

رفتار مکانیکی ساقه گل رز تحت بارگذاری فشاری (۲۶۳)

غلامرضا چگنی^۱، سیدحبيب الله هاشمی فرد دهکردی^۲، محمدهادی خوش تقاضا^۳

چکیده

دانستن خواص مکانیکی ساقه گل برای طراحی سیستم های اتوماتیک فراوری گل شاخه بریده ضروری است. برای تعیین نیروی لهیدگی، انرژی لهیدگی، مدول الاستیک و مقدار تغییر شکل مجاز ساقه در فرایند انتقال و فراوری گل، ساقه گل رز بین دو صفحه موازی بارگذاری شد. آزمایشات در سه سطح سرعت (۱۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی متر بر دقیقه)، دو ناحیه از ساقه (بالای ساقه نزدیک به گل و پایین ساقه نزدیک به ریشه) و اقطار مختلف ساقه (میلی متر) انجام شد. نتایج حاکی از آن بود که کلیه پارامترهایی که در بالا اشاره شد، تاثیر معنی داری در خواص مکانیکی اندازه گیری شده داشت ($p=0.01$). مقادیر نی و انرژی لهیدگی برای نمونه ها در محدوده ۴۷,۳۵ تا ۱۱۳,۱۵ تن و ۲۹,۵۴ تا ۱۰۴,۵۷ میلی ژول بود. مقدار مدول الاستیسیته برای نمونه های مختلف از ۳۰,۰۵ تا ۱۳۴,۵ مگاپاسکال تعیین شد. نمونه های ناحیه پایین بطور معنی داری دارای نیرو، انرژی لهیدگی و مدول الاستیسیته بیشتری نسبت به نمونه های ناحیه بالا بودند. با افزایش سرعت بارگذاری از ۱۰ تا ۲۰۰ میلی متر بر دقیقه، مقدار میانگین نیروی لهیدگی و انرژی بر واحد سطح به ترتیب از ۸۴,۵ به ۶۲,۴ نیوتن و از ۵۶,۱ به ۴۲,۳ میلی ژول بر میلی متر مربع برای گروه پایین و از ۷۳,۱ به ۶۶,۸ نیوتن و از ۳۳,۷ به ۲۰,۸ میلی ژول بر میلی متر مربع برای گروه بالا کاهش یافت.

کلیدواژه: خواص مکانیکی، گل رز، تست فