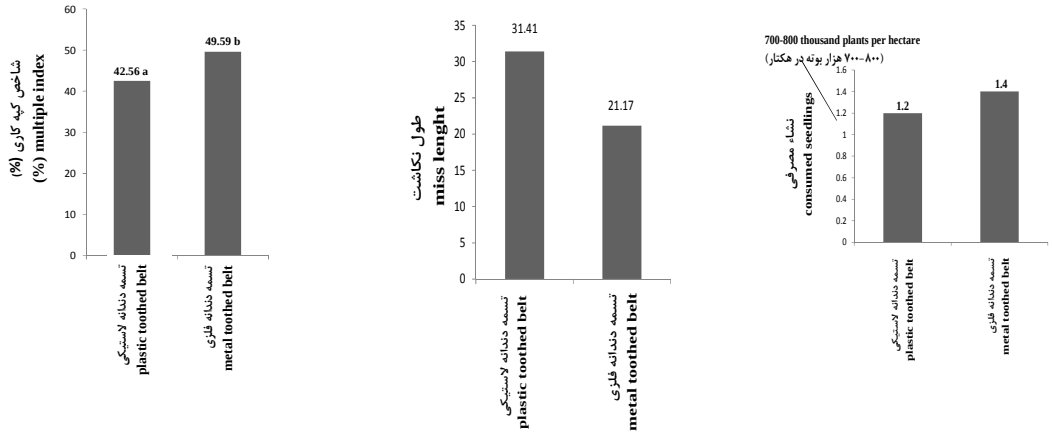



**شکل ۷**- اثر متقابل نوع تسمه و نسبت سرعت خطی تسمه‌ها بر روی شاخص‌های ارزیابی

**Fig.7.** Interaction effect of belt type and linear velocity ratio of belts on evaluation indexes

طبق نتایج به‌دست آمده از این جدول هیچ‌یک از متغیرهای مورد بررسی بر شاخص آسیب دیدگی نیز اثر معنی‌داری نداشته است. ضمناً اندازه‌گیری‌های انجام شده در پایان هر تکرار نشان داد که درصد نشاءهای آسیب دیده در هیچ مورد از محدوده ۱- ۰/۵ درصد فراتر نرفته است. لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در مجموع اثر نوع تسمه حائز اهمیت بیش‌تری بوده است.

نمودارهای شکل ۷ اثر متقابل نوع تسمه و نسبت سرعت خطی تسمه‌ها را بر دو شاخص میانگین فواصل کاشت و شاخص نکاشت نشان می‌دهد. در مورد میانگین فواصل کاشت و به شرط ثابت بودن سایر شاخص‌ها بدیهی است هرچه مقدار به‌دست آمده به فاصله مطلوب (۷ سانتی‌متر) نزدیکتر باشد نتیجه بهتری عاید می‌شود ولی برای تصمیم‌گیری در مورد عملکرد کلی موزع باید سایر شاخص‌های مورد بررسی را نیز مورد نظر قرار داد. طبق نمودارهای شکل ۷ در تسمه دندانه لاستیکی با افزایش نسبت سرعت خطی تسمه‌ها هر دو شاخص میانگین فواصل کاشت و نکاشت کاهش یافته است در حالی‌که در تسمه دندانه فلزی افزایش نسبت سرعت بر روی این دو شاخص بی‌تأثیر بوده است.




**شکل ۸**- تأثیر نوع تسمه بر روی شاخص‌های کپه‌کاری، طول نکاشت و نشاء مصرفی

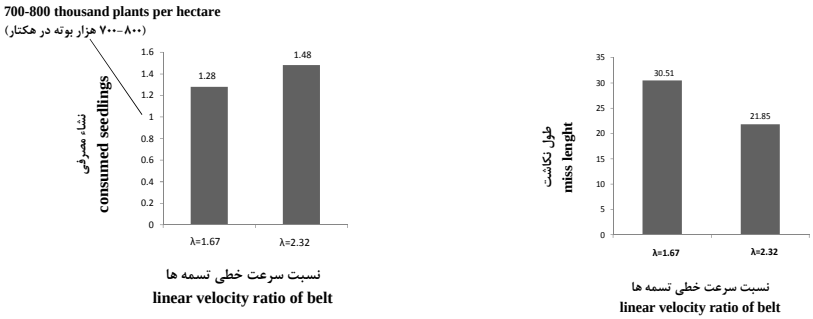
**Fig.8.** Effect of type belt on multiple index, miss length and consumed seedling

نمودارهای شکل ۸ نشان‌دهنده آن است که تسمه دندانه فلزی در قیاس با تسمه با دندانه لاستیکی به علت داشتن ارتفاع بیشتر

دندانه‌ها، فواصل بیش‌تر بین دو دندانه متوالی و زاویه حمله دندانه‌ها قابلیت بهتری در تک‌کردن و خارج کردن نشاءها از موزع را دارد. این عوامل باعث می‌گردد که گرفتن نشاءها توسط دندانه‌ها و قرار گرفتن نشاء در بین فواصل دندانه‌های آن با سهولت بیشتری انجام پذیرد.

این در حالی است که در تسمه با دندانه‌های لاستیکی به علت ارتفاع کم دندانه‌ها، فواصل کم آن‌ها و عدم وجود زاویه حمله، موجب می‌شود احتمال گرفتن نشاء و قرار گرفتن نشاء در بین فواصل دندانه‌های آن کمتر باشد که باعث افزایش فواصل زمانی خروج نشاء از موزع (افزایش فواصل کاشت) می‌شود. همچنین انعطاف‌پذیر بودن دندانه‌ها باعث می‌گردد در حالتی که نیروی زیادی برای جدا کردن نشاءهای تنیده شده در هم نیاز است، دندانه‌ها به سمت عقب متمایل شده و از زیر دسته نشاء عبور نمایند که باعث افزایش فواصل زمانی خروج نشاء از موزع می‌شود. همین دلایل باعث می‌شود که شاخص کپه‌کاری و نشاء مصرفی در این تسمه کمتر از تسمه دندانه فلزی باشد و طول نکاشت آن بیش‌تر از تسمه حامل با دندانه‌های فلزی باشد.

نمودارهای شکل ۹ تأثیر پارامتر نسبت سرعت خطی تسمه‌ها ($\lambda$) بر روی دو شاخص‌طول نکاشت و نشاء مصرفی را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که هرچند افزایش نسبت سرعت خطی تسمه‌ها باعث کاهش طول نکاشت می‌شود، ولی افزایش مصرف نشاء را نیز به همراه خواهد داشت.




**شکل ۹**- تأثیر نسبت سرعت خطی تسمه‌ها بر روی طول نکاشت و نشاء مصرفی

**Fig.9.** Effect of linear velocity ratio of belts on miss length and consumed seedling

**شکل ۱۰**- تأثیر اثر متقابل نوع تسمه و نسبت سرعت خطی تسمه‌ها بر روی شاخص‌های طول نکاشت و نشاء مصرفی

**Fig.10.** Interaction effect of type belt and linear velocity ratio of belts on miss length and consumed seedlings

هرچند اثر متقابل عوامل مورد بررسی بر روی درصد طول نکاشت و مقدار نشاء مصرفی طبق جدول ۲ معنی‌دار نشد اما بررسی این

پارامترها (شکل۱۰) نشان می‌دهد که در هر دو تسمه حامل با افزایش نسبت سرعت تسمه‌ها درصد طول نکاشت کاهش یافته و مقدار نشاء مصرفی افزایش می‌یابد. همچنین در هر دو نسبت سرعت، درصد طول نکاشت در دندانه‌های فلزی نسبت به تسمه لاستیکی کمتر و مقدار نشاء مصرفی بیش‌تر از حد معمول بوده است.

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک موزع خودکار برای جداسازی و تک‌کردن نشاءهای ریشه لخت پیاز ساخته و با دو نوع تسمه حامل طراحی و ساخته شد و سپس مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد تسمه دندانه فلزی نسبت به تسمه دندانه لاستیکی قابلیت بهتری در گرفتن نشاءها دارد که همین امر باعث کاهش در دو شاخص نکاشت و طول نکاشت شده و قابلیت کشت‌های با تراکم بالا را فراهم می‌کند. لذا در مجموع با توجه به اهمیت بیشتر طول نکاشت برای کشاورزان، با وجود کمتر بودن شاخص کپه‌کاری در تسمه‌های دندانه لاستیکی، تسمه دندانه فلزی به دلیل درصد نکاشت کمتر به‌عنوان گزینه مطلوب توصیه می‌شود.

این موزع قادر است، ۸۰ درصد از خطوط کاشت را با مصرف نشائی به اندازه ۱/۳ برابر مصرف معمول (۸۰۰–۷۰۰ هزار بوته در هکتار)، بدون آسیب رساندن به نشاءها در مزرعه کشت کند. به‌منظور بهره‌وری کامل از مزرعه، قسمت‌های کاشته نشده بایستی توسط نیروی کارگری ترمیم گردد. با توجه به وقت‌گیر بودن عملیات ترمیم، توسعه و تکمیل موزع ساخته شده پیشنهاد می‌گردد.

**References**


1. Anonymous. 2009. Assessment report of Italian onion transplanter. Isfahan Development institution for Mechanization of Agriculture. (In Farsi).
2. Branch, G. 1986. A commercially successful automatic transplanter. American Society of Agricultural Engineering, Paper No. 86-1020.
3. Hergert, G. B., L. C., Heslop, B. A., Cornpton, W. S., Reid, and M. Feldrnan, 1987. Status of Mechanization Technology for Tomato Transplanting. Agriculture Canada. Engineering and Statistical Research Center.
4. Izadkhah Shishva, M., M., Tajbakhsh, M., Zartoshti, and A., Mosavizade. 2009. Comparison of two planting methods on yield and some qualitative properties of two onion varieties. The 6th Congress of Iranian Horticultural Science, Rasht, Gilan University. (In Farsi).
5. Kachman, S. D., and J. A., Smith. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Transactions of the ASAE 38 (2): 379-387.
6. Masiha, M., A., Matlabi Azar, F., Shekari, and H., Kazemnia. 1999. Study and comparison of onion yield at row transplantation and handy broadcasting. Research Project of Tabriz University. (In Farsi).
7. Mobli, M., and B., Piraste. 1994. Vegetable production. Publication Center of Isfahan University. (In Farsi).
8. Ryu, K. H., G., Kim, and J. S., Han. 2001. Development of a robotic transplanter for bedding plants. Journal of Agricultural Engineering Research 78 (2): 141-146.
9. Suggs, C. W. 1979. Development of a transplanter with multiple loading stations. Transaction of the ASAE 22 (2): 260-263.
10. Taki, O., and A., Asadi. 2012. Development and evaluation of a semi-automatic transplanter for dense planting of onions. The 7th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Shiraz. Shiraz University. (In Farsi).
11. Tohri, M., and D., Ghanbarian. 2014. Study and determination of some designing parameters of clamp metering system in onion transplanter. The 7th Congress on Advances in Agricultural Researches. Kurdistan. University of Kurdistan. (In Farsi).

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 6, No. 2, Fall - Winter 2016, p. 271-282

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۵، ص ۲۸۲-۲۷۱

# Design, development and evaluation of an automatic metering system for bare root seedlings of onion

**M. Tohri[1]- D. Ghanbarian[2*]- O. Taki[3]- M. Ghasemi Varnamkhasti[4]**

Received: 22-06-2014
Accepted: 16-02-2015

## Introduction

In recent years due to lack of water resources in our country, planting of bare root seedlings of onion has been welcomed by farmers. Considering the desired high dense planting of Iranian farmers, lack of proper transplanting machine has appeared as the main problem. To overcome this problem, some researchers tested a few methods, but none of them reached to complete successfully. As the one of last efforts, Taki and Asadi (2012) developed a semi-automatic transplanting machine with 9 planting units. This machine requires to 9 men to separate and single out a bunch of seedlings. Usage of this machine is very time-consuming and labor intensive. In Iran, transplanting of bare root seedlings is practically performed by hand with a density of 700-800 thousand plants at hectare. The main purpose of this study was designed, manufacture, and evaluation of an automatic metering device that with the separation and singulars of bare root seedlings of onion could get a high density planting.

## Materials and Methods

Fig. 1 shows the main employed idea of this research for separation and single out a bunch of seedlings.

As shown in Fig. 1, the metering device consisted of two carrying and separating belts with different teeth forms. Placing seedling bunches between the two belts, the belts move at different speeds in opposite directions and separate seedlings from their bunch.

For proper design of metering device system, measurement of some physical properties were necessary. The obtained information was used to select two belts form. A belt with flexible plastic teethes with a height of 6 mm and the distance of 4mm was selected as separator while for carrier, two types of belts were selected: the first was the same as a separator and the second was made of metal teethes.

Based on the average thickness of seedling bunch and some pre-tests, the horizontal angle of separator belt determined as α=20 degrees. Theoretical calculations were done to computatingof the needed force of the system. In this section, seedlings were modeled as some solid cylinders with a length of 200 and a diameter of 10 mm. In the mentioned system, it was necessary that the speed of separator belt is more than the speed of carrier belt. Thus, ratio of two linear velocities ( $a = \frac{V_{\text{Separator}}}{V_{\text{Carrier}}}$ ) of 1.67 and 2.32 were considered for evaluation of the system. For evaluation of manufactured metering device, the effects of three factors, i.e., carrier belt type, ratio of linear velocities of the belts, and number of seedlings in a bunch (n =30 and n =60), on qualitative planting parameters were studied in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications. The studied qualitative planting parameters were miss index, consumed seedlings, miss length, quality of feed index, multiple index, mean, and damaged seedlings.

## Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that, except of belt type, effects of the two studied factors and all interactions are statistically non-significant on consumed seedlings and miss length indexes. The results indicated significant differences between miss index ($P<0.01$), multiple index ($P<0.05$), and mean ($P<0.05$) as affected by belt type. None of the studied variable had a significant effect on damaged seedlings. Interactions of

1, 2, 4- Former MSc Student, Associate Professor and Assistant Professor respectively, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

3- Associate Professor, Isfahan Agricultural Engineering Research Institution, Isfahan, Iran

(*- Corresponding Author Email: dghanbarian@yahoo.com)

belt type and ratio of linear velocities significantly affected the quality of feed index ($P<0.01$). An increase in ratio of linear velocities in plastic toothed belt lead to decrease of mean and miss indexes, whereas in case of metal toothed belt there is no significant effect on this two indexes. The results also showed that increase of linear velocities for the two types of carrier belt lead to increase of consumed seedlings and decrease of miss length. At the two ratios of linear velocities, miss length in metal toothed is less than plastic toothed belt.

## Conclusions

Commercial transplanting machines are not suitable for dense planting of onion. In this research an automatic metering device for separation and singularize of bare root seedlings of onion was manufactured and evaluated. The results indicated that the carrier belt with long and rigid teeth, having an angle of attack, could separate seedlings more efficiently. The results also showed a 80 percent increased in uniformity of plant seedlings distances is reachable using the metering system.

**Keywords:** Bare root seedlings, Metering device, Onion, Transplanter