بررسی مقاومت کششی و میزان فراوانی گل زعفران براساس ضخامت ساقه در زمان برداشت

محمد امین حنطه[۱]، محمدحسین کیانمهر[۲]، اکبر عرب حسینی[۳] و مجید قربانی جاوید[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران؛ amin.hante@ut.ac.ir

[۲]استاد گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران؛ kianmehr@ut.ac.ir

[۳]دانشیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران؛ ahosseini@ut.ac.ir

[۴]استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران؛ mjavid@ut.ac.ir

چکیده

گیاه زراعی و دارویی زعفران نقش بسیار مهمی در صادرات غیر نفتی ایران به عنوان بزرگترین تولید کننده زعفران در جهان دارد. برداشت گل گیاهان دارویی پاکوتاه همچون گل زعفران، بابونه و همیشه بهار همواره مشکل بوده و بصورت دستی انجام می‌شود. از مهم‌ترین چالش‌های صنعت زعفران، مکانیزه نبودن برداشت و هزینه‌ی بالای تولید می باشد. نیروی کششی لازم برای جداسازی گل زعفران از ساقه جهت ساخت دستگاه برداشت مکانیزه زعفران ضروری است. از این رو نیروی جداسازی گل زعفران بر اساس ضخامت ساقه در ۱۱ سطح و در ۴ تکرار توسط نیروسنج بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین نیروی مورد نیاز برای جداسازی گل زعفران برابر ۳/۰۵ و ۰/۷۵ نیوتون می باشد. با افزایش ضخامت ساقه، نیروی لازم برای جداسازی گل زعفران از ساقه به طور قابل توجهی افزایش نشان داد. همچنین میزان فراوانی گیاه زعفران از لحاظ ضخامت ساقه بر روی ۶۰ مورد گل بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی مربوط به ضخامت ساقه با قطر ۰/۱۷ سانتیمتر می باشد. با تحلیل نتایج آزمایش ها می توان نتیجه گرفت که با اعمال نیروی ۲/۳ نیوتون جهت جداسازی گل زعفران از ساقه، بهترین عملکرد و کمترین تلفات را خواهیم داشت.

کلمات کلیدی: زعفران، ماشین برداشت، ضخامت ساقه، نیروسنج، گل زعفران

Tensile strength and frequency of saffron flower based on stem thickness at harvest time

[1] Mohammad Amin Hante, [2] Mohammad Hossein Kianmehr, [3] Akbar Arabhosseini, [4] Majid Ghorbani J.

[1]M.Sc. Student in Mechanical Engineering of Biosystems, Aburaihan Campus, University of Tehran, amin.hante@ut.ac.ir

[2]Professor of Agricultural Engineering Department, Campus Abourihan, University of Tehran, kianmehr@ut.ac.ir

[3]Associate Prof. of Agricultural Engineering Department, Campus Abourihan, University of Tehran, ahosseini@ut.ac.ir

[4]Assistant Prof. of Agronomy and Plant Breeding Department, Campus Abourihan, University of Tehran, mjavid@ut.ac.ir

ABSTRACT

Saffron as the most precious medicinal plant plays a major role in Iran's non-oil exports as the largest saffron producer in the world. Flowers are mostly harvested manually in short-legged herbs such as saffron, chamomile and marigold. One of the most important challenges facing the saffron industry is the lack of mechanization and high production cost. Tensile strength is necessary for designing and constructing saffron harvesters. Therefore, the separation force of saffron flower was determined based on stem thickness at 11 levels in 4 replications. The maximum and minimum forces required for the separation of saffron flower were 3.05 N and 0.75 N. The separation force significantly increased with increasing the stem thickness. The stem thickness was determined for 60 flowers and the most frequent thickness was of 0.17 cm. It can be concluded that by applying a force of 2.3 N to separat the flower of saffron from the stem, we will have the best performance and the lowest losses.

keywords: saffron, harvesting machine, stem thickness, force gauge, saffron flower

۱- محمد امین حنطه
Email: amin.hante@ut.ac.ir

۱- مقدمه

زعفران با نام علمی *crocus sativus* و نام عمومی *saffron* به عنوان گرا/ن بهاترین محصول کشاورزی و ادویه در جهان است که نقش دارویی و تغذیه ای دارد (Kafi, 2002). زعفران از خانواده زنبقیان گیاهی علفی و پایاست. زعفران به خاطر نیاز آبی کم اشتغال زایی و درآمد زایی مناسب ارزآوری بالا تحمل گیاه در شرایط سخت زیستی در برابر آفات و بیماری ها و خواص داروی و غذایی از دیرباز یک محصول استراتژیک و با ارزش بوده است (Negbie, 1999). زعفران از نظر فیزیولوژیکی و اکولوژیکی گیاهی است که با سایر گیاهان متفاوت است. دوره رشد گیاه زعفران در نیمه سرد سال است و بیشترین زمان رشد رویشی آن در یخبندان زمستان صورت می گیرد. این مسئله نشانگر مقاومت این گیاه به سرما است و حداکثر سرمای قابل تحمل ۱۸- تا ۲۲- درجه سلسیوس می باشد (Behnia, 2008). دوره رشد ظاهری آن در مهر ماه شروع شده و گلهای زعفران در طی ۱۵ - ۲۰ روز در آبان ماه ظاهر می شوند (Humphries, 1996). زمان برداشت محصول از اواخر مهر تا اوایل آذر ماه، به نسبت موقعیت اقلیمی نقاط زعفران خیز، متغیر است .موقع برداشت محصول صبح زود و قبل از طلوع آفتاب است (Samsam Shariiat, 2003). امروزه زعفران در اروپا، شمال آفریقا، ایران، هند، اسپانیا و یونان کشت می شود. همچنین در مناطقی مانند نیوزلند، فرانسه، سوییس، انگلستان، ایالات متحده و دیگر کشور هایی که در شکل۱ نمایش داده شده کشت می شود (Figure 1) (Bertetto et al., 2014).

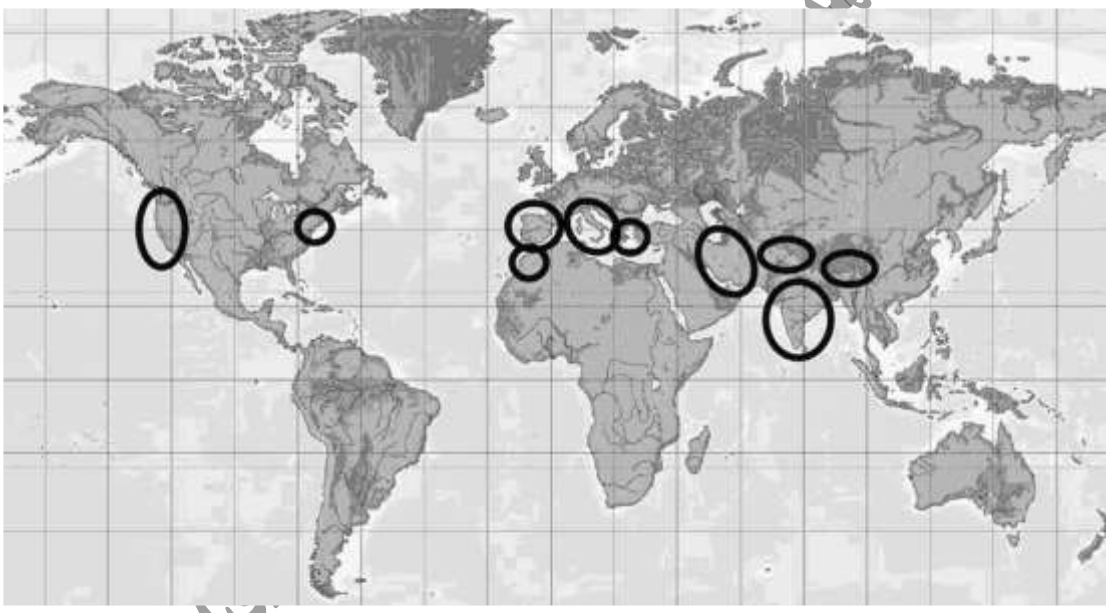

Figure 1. Saffron cultivation areas in the world (Bertteto et al., 2014).
شکل ۱- مناطق کشت زعفران در جهان(برتتو و همکاران،۲۰۱۴).

ایران بزرگترین تولید کننده زعفران جهان است و این محصول نقش مهمی در صادرات غیر نفتی ایران دارد. با توجه به اینکه ایران در چند سال اخیر بیش از ۹۰ درصد تولید جهانی زعفران را به خود اختصاص داده، صادرات این محصول ارزآوری بسیار خوبی به همراه داشته است (Kafi, 2002). بر اساس آمار منتشر شده، میزان تولید زعفران کل کشور در سال ۱۳۹۰، ۲۵۴ تن با عملکرد متوسط ۳/۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Anonymous 1, 2011). در میان کشورهای تولید کننده زعفران، ایران بهترین نوع زعفران را تولید می کند ولی به دلیل استفاده از روش های سنتی در مراحل مختلف کاشت تا برداشت و ضعف فرآوری این محصول نتوانسته جایگاه واقعی خود را پیدا کند و به جای ایران،زعفران کشورهایی نظیر اسپانیا در جهان مطرح است (Safari et., 2013). دیاز مارتا و لوئیس در سال ۲۰۰۳ کتابی با نام *white book* منتشر کردند که به آنالیز شرایط کشت و تکنیک برداشت زعفران در سه کشور مطرح اروپایی در صنعت زعفران و مقایسه آن با کشور ایران پرداخته است. میزان تولید زعفران در اروپا (اسپانیا، یونان و ایتالیا) در سال ۲۰۰۴، ۶۸۰۰ کیلوگرم گزارش شده است که تنها ۴٪ تولید زعفران جهانی را به خود اختصاص می دهد. این درحالی است که میزان تولید زعفران در سال ۱۹۳۰ در این ۳ کشور اروپایی ۱۷۰ تن گزارش شده است. افزایش هزینه های کارگری از علل کاهش شدید تولید نامبرده می شود (Diaz-Marta and luis., 2003). بر اساس آمار منتشر شده ، میزان صادرات زعفران ایران در سال ۱۳۹۳، ۱۵۸۴۷۵ کیلوگرم گزارش شده است

(Anonymous 2, 2014). برداشت گل گیاهان دارویی پا کوتاه همچون زعفران، بابونه و گل همیشه بهار همواره مشکل بوده و بصورت دستی برداشت می شوند. از مهم ترین چالش های صنعت زعفران می توان به مکانیزه نبودن برداشت و هزینه ی بالای تولید و نیاز به نیروی کار فراوان در مدت زمان محدود برداشت اشاره کرد. امروزه تکنولوژی برداشت مکانیکی بر روی برداشت گیاهان دارای محصولات بزرگ (مثلا گندم، ذرت) با استفاده از موور های مخصوص با ابعاد و هزینه ی زیاد متمرکز شده است. از سوی دیگر، به رغم پیشرفت های تکنولوژیکی بزرگ، برداشت سبزیجات، میوه ها و سایر محصولات (مثلا زعفران) عمدتا به نیروی کار انسانی بستگی دارد (Asimopoulos et al., 2013). برداشت زعفران شامل چیدن گل و جدا کردن خامه و کلاله از آن، در مدت زمان بسیار کوتاهی باید انجام گیرد که در ایام برداشت کارگر مورد نیاز برای این کار با توجه به محدوده ی زیاد زمان برداشت به سختی فراهم می شود. همچنین در صورتی که برگ ها بعد از گل دهی رویش کرده و گل ها روزانه چیده شوند، به طور متوسط ۸ تا ۱۰ کارگر در ۹ روز و در مجموع ۸۰ تا ۱۰۰ کارگر برای چیدن گل در سال برای هر هکتار مورد نیاز است (Mahdi Nia, 1997). گل زعفران باید کامل برداشت شود یعنی ساقه کاملا از درون غلاف بیرون کشیده شود زیرا در غیر این صورت افت محصول افزایش می یابد (Pourjafar, 2017). تاکنون چندین مدل آزمایشی از دستگاه برداشت گل زعفران و جداسازی کلاله از گلبرگ طراحی و ساخته شده است اما هیچکدام نتوانسته نیاز بازار بزرگ زعفران جهان را برآورده کند و نمونه تجاری شده ی آن نیز در ایران ساخته نشده است. قسمت های مورد استفاده زعفران انتهای خامه و کلاله آن است (Samsam Shariiat, 2003). ضربه زدن به گل ها عمر آن ها را بعد از برداشت و قبل از جدا کردن کلاله و خامه، کاهش داده و سریع فاسد می شوند. گارسیا و همکاران یک دستگاه جدید برای برش خودکار گل زعفران به منظور دستیابی به کلاله ی آن ارائه دادند (Garcia et al., 2009). سعیدی راد طرح ارزیابی فنی و اقتصادی ماشین برداشت گل زعفران (مرحله جداسازی کلاله از گلبرگ) را معرفی کرد که در این دستگاه گل زعفران که به صورت دستی چیده شده برش خورده و کلاله از گل جدا می شود (Saeedi Rad, 2013). همچنین سنابادی دستگاهی برای جداسازی کلاله از گل برگ های زعفران طراحی ساخت (Sanabadi et al., 2014). با تمامی این تفاسیر، یافتن اطلاعاتی همچون اثر ضخامت ساقه بر نیروی جداسازی گل زعفران، برای ساخت دستگاه برداشت مکانیکی گل زعفران می تواند کمک شایانی به گسترش کشت و سودآوری بیشتر این محصول استراتژیک برای کشورمان گردد. هدف اصلی این آزمایش تعیین نیروی جداسازی گل زعفران براساس ضخامت ساقه و همچنین میزان فراوانی گل زعفران در ضخامت های مختلف می باشد.

۲- مواد و روش ها

نمونه های لازم برای آزمایش از بوته های سه ساله مزرعه تحقیقاتی زعفران واقع در پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در شهرستان پاکدشت جمع آوری شد. مزرعه ای ۳ ساله که آزمایش ها از تاریخ ۱۳۹۶/۹/۳ شروع و در مدت ۶ روز انجام شد. با توجه به اینکه تابش مستقیم آفتاب و افزایش دما سبب پژمردگی بافت گل زعفران می شود، به همین منظور برای جلوگیری از افت کیفیت نتایج و محصول تمامی آزمایش ها در ساعات ۷ الی ۹ صبح و در آسمانی آفتابی صورت گرفت. آزمایش ها به منظور تعیین رابطه ی ضخامت ساقه گیاه و نیروی لازم برای جداسازی گل زعفران از ساقه انجام شد. برای انجام این آزمایش یک عدد کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۲ میلیمتر برای اندازه گیری ضخامت ساقه و یک عدد نیروسنج *Lutron* مدل *FG-20KG* با ظرفیت تحمل حداکثر ۱۹۶ نیوتون و دقت ۰/۰۵ نیوتون به منظور اندازه گیری نیروی لازم برای جداسازی گل زعفران از ساقه مورد استفاده قرار گرفت. این نیروسنج قابلیت نمایش داده ها بر حسب سه واحد *g/oz/Newton* و توانایی نگه داری بیشترین بار در طول اندازه گیری کشش یا فشار در صفحه نمایش را دارد و مجهز به قلاب متصل به سنسور برای اندازه گیری نیرو می باشد. ضخامت ساقه ی گیاه زعفران عمدتا بین ۰/۱ سانتیمتر الی ۰/۲ سانتیمتر است. به همین منظور برای افزایش دقت، آزمایش در ۱۱ سطح با فواصل ۰/۰۱ سانتیمتر و با ۴ تکرار درنظر گرفته شد. برای انجام این آزمایش ابتدا ضخامت ساقه ی نمونه به وسیله ی کولیس اندازه گیری شد (Figure 2). سپس نخ از یک سمت دور قلاب و از سمت دیگر دور ساقه ی نمونه گره زده شد (Figure 3). برای استفاده از نیروسنج ابتدا باید دستگاه را برای ثبت داده ها بر حسب نیوتون تنظیم کرده و برای افزایش دقت آزمایش، با صفر کردن دستگاه احتمال محاسبه هر گونه بار جانبی را به حداقل برسانیم. سپس نیروسنج به آرامی و با سرعت ثابت و به صورت عمود بر گل به طرف بالا حرکت داده شد و به محض جدا شدن گل از ساقه، عدد درج شده بر روی نمایشگر بعنوان بیشترین نیرو بر حسب نیوتون در نیروسنج ثبت شد. همچنین به منظور دستیابی به میزان فراوانی زعفران براساس ضخامت ساقه در مکان مذکور طی آزمایشی دیگر، ساقه ی ۶۰ عدد گل زعفران به وسیله ی کولیس دیجیتال اندازه گیری شد. در این آزمایش ۶۰ عدد گل زعفران به صورت کاملا تصادفی در مزرعه انتخاب شد و ضخامت ساقه ی آن ها به وسیله ی کولیس دیجیتال اندازه گیری و نتایج آن برحسب سانتی متر یادداشت شد.

Figure 2. Sample selection to measure the thickness of the stem by a calipers.

شکل ۲. انتخاب نمونه جهت اندازه گیری ضخامت ساقه توسط کولیس.

Figure 3. Measuring the force of separating the saffron flower by force gauge.

شکل ۳. اندازه گیری نیروی جداسازی گل زعفران توسط نیروسنج.

۳- نتایج و بحث

برای تعیین میزان فراوانی گل زعفران براساس ضخامت ساقه، ساقه ی ۶۰ عدد گل زعفران که بصورت کاملا تصادفی انتخاب شدند به وسیله ی کولیس دیجیتال مورد اندازه گیری قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در شکل ۴ نمایش داده شده است (Figure 4).

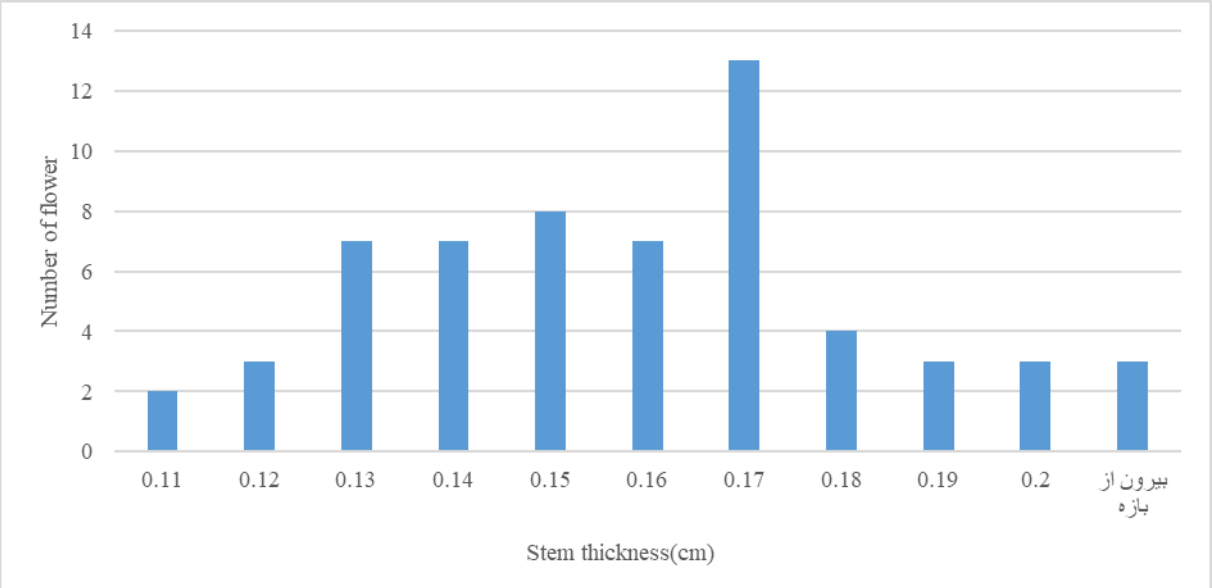

Figure 4. Saffron flower abundance based on stem thickness (60 samples).

شکل۴. فراوانی گل زعفران براساس ضخامت ساقه (۶۰ عدد نمونه).

در این آزمایش با تجزیه و تحلیل نمودار میزان فراوانی ۶۰ عدد گل زعفران که ضخامت ساقه آن ها بدست آمد، نتایج حاکی از آن بود که ۵۷ عدد گل (۹۵ درصد) در بازه ی ۰/۱ سانتیمتری (از ضخامت ۰/۱۱ الی ۰/۲۰) و تنها ۳ عدد گل (۵ درصد) در خارج از این محدوده جای داشتند. همچنین در بازه ی مذکور حدود ۷۰ درصد از گل ها در ضخامت ۰/۱۳ الی ۰/۱۷ سانتیمتر متمرکز بوده اند. بیشترین تعداد فراوانی گل نیز مربوط به ضخامت ۰/۱۷ سانتیمتر با ۱۳ عدد گل (۲۱/۶۶ درصد) می باشد. در آزمایشی دیگر نتایج تمام تست های انجام شده بر روی نمونه ها به منظور پی بردن به رابطه ی نیروی مورد نیاز برای جداسازی گل زعفران در ضخامت های مختلف ساقه (۰/۱ الی ۰/۲ سانتیمتر) با ۴ تکرار در جدول ۱ و همچنین رابطه میان ضخامت ساقه های مختلف و میانگین نیروی مورد نیاز برای جداسازی آن ها در شکل ۵ ارائه شده است (Table 1) (Figure 5).

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

جدول ۱. اثر ضخامت ساقه بر نیروی جداسازی گل زعفران.

Table 1. Effect of stem thickness on the force of saffron flower separation.

Stem Thickness	Stem Separation Force (Newton)				
	Repeat 1	Repeat 2	Repeat 3	Repeat 4	Average
0.1	1.05	0.95	0.75	0.85	0.9
0.11	1.05	1.15	0.75	1	0.9875
0.12	0.95	1.35	1.05	1.05	1.1
0.13	1.25	1.15	1.35	1	1.1875
0.14	1.25	1.5	1.1	1.25	1.275
0.15	1.45	1.65	1.05	1.5	1.4125
0.16	1.5	1.8	1.45	1.75	1.625
0.17	1.85	1.6	1.7	1.9	1.7625
0.18	2	1.65	2.1	1.95	1.925
0.19	1.95	1.7	2.15	2.4	2.05
0.2	2.2	1.95	3.05	2	2.3

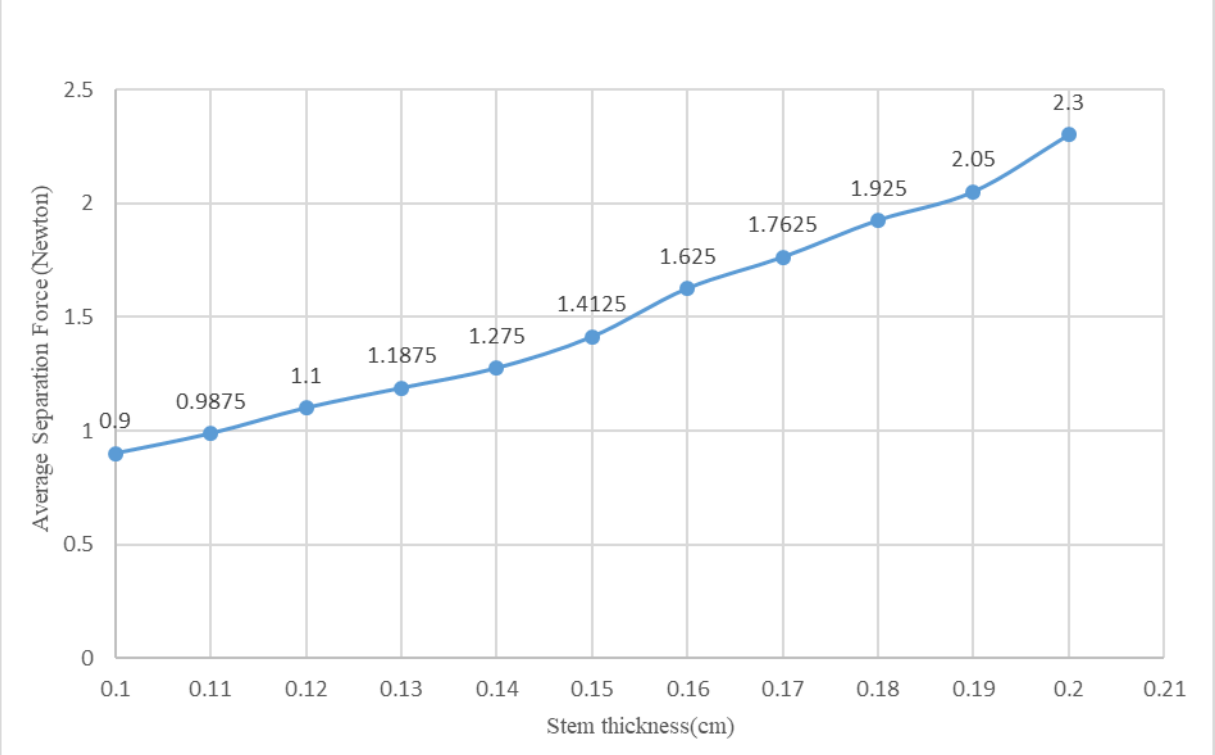

Figure 5. Effect of Stem Thickness on the average separation force of saffron flower.

شکل ۵. اثر ضخامت ساقه بر میانگین نیروی جداسازی گل زعفران.

بررسی نتایج ثبت شده در آزمایش نشان داد که با افزایش ضخامت ساقه، نیروی لازم برای جداسازی گل زعفران به دلیل افزایش مقاومت خمشی بافت ساقه نیز افزایش محسوسی می یابد. بر اساس نتایج نشان داده شده در جدول ۱ بیشترین نیروی ثبت شده ۳/۰۵ نیوتون و کمترین نیرو ۰/۷۵ نیوتون می باشد. همچنین براساس نتایجی که در شکل ۵ مشاهده می شود، بیشترین مقدار میانگین نیروی جداسازی مربوط به ساقه های با ضخامت ۰/۲ سانتیمتر برابر با ۲/۳ نیوتون و کمترین مقدار میانگین مربوط به ساقه های ۰/۱ سانتیمتری با ۰/۹ نیوتون می باشد. همچنین مقدار میانگین نیرو جداسازی تمام ۴۴ نمونه ی مورد آزمایش قرار گرفته، ۱/۵۰ نیوتون می باشد. با تحلیل شکل ۴ و شکل ۵ در میابیم که اگر نیروی اعمالی دستگاه برداشت گل زعفران ۲/۳ نیوتون در نظر گرفته شود می توان گفت دستگاه توانایی جداسازی تقریبا ۹۵ درصد گل های زعفران یک مزرعه را دارد.

۴- نتیجه گیری

طی آزمایشات متعدد، بدست آوردن اطلاعاتی در مورد میانگین نیروی لازم برای جداسازی گل زعفران در ضخامت های مختلف و همچنین پی بردن به این موضوع که در چه ضخامتی بیشترین تعداد گل زعفران موجود است، می تواند کمک شایانی به طراحی دستگاهی کند که با توجه به شرایط آب و هوایی و زمانی در هنگام برداشت محصول، نیرویی را برای جداسازی گل از ساقه اعمال کند که بیشترین بازده برداشت و کمترین تلفات را برای گیاه به همراه داشته باشد. بنابراین نیروی ۲/۳ نیوتون که توانایی جداسازی تقریبا ۹۵ درصد گل ها از ساقه را دارد برای این دستگاه پیشنهاد می گردد.

۵- تقدیر و تشکر

سپاس فراوان از پردیس ابوریحان دانشگاه تهران و تمامی کسانی که ما را در تهیه و تنظیم این مقاله یاری نمودند.

۶- مراجع

1- Anonymous 1, Agricultural Statistics. (2011). Department of Planning and Economic Affairs of the Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture. (persian)

2- Anonymous 2, Export and import of agriculture. (2014). Department of Planning and Economic Affairs of the Office of Statistics and Information Technology, Ministry of Agriculture. (persian)

3- Asimopoulos, N., Parisses, C., Smyrnaios, A., & Germanidis, N. (2013). Autonomous vehicle for saffron harvesting. *Procedia Technology*, *8*, 175-182.

4- Behnia, M. R., & Mokhtari, M. (2009). Effect of planting methods and corm density in saffron (Crocus sativus L.) yield. In *III International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics 850* (pp. 131-136).

5- Bertetto, A. M., Ricciu, R., & Badas, M. G. (2014). A mechanical saffron flower harvesting system. *Meccanica*, *49*(12), 2785-2796.

6- Diaz-Marta, A and luis, G. (2003). saffron in Europe (white book). University of castilla La Mancha (UCLM).

7- Gracia, L., Perez-Vidal, C. and Gracia-Lopez, C. (2009). Automated Cutting System to Obtain the Stigmas of the Saffron Flower, *Biosystems Engineering*, 104, p.8-17.

8- Humphries, J. (1996). *The essential saffron companion*. Grub Street.

9- Kafi, M., Rashed, M. H., Koocheki, A., & Mollafilabi, A. (2002). Saffron: Production technology and processing. *Center of Excellence for Agronomy (Special Crops). Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran*, *37*, 53-57.

10- Mahdi Nia, A., Behruzi Lari, M., Behnia, M. (1997). Master's thesis on mechanical engineering of agricultural machines. Aburaihan campus. University of Tehran. (persian)

11- Negbie, M. (1999). Saffron: Crocus sativus L. Medicinal and aromatic plants–industrial profiles. Amsterdam, Harwood Academic Publishers.

12- Pourjafar, M. (2017). study and determination of tensile force for mechanical harvesting of saffron flower, The 5th International Conference on Modern Ideas in Agriculture, the Environment and Tourism, Tehran, Institute of Biostatistics Supporters of armani environment. (persian)

13- Saeedi Rad, M., Abrishami, M., Mostafavand, H., Zarif Neshat, S. (2013). Technical and economic evaluation of a saffron flower harvester(Separating the stigma from the flower). *The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering (Biosystems) and Mechanization of iran, Ferdowsi University of Mashhad, Iran* (pp.658-668). (Persian)

14- Safari, M., Sharif Nasab, H., Abdi, R., Zarif Neshat, S. (2013). Technical and economic evaluation of a stigma separator machines of the saffron flower. *The 8th National Congress on Agricultural Machinery Engineering (Biosystems) and Mechanization of iran, January, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,* (pp.3747-3754). (Persian)

15- Samsam Shariiat, H. (2003). Cultivation and Breeding of medicinal plants. Mani publication. (Persian)

16- Sanabadi, M., Samieifar, A., & Amini, S. (2014). Designing and building a mechanical system for separating stigmas from the saffron's petals. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *7*(14), 1417

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