طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه جداکننده غلتکی برگ حنا با هدف تعیین رطوبت مطلوب برای جداسازی برگ‌ها

سمیه میرزاخانی[۱]، حسین مقصودی*[۲]، کاظم جعفری نعیمی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- دانشیار بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول:h.maghsoudi@uk.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۳۰)

چکیده

امروزه در کشورهای توسعه‌یافته، به‌کارگیری دستگاه‌های تخصصی فرآوری محصولات کشاورزی، یکی از رایج‌ترین روش‌های پایین آوردن قیمت نهایی این محصولات می‌باشد. بدین منظور برای فرآوری برگ درختچه حنا، ابتدا دستگاه جداکننده برگ در نرم‌افزار *SolidWorks* مدل‌سازی و سپس ساخته شد. همچنین به منظور ارزیابی دستگاه از سه عامل سرعت چرخش غلتک‌ها در دو سطح ۱۵۵۰ و ۷۵۰ دور بر دقیقه، فاصله بین غلتک‌های جداکننده در سه سطح ۲، ۳ و ٤ میلی‌متر، رطوبت در سه سطح ١٤٪، ٤٥٪ و ٨٧٪ در قالب طرح فاکتوریل و سه تکرار برای هر آزمایش استفاده شد. برای بررسی عملکرد دستگاه درصد موفقیت در جداسازی برگ به عنوان معیار ارزیابی در نظر گرفته شد. تحلیل نتایج بیانگر تاثیر معنی‌دار سرعت غلتک‌ها، رطوبت ساقه‌های حنا و تاثیر دوگانه عوامل و همچنین اثر متقابل سه گانه بر موفقیت در میزان جداسازی برگ از ساقه بود. نتایج نشان داد که بهترین عملکرد دستگاه در سرعت۱۵۵۰ دور بر دقیقه غلتک‌ها، با فاصله ۲ میلی‌متر بین غلتک‌ها و دررطوبت ١٤٪ برگ‌ها حاصل شد.

.

واژه‌های کلیدی: جداکننده غلتکی، برگ حنا، ، فاصله، رطوبت

مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع غنی کشور محسوب می شوند که امکان صادرات آن‌ها وجود دارد و کشور ایران از نظر آب و هوا و موقعیت جغرافیایی یکی از بهترین مناطق جهان برای رشد گیاه دارویی می‌باشد. عمده صادرات گیاه دارویی ایران در سال‌های اخیر زعفران، زیره، پنبه، خاکشیر، ریشه شیرین بیان، کتیرا، سدر، حنا بوده است (Bolori Moghadam *et al.*, 2009).

حنا با نام علمی (*Lawsonia inermis L.*) گیاهی صنعتی است که از برگ‌های خشک آن در تولید رنگ‌های نارنجی، قرمز و قهوه ای استفاده می شود و حدوداً دارای ۰/۵ تا ۱/۵ درصد ماده رنگی لاوسون است. این گیاه دارای برگ‌های معطر بیضی شکل و گل‌های خوشه‌ای سفید تا گلی رنگ بسیار معطر و خوشبو است و از برگ‌های آن برای تولید رنگ‌های آرایشی بهداشتی، مصارف دارویی و نیز تولید

رنگ‌های ثابت صنعتی استفاده می شود. حنا گیاهی چند ساله و مقاوم به خشکی بوده و سازگار با مناطق گرم و خشک است و در مناطقی با دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس در تابستان و باران سالیانه ۲۰۰ میلی‌متر و خاک با pH ٤/٣ تا ٨ رشد می‌کند. حنا درختچه‌ای به ارتفاع ۲ تا ۷ متر، گیاهی درختی، بدون کرک با شاخه‌های جوان اغلب چهار وجهی، شاخه‌های مسن خاردار است. برگ‌ها به طول ۱۲تا ٦٧، به عرض ۵ تا ۲۷ میلی‌متر هستند. کشت آن بیش‌تر در زمین‌های شنی و رسی که با کود حاصلخیز شده باشند انجام می‌شود. حنا در مناطق گرم به صورت درختچه ولی درنواحی معتدله به صورت علفی می‌روید (Aminizadeh, 2014).

در ساخت دستگاه تمیزکننده ساقه گل داودی از دو محور چرخشی استفاده شده است و محورها در جهت مخالف یکدیگر می‌چرخند. از ابتدا تا انتهای دو محور، انگشتی‌های لاستیکی قرار دارد که در زاویه ۹۰ درجه با محور چرخشی قرار گرفته‌اند. با عبور ساقه از بین دو محور، ضربه انگشتی به ساقه‌ها باعث جدا شدن خار و برگ از شاخه می‌گردد. پس از اتمام طراحی و ساخت، نمونه اولیه برای تعیین شرایط عملیاتی مطلوب مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور اثر سرعت چرخش در پنج سطح (۲۰۰، ۳۵۰، ۵۰۰، ٦٥٠، ۸۰۰ دور در دقیقه)، فاصله محور در پنج سطح (۱۰+، ۵+، ۰، ۵-، ۱۰- میلی‌متر) و سختی انگشتان در دو سطح (۳۰، ٦٠ کیلوگرم بر میلی‌متر مربع) مطالعه شد. این دستگاه در شرایط مطلوب، قادر به حذف ۱۰۰٪ برگ‌ها می‌باشد. شرایط کاری مطلوب در سرعت ۵۰۰ دور در دقیقه، فاصله محور ۵- میلی‌متر و لبه نوع A با سختی انگشت ٦٠ اتفاق افتاد. نمونه اولیه این دستگاه به طور متوسط ظرفیت تمیز کردن ۲۰ ساقه گل در مدت ۱۰ ثانیه را داشت (Hashemi-Fard *et al*, 2014).

دستگاه جداکننده برگ نیشکر شامل بخش تغذیه دستگاه جداکننده برگ (پوسته) ساقه‌های نیشکر که متشکل از محور و غلتک‌های انعطاف پذیر می‌باشد، می‌تواند ساقه‌های نیشکر را به صورت افقی به درون دستگاه هدایت کرده و سپس به کمک مجموعه جداکننده که شامل تعدادی تیغه و مکانیزم لنگ می باشد، عمل جدا کردن برگ‌ها را انجام دهد. روی غلتک‌ها پلاستیکی در محل تماس با ساقه‌های نیشکر، آج‌هایی تعبیه شده تا در حین انجام فرآیند جدا کردن برگ‌ها، ساقه‌ها محکم تثبیت شوند و از چرخش آن‌ها در زمان حرکت پیشگیری شود (Taheri Rikandeh, 2017).

دستگاه جداکننده کاسه برگ چای ترش، مکانیزم دستگاه به این صورت می‌باشد که از چند سوزن لوله‌ای شکل که سوار بر لنگ می‌باشند بر روی غوزه‌ها ضربه زده کاسه برگ از غوزه جداشده و با حرکت نوار نقاله به مخزنی هدایت می‌شوند. همین طور غوزه از طریق سوزن‌های لوله‌ای شکل به مخزن ضایعات انتقال پیدا می‌کند (Qaderi, 2016).

برای کاهش تلفات ناشی از جدا کردن برگ یونجه از ساقه (که در کشاورزی سنتی این عمل به وسیله چنگال‌هایی انجام می‌گیرد) متناسب با نیاز کشاورزان و واحدهای دامداری کوچک، یک دستگاه جداکن برگ یونجه ازساقه به صورت تجربی ساخته شد (Ghorbani *et al.*, 2008). اجزاء دستگاه ساخته شده شامل شاسی، صفحات گالوانیزه، شبکه‌ها، محورها، تیغه‌ها، سینی و و احد انتقال نیرو بود.

قسمت جداکن شامل ۲ محور با ۹ عدد تیغه می‌باشد. موارد مورد ارزیابی تاثیر سرعت دورانی و نرخ تغذیه بر عمل جداسازی بود. میزان جداسازی برگ از ساقه به دور موتور و حجم علوفه تغذیه شده بستگی داشت، به طوریکه جداسازی در دورهای کمتر و تغذیه یکنواخت، بهتر صورت گرفت (Ghorbani *et al*., 2008).

چانگ دستگاهی اختراع کرد که ساقه رز در بین جفت فک قرار می‌گیرد و در آن هر فک دارای یک سوراخ V شکل است. هنگامی که گیاه بین دو فک قرار می‌گیرد و با پایین آوردن فک بالا و کشیدن ساقه گل، خار و برگ گیاه جدا و حذف می‌شود (Chung 1996).

ریچاردسون مکانیزمی اختراع کرد که بدنه آن انعطاف‌پذیر بود تا از آسیب به گیاه جلوگیری شود. دهانه این مکانیزم به صورت دستی باز شده و سپس جداکننده برای حذف خار و برگ در طول ساقه کشیده می‌شود (Richardson, 1991).

ابزاری V شکل که در دو انتهای آزاد آن دو تیغه قرار گرفته‌اند برای تمیز کردن ساقه از خار و برگ استفاده می‌شود که این ابزار در طول گیاه کشیده می‌شود. برای جلوگیری از بریده شدن ساقه دو تیغه در حداقل مساحت سطح می‌باشند و سطح تیغه‌ها بیشتر ساینده است تا برش دهنده (Gallo, 1984).

نمونه‌ی دیگری از دستگاه جدا کننده خار و برگ گل رز از دو صفحه دایره‌ای مدور که تعدادی گیره‌های فنری شکل روی آن‌ها قرار گرفته است، تشکیل شده است. اگر کاربر ساقه را به طور مناسب در جای خود قرار دهد، مدتی آن را نگه دارد، و در صورتی که اندازه قطر ساقه متناسب با فاصله دو غلتک باشد، امکان حذف خارها وجود دارد در غیر اینصورت خارها تراشیده می‌شوند (Jensen, 1997).

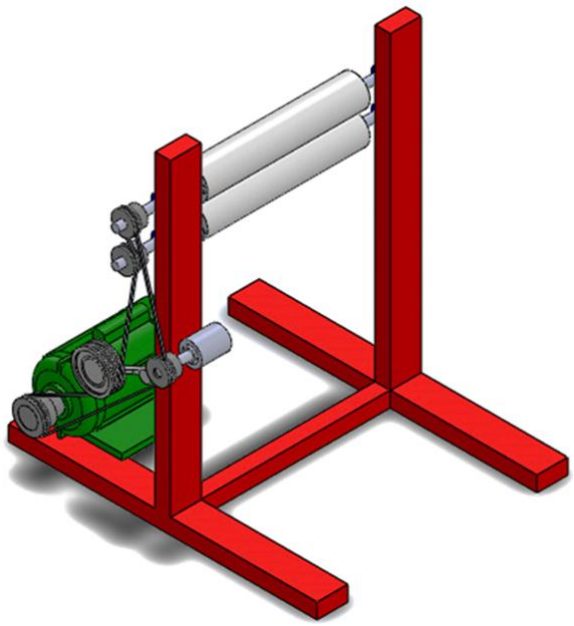
با توجه به وجود اختراعاتی که تاکنون در زمینه ماشین های جداکننده برگ محصولاتی چون به‌لیمو (Bakhshi, 2015)، چای‌ترش (Qaderi, 2016) و نیشکر (Taheri Rikandeh, 2017) صورت گرفته است، اما تاکنون ماشین تخصصی برای جداکردن برگ حنا معرفی و ساخته نشده است. لذا کمبود دستگاهی به منظور جداسازی برگ‌های حنا در منابع گذشته مشاهده می‌شد که با توجه به بررسی‌های انجام شده در زمینه جداسازی برگ از ساقه، در این پژوهش با به‌کارگیری مکانیزمی ساده و استفاده از قطعات کمتر و سبک‌تر نسبت به سایر دستگاه‌های موجود، طراحی و ساخته شد. همچنین دستگاه ساخته شده توسط سه عامل سرعت چرخش غلتک‌ها، فاصله بین غلتک‌های جداکننده و رطوبت محصول مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

طراحی و ساخت دستگاه

استفاده از دستگاه فرآوری محصولات کشاورزی از جمله دستگاه جداکننده برگ، یکی از رایج‌ترین روش‌های برای ایجاد ارزش افزوده محصول می‌باشد. در فرآیند جداکردن برگ از ساقه به اطلاعات متفاوتی از جمله خواص فیزیکی و مکانیکی برگ حنا نیاز است. لذا در این پژوهش برای طراحی دستگاه جداکننده برگ‌های گیاه حنا ابتدا برخی خواص محصول از جمله نیروی اصطکاک بین برگ حنا با سطوح مختلف (تفلون، آهن و آلومینیوم) و همچنین نیروی کششی لازم برای جداسازی برگ‌ها از ساقه

حنا توسط تست کشش در دستگاه آزمون مواد اندازه-گیری شد. همچنین رطوبت محصول برداشت شده به ترتیب در روزهای اول، دوم و سوم پس از برداشت از روش وزنی اندازه‌گیری شد. بر اساس جمع‌آوری اطلاعات اولیه از چگونگی ساخت ماشین (به دلیل محدودیت نتایج مبسوط در گزارشی دیگر ارائه خواهد شد.) طراحی و ساخت آن آغاز شد. شکل ۱ نشان دهنده طراحی مکانیزم دستگاه جداکننده برگ در برنامه *SolidWorks* است که از چند بخش اصلی شاسی، موتور، غلتک‌های جداکننده برگ و سیستم انتقال توان تشکیل شده است. طول دستگاه ۷۵ سانتی‌متر و عرض آن ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای ساخت شاسی از قوطی آهنی ۸۰×٤۰ میلی‌متر استفاده شد. موتور الکتریکی روی بخش افقی شاسی قرار می‌گیرد و دو محور عمودی به طول ۷۵ سانتی‌متر در وسط محور افقی قرار دارد. یاتاقان‌ها روی محور عمودی در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از بخش افقی شاسی قرار گرفتند و غلتک‌های افقی روی آنها نصب گردید.



شکل۱: مکانیزم دستگاه جداکننده برگ حنا

سیستم جداکننده برگ از لوله‌های تفلونی به قطر ۱۰ سانتیمتر و به طول ٤۵ سانتیمتر به عنوان غلتک‌های بالایی و پایینی استفاده شد. از دو محور توپر آهنی به قطر ۲ سانتی متر و طول ۷۰ سانتی متر به عنوان محور مرکزی برای لوله‌های تفلونی و جلوگیری از خمش تفلون‌ها استفاده شد که از میان لوله‌ها عبور کرده، روی یاتاقان قرار گرفتند و شرایط چرخش را برای لوله‌های تفلونی فراهم کردند. برای جلوگیری از حرکت غلتک‌ها به طرفین، دو صفحه فلزی مثلثی شکل روی تفلون‌ها با استفاده ازپیچ وصل شد. بوش‌های فلزی نیز به وسیله پیچ روی

محور توپر آهنی پیچ شدند و بین صفحات مثلثی شکل و یاتاقان‌ها نصب شدند.

برای انتقال توان از موتور به غلتک‌ها از پولی چدنی دارای شیار v و به قطر ٨ سانتی متر (روی محور موتور) تسمه نوع A با طول ٦٥ و پولی‌هایی از جنس چدن به قطر ٥ سانتی‌متر استفاده شد که به انتهای محورهای آهنی که از میان غلتک‌های تفلونی جدا کننده برگ عبور می‌کردند، با پیچ متصل شدند. در انتخاب قطعات از کوچکترین اندازه‌ها استفاده شد تا بتوان استفاده از سایر قطعات را به حداقل رساند و در مصرف انرژی و هزینه صرفه جویی کرد.

انتقال توان و گشتاور در محرکه‌های تسمه‌ای مستلزم اعمال کشش اولیه در تسمه است. در تسمه‌های تخت وقتی برای انتقال قدرت در فواصل دور مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً وزن تسمه خود به تنهایی موجب ایجاد کشش اولیهٔ کافی می‌شود.

در این دستگاه از پولی با قطر ١٠ سانتی‌متر برای تنظیم و کنترل میزان کشش استفاده گردید. پولی‌های هر دو غلتک جداکننده برگ به قطر ٥ سانتی‌متر می‌باشند با این تفاوت که یکی از پولی‌ها دارای شیار v شکل می‌باشد و دیگری شیار تخت دارد. برای معکوس کردن جهت حرکت غلتک‌ها پشت تسمه v شکل بر روی پولی غلتک پایینی قرار می‌گیرد به همین دلیل از پولی با شیار تخت استفاده گردید. برای افزایش زاویه تماس تسمه با پولی‌ها، از پولی با قطر ٤ سانتی‌متر در سمت راست شاسی استفاده شد.

لغزش و غلتش این پولی با استفاده از محوری به قطر دوسانتی‌متر که در داخل یک بلبرینگ به قطر خارجی ٤ سانتیمتر قرار داشت، تأمین شد.

در این دستگاه قدرت موتور از طریق پولی و تسمه به غلتک‌ها می‌رسد و باعث چرخش آن‌ها می‌شود. چرخش غلتک‌ها مخالف یکدیگر می‌باشد و با عبور شاخه حنا از بین غلتک‌ها و تماس غلتک‌ها با شاخه، نیروی اصطکاک بین سطح غلتک‌ها و شاخه باعث جدا شدن برگ می‌گردد.

پس از انجام آزمایش‌های اولیه مشخص شد با افزایش زمان نگه داشتن ساقه‌ها می‌توان تعداد برگ جدا شده را افزایش داد. به همین دلیل از مکانیزمی استفاده شد که به صورت دستی کار می‌کند. این مکانیزم (شکل ٢) از دو عدد غلتک شیاردار تشکیل شده که حرکت و چرخش این غلتک‌ها به وسیله چرخ دنده‌ها تأمین می‌شود. طرز کار این مکانیزم بدین صورت است که ساقه در میان غلتک‌های شیاردار قرار می‌گیرد و به محض رسیدن ساقه به غلتک‌های جداکننده برگ، از چرخاندن غلتک‌های شیاردار به صورت دستی خودداری می‌شود، زیرا با توجه به شیار دار بودن غلتکها و سرعت چرخش پایین آنها این مکانیزم مانند یک نگهدارنده ساقه عمل کرده و ساقه را به تدریج در اختیار غلتک‌های جداکننده قرار می‌دهد و در نتیجه میزان برگ جدا شده افزایش می‌یابد.

شکل ۲: مکانیزم نگه‌دارنده شاخه منضم شده به دستگاه جدا کننده برگ

ارزیابی دستگاه

پس از ساخت دستگاه جدا کننده برگ حنا، به منظور تعیین شرایط بهینه برای عملکرد دستگاه، برخی فاکتورهای فنی از جمله سرعت دورانی غلتک‌ها و فاصله غلتک‌ها نسبت به هم مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از آنجا که در آزمایش‌های اولیه تاثیر رطوبت محصول بر میزان جدا شدن برگ ها از ساقه محسوس بود، این فاکتور نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. فاکتور سرعت غلتک‌ها در دو سطح (سرعت ۱۵۵۰ و ۷۵۰ دور برقیقه)، فاکتور فاصله بین غلتک‌ها در سه سطح (۲، ٤، ٦ میلی متر) و میزان رطوبت محصول نیز در سه سطح (۱٤٪، ٤٥٪ و ۸۷٪) مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه وتحلیل آزمایش‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. همچنین از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مربوط به اثرات فاصله، رطوبت و سرعت بر تعداد برگ جدا شده گیاه حنا نشان داد که اثر فاصله‌ها، رطوبت‌ها و سرعت‌ها بر درصد برگ جداشده (در سطح یک درصد) معنی‌دار بوده است (جدول ۱). همچنین اثر متقابل دو فاکتور فاصله و رطوبت، اثر متقابل دو فاکتور فاصله و سرعت، اثر متقابل دو فاکتور رطوبت و سرعت و اثر متقابل سه فاکتور فاصله، رطوبت و سرعت معنی‌دار شد.

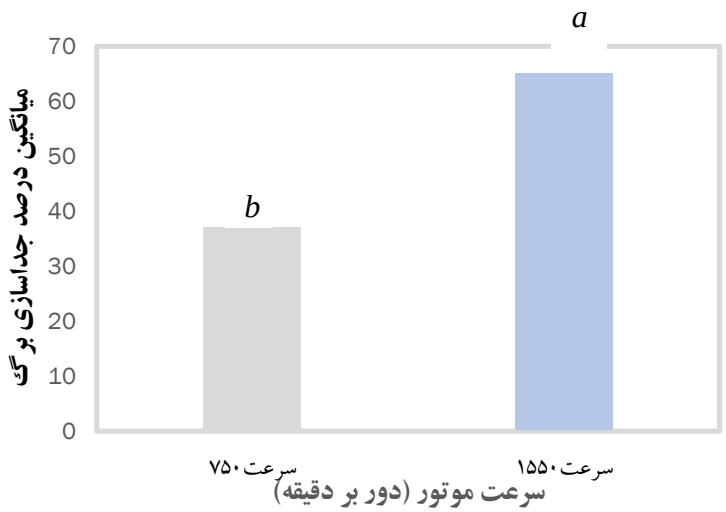
جدول ۱: جدول تجزیه واریانس تعیین اثر پارامترهای مؤثر برکارکرد دستگاه جداکننده برگ

متغیر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سرعت	۱	۵۷۲/۷۲۲**
فاصله	۲	۲۳۷۴۱/۱۶۷**
رطوبت	۲	۱۰۵۰۰/۱۶۷**
سرعت×فاصله	۲	۳۶۹۲/۱۶۷**
سرعت×رطوبت	۲	۱۸۰/۵۰۰**
فاصله×رطوبت	٤	۵۵/۰۵۶**
سرعت×فاصله×رطوبت	٤	۱۳۶**
خطا	۳۶	۳/۸۱۵

ns ، ** و * به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

بررسی تأثیر سرعت بر میزان جداسازی برگ

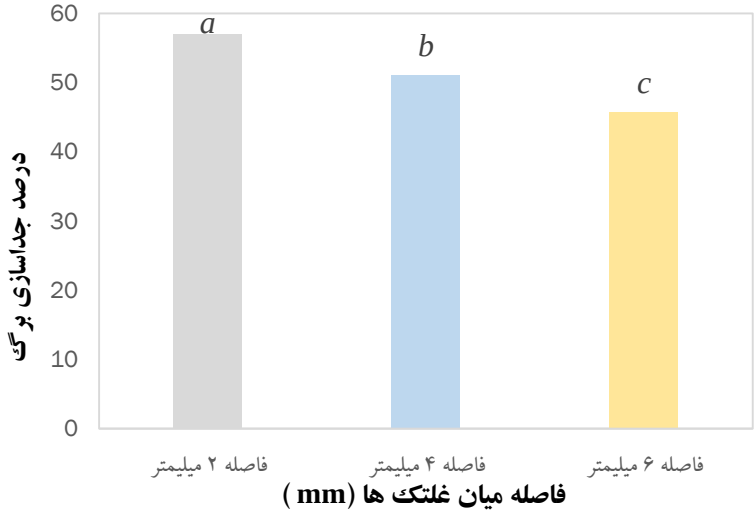
نتایج آزمون دانکن برای بررسی اثر سرعت نشان داد که در سرعت ۱۵۵۰ دور بر دقیقه به دلیل شدت عمل بیشتر غلتک‌ها بیشترین درصد برگ جداشده با میانگین ۶۵/۲۲ به دست آمده است و در کلاس a قرار گرفت. در سرعت ۷۵۰ دور بر دقیقه کمترین درصد برگ جداشده با میانگین ۳۷/۳۳ در کلاس b قرار گرفت (شکل ۳). بدیهی است که با افزایش سرعت غلتک‌ها نیروی کششی حاصل از اصطکاک سطح غلتک‌ها نیز افزایش یافته و منجر به افزایش جداسازی برگ‌ها از ساقه گیاه حنا می گردد.



شکل ۳: بررسی تاثیر سرعت بر میزان جداسازی برگ

بررسی اثر فاصله بر میزان جداسازی برگ

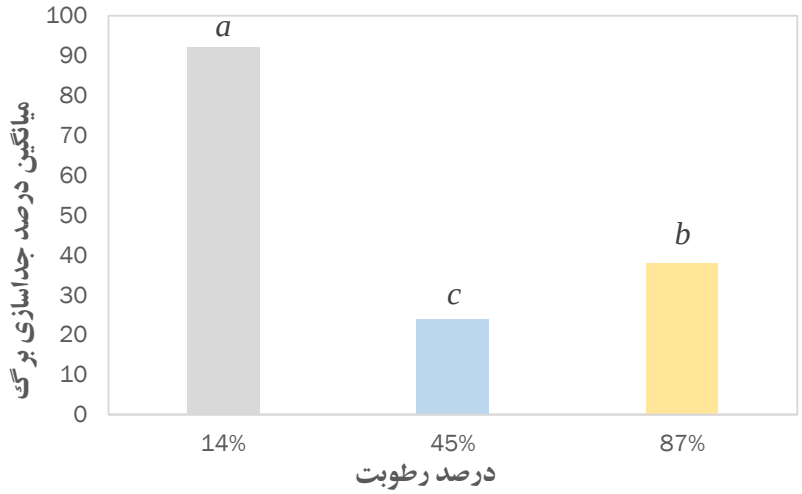
با استفاده از آزمون دانکن مشخص شد که بیشترین میانگین درصد برگ جدا شده در فاصله ۲ میلیمتر بین غلتک‌ها با مقدار ۵۷ درصد بود. کمترین میانگین درصد برگ جداشده در فاصله ٦ میلی‌متر بین غلتک‌ها و مقدار آن برابر ٤٥/٧٢ بود (شکل ٤). میانگین درصد برگ جداشده در فاصله ۳ میلیمتر ۵۱ درصد به دست آمد. همچنین این آزمون مشخص کرد که بین میانگین درصد برگ جداشده در سطوح مختلف فاکتور فاصله، اختلاف معنی‌داری وجود دارد. چنین گمان می رود که با افزایش فاصله بین غلتک‌ها در دستگاه جداکننده برگ‌های گیاه حنا، سرعت عبور ساقه‌ها از بین غلتک‌ها بیشتر بوده و به دلیل مکث کمتر، جدا شدن برگ‌ها از ساقه به مقدار کمتری انجام شده است.



شکل ٤: بررسی اثر فاصله بر میزان جداسازی برگ

بررسی اثر رطوبت بر میزان جداسازی برگ

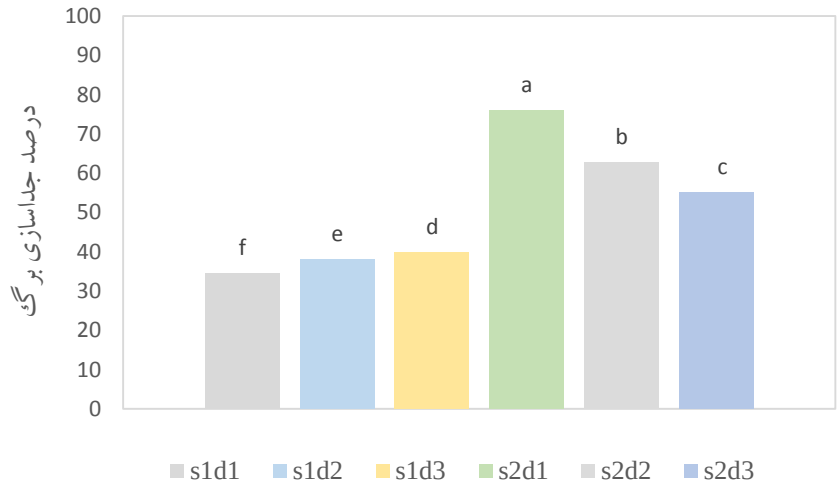
نتایج ازمون دانکن برای میزان رطوبت نیز نشان داد که در رطوبت ١٤٪ بیشترین درصد برگ جداشده با میانگین ۹۲/۳۸ به دست آمد و در کلاس a قرار گرفت. از آنجا که رطوبت ١٤٪ در روز سوم پس از برداشت حاصل شد، در این وضعیت برگ‌های گیاه حنا تقریبا خشک بوده و نسبت به روزهای قبل به مقدار بیشتری از ساقه‌ها جدا می‌شد. به احتمال دیگر، فاصله بین میزان رطوبت ساقه و برگ‌ها در روز سوم پس از برداشت، به بیشترین مقدار خود رسیده بود. رطوبت ٤٥٪ کمترین تاثیر را بر درصد برگ جداشده با میانگین ۲۳/۵۵ داشت و در کلاس b قرار گرفت (شکل ۵). برگ‌ها در روز اول چون درصد رطوبت بالاتری نسبت به رطوبت روز دوم (حالت پژمرده و نیمه مرطوب) داشتند، راحت‌تر از ساقه جدا می-شدند.



شکل ۵: بررسی اثر رطوبت بر میزان جداسازی برگ

بررسی اثر متقابل سرعت و فاصله بر میزان جداسازی برگ

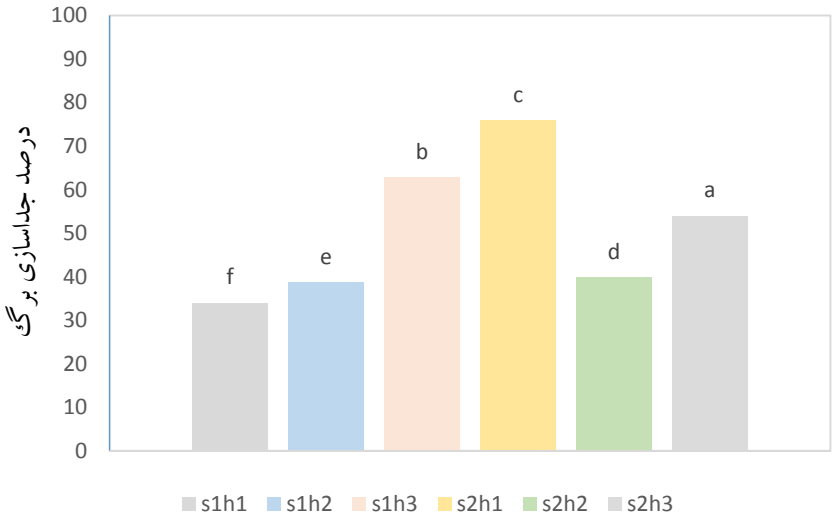
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سرعت و فاصله بر میزان جداسازی برگ معنی‌دار می‌باشد. در شکل ٦ نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین جداسازی برگ در فاصله ۲ میلی‌متر میان غلتک‌ها و در سرعت ۱۵۵۰ دور بر دقیقه صورت گرفت و با میانگین ۷۵/۸۹ در کلاس a قرار گرفت و کمترین درصد جداسازی برگ در فاصله ۲ میلی‌متر بین غلتک‌ها و در سرعت ۷۵۰ دور بردقیقه صورت گرفت که با مقدار میانگین ۳٤/٤٤ در کلاس f قرار گرفت



شکل ٦: اثر متقابل سرعت و فاصله بر میزان جداسازی برگ (s1 و s2 نشان دهنده سرعت (دور بردقیقه) ۷۵۰ و ۱۵۵۰ ، و d1، d2، d3 نشان دهنده فاصله ۲ ،٤ و ٦ میلی‌متر میان غلتک‌ها)

بررسی اثر متقابل سرعت و رطوبت بر میزان جداسازی برگ

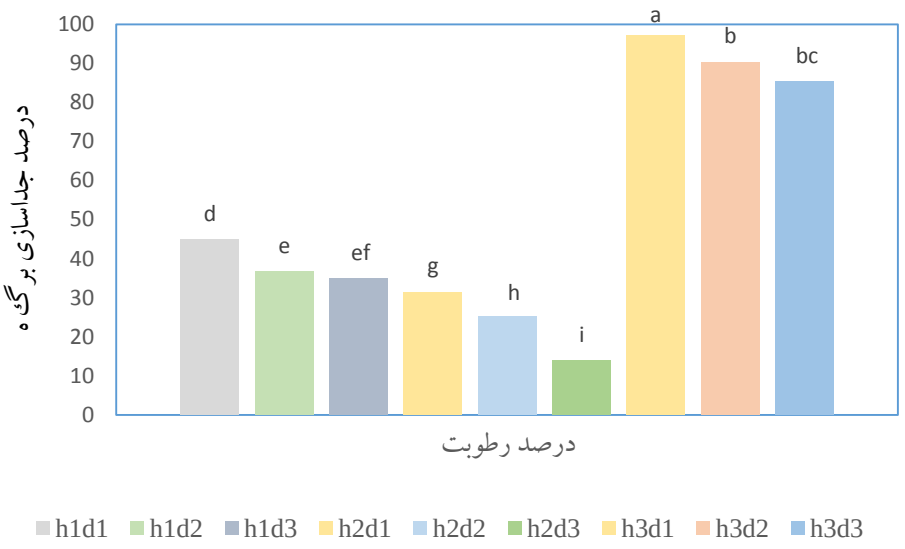
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سرعت و رطوبت نیز بر میزان جداسازی برگ معنی‌دار می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار جداسازی برگ در رطوبت ١٤ درصد و در سرعت ۱۵۵۰ دور بردقیقه صورت گرفت و در کلاس a قرار گرفت و کمترین درصد جداسازی برگ در رطوبت ۸۷٪ و در سرعت ۷۵۰ دور بردقیقه صورت گرفت و در کلاس f قرار گرفت (شکل ۷).



شکل ۷: اثر متقابل سرعت و رطوبت بر میزان جداسازی برگ (s1 و s2 نشان دهنده سرعت (دور بردقیقه) ۷۵۰ و ۱۵۵۰ ، h1 و h2 و h3 نشان دهنده رطوبت ۸۷٪، ٤٥٪،١٤٪)

بررسی اثر متقابل فاصله و رطوبت بر میزان جداسازی برگ

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سرعت در فاصله بر روی جداسازی برگ معنی‌دار شد. با استفاده از نرم افزار SPSS و آزمون دانکن، به مقایسه میانگین‌ها در هر تیمار پرداخته شد. نتایج در شکل ۸ نشان داده شده است. بیشترین درصد جداسازی برگ در رطوبت ١٤٪ و در فاصله ۲ میلی‌متری میان غلتک‌ها و کمترین درصد جداسازی برگ در رطوبت ٤٥٪ و در فاصله ٤ میلی‌متری میان غلتک‌ها می‌باشد. در فاصله ٤ میلی‌متر و رطوبت٤٥٪ به دلیل پژمردگی برگ و نزدیک شدن برگ به ساقه، تماس شاخه با غلتک‌ها حداقل می‌شود و در نتیجه اصطکاک کم می‌شود بنابراین درصد برگ جدا شده کاهش می‌یابد.



شکل ۸: اثر متقابل فاصله و رطوبت بر میزان جداسازی برگ (میانگین‌ها دارای حروف مشترک با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار) (h1 و h2 و h3 نشان دهنده رطوبت ۸۷٪، ۴۵٪،۱۴٪ و d1، d2، d3 نشان دهنده فاصله ۲ ،۴ و ۶ میلی‌متر میان غلتک‌ها)

میانگین درصد برگ جداشده در رطوبت و فاصله‌های متفاوت

جدول ۲ نشان دهنده میانگین درصد برگ جداشده در رطوبت و فاصله‌های متفاوت می‌باشد. با توجه به جدول میزان جداسازی برگ در سرعت ۱۵۵۰ دور بر دقیقه در تمامی رطوبت‌ها مقدار بیشتری نسبت به میزان برگ جدا شده در سرعت ۷۵۰ دور بر دقیقه دارد که دلیل این تفاوت‌ها اختلاف در سرعت و فاصله بین غلتک‌ها می‌باشد.

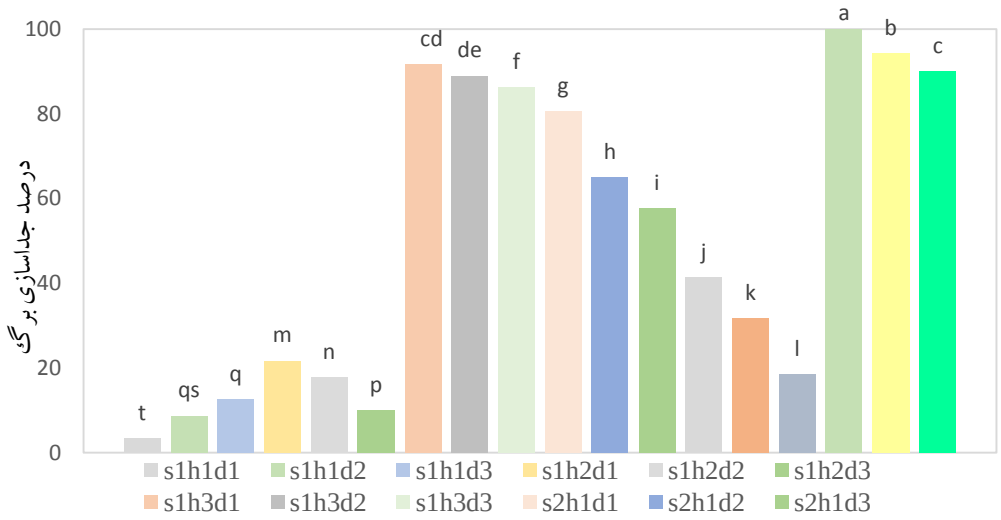
جدول ۲: میانگین درصد برگ جدا شده در رطوبت و فاصله‌های متفاوت

		فاصله		
سرعت (دور بر دقیقه)	رطوبت (٪)	۲	۳	۴
سرعت ۱۵۵۰	۸۷	۸۰/۶۷ ± ۲/۰۸	۶۵ ± ۲	۵۷/۶۷ ± ۱/۷۳
	۴۵	۴۱/۳۳ ± ۴/۰۴	۳۱/۶۷ ± ۳/۰۵	۱۸/۴۸ ± ۱/۱۵
	۱۴	۱۰۰	۹۴ ± ۰/۵	۹۱/۶۷ ± ۱/۵۲
سرعت ۷۵۰	۸۷	۳/۳۳ ± ۲/۰۸	۸/۶۷ ± ۱/۵۲	۱۲/۶۷ ± ۱/۵۲
	۴۵	۱۷/۷۶ ± ۲/۰۸	۲۱/۶۷ ± ۲/۵۱	۱۰ ± ۱
	۱۴	۹۱ ± ۲/۰۸	۸۹ ± ۲	۸۶/۳۳ ± ۳/۰۵

بررسی اثر سه گانه سرعت، فاصله و مقدار رطوبت

تجزیه واریانس مربوط به اثر متقابل سرعت، فاصله و رطوبت بر جداسازی برگ حنا توسط دستگاه نشان داد که اثر متقابل سه گانه از لحاظ جداسازی برگ در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. زمانی که اثر متقابل معنی‌دار است، می‌توان از روش مقایسه میانگین، اثرات متقابل استفاده نمود و بهترین تیمار را مشخص کرد. برای مقایسه میانگین اثرات تیمارها از نرم‌افزار SPSS ، آزمون دانکن استفاده شد.

شکل ۹ بررسی اثر سرعت، رطوبت و فاصله بر میزان برگ جدا شده از دستگاه را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار میانگین درصد برگ جداشده در سرعت موتور ۱۵۵۰ دور بردقیقه و در رطوبت ۱٤ درصد و در فاصله ۲ میلی‌متر میان غلتک‌ها به دست آمد. زیرا در فاصله ۲ میلی‌متر سطح تماس دو غلتک با شاخه افزایش یافته و اینکه در رطوبت چهارده درصد جداسازی برگ از شاخه با کمترین مقدار نیرو امکان‌پذیر می‌باشد، همچنین شدت عمل کار غلتک‌ها در سرعت بالا افزایش می‌یابد. کمترین مقدار نیرو برای جدا کردن برگ در سرعت موتور۷۵۰ دور بر دقیقه و در رطوبت ٤۵ درصد و در فاصله ۲ میلی‌متر میان غلتک‌ها حاصل شد. زیرا در این سرعت به دلیل افزایش سطح تماس با غلتک‌ها در واحد زمان، اصطکاک میان شاخه و غلتک‌ها افزایش می‌یابد. اصطکاک زیاد بین سطح و شاخه، همچنین رطوبت بالا باعث جداشدن پوست و برگ شاخه به طور همزمان با یکدیگر می‌شود، در نتیجه تعداد برگ جدا شده کاهش می یابد



شکل ۹: بررسی اثر متقابل سرعت×فاصله×رطوبت (s1 و s2 نشان دهنده سرعت (دور بردقیقه) ۷۵۰ و ۱۵۵۰ ، h1 و h2 و h3 نشان دهنده رطوبت ۸۷٪، ٤۵٪،۱٤٪ و d1، d2، d3 نشان دهنده فاصله ۲،٤ و ٦ میلی‌متر میان غلتک‌ها)

نتیجه‌گیری

تجزیه واریانس مربوط به اثرات فاصله، رطوبت و سرعت بر تعداد برگ جدا شده گیاه حنا نشان داد که اثر فاصله ها، رطوبت ها وسرعت ها بر درصد برگ جداشده (در سطح یک درصد) معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل دو فاکتور فاصله و رطوبت، و اثر متقابل دو فاکتور فاصله و سرعت، اثر متقابل دو

فاکتور رطوبت و سرعت و اثر متقابل سه فاکتور فاصله، رطوبت وسرعت معنی‌دار شد. بیشترین میزان برگ جداشده با میانگین جداسازی ۱۰۰ درصد، در رطوبت ١٤ درصد و در فاصله میان غلتک ها ۲ میلی‌متر و برای سرعت ۱۵۵۰ حاصل شد. همچنین کمترین میزان برگ جدا شده با میانگین ۳/۳۳ درصد در رطوبت۸۷ درصد و فاصله ۲ میلی‌متر و برای سرعت ۷۵۰ می‌باشد. استفاده از تعداد قطعات کمتر باعث ساده‌تر شدن سرویس و نگهداری مورد نیاز، کاهش حجم دستگاه همچنین کاهش انرژی مصرفی می‌گردد. استفاده از ماشین‌های تخصصی باعث انجام ساده‌تر مراحل فرآوری و صرفه‌جویی در هزینه و زمان فرآوری می‌شود

REFRENCES

Aminizadeh, Mansour, 2014. Planting, cultivation and harvesting of henna. Agriculture–Jihad Organization.

Bakhshi, Javad. 2015. Automatic device for separating leaves from branches and stems. Patent number: 85379. (In Farsi)

Bolori Moghadam, Elham, Hemmati, Khodayar, Bashiri Sadr, Zainul Abedin and Kambiz Mashayekhi (2009). Effect of Harvest Time and Root Diameter on Glycyrrhiza glabra. Journal of Plant Production Research. Volume Sixteen, Number Two. (In Farsi).

Chung Doobong, 1996. Rose stem stripper. U.S. Patent 5,561,904.

De, Meester Maurice.1939. Thorn-removing device. U.S. Patent 2,167,337.

Gallo, J.S., Gallo Joseph S, 1984. Stem cleaner. U.S. Patent 4,455,784.

Ghorbani, Zahra, Aqili Nateq, Nahid and Jaberi Moez, Mojtaba (2008). Construction and evaluation of alfalfa leaf separator from stem based on an experimental design. Fifth National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization. Mashhad. Iran. (In Farsi).

Hashemi-Fard D. S.H., Hanjani, P.J. and Chegini, G.R., 2014. Design, Construction and Evaluation of Chrysanthemum Flower Stem Cleaner Machine. Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering, 8(6).

Jensen Ann F., 1997. Stripping thorns from rose stems. U.S. Patent 5,651,212.

Qaderi, Ali Asghar (2016). Roselle (Hibiscus sabdariffa) Leaf separator. Patent number: 90293 Iran. (In Farsi).

Richardson, RL 1991. Floral stem cleaner and method of cleaning floral stems. U.S. Patent 5,044,115.

Taheri Rikandeh, Pouya (2017). Automatic sugarcane stalks peeler (Leaf seperator). Patent number: 95087.

Sustainable Agricultural Science Research /Vol. 1/No.2/Summer 2021/P:63-76

https://www.sarj.iauk.ac.ir

Design, Construction and Evaluation of Henna Leaves Roller Separator with the Aim of Determining the Optimum Moisture for Leaf Separation

Somayeh Mirzakhani[1], Hossein Maghsoudi[2]* and Kazem Jafari Naeimi[3]

[1-2-3] Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.

* Corresponding Author's Email: h.maghsoudi@uk.ac.ir

(Received: August. 24, 2021 – Accepted: September. 21, 2021)

ABSTRACT

Today, in developed countries, using specialized machines for agricultural products processing, is one of the most common ways to reduce the final price of these products. For this purpose, firstly, henna leaf separator was designed in the *SolidWorks* software and then constructed. In order to evaluate the performance of this prototype, three factors include the speed of rollers at two levels of 1550 and 750 rpm, the distance between the rollers at three levels of 2, 3 and 4 mm, and moisture content at three levels of 14%, 45% and 87% in the form of a factorial design of experiment with three replications was conducted. The success rate in leaf separation was considered as the evaluation index of the machine. Analysis of the results showed that the effect of roller speed, moisture content and rollers distance as well as the dual and triple effect of these factors on the success rate in leaf separation were meaningful. The results showed that the best performance of the roller separator was achieved at the rollers speed of 1,550 rpm, distance of 2 mm between the rollers and moisture content of 14%.

Keywords: Roller Separator, Henna Leaf, Distance, moisture content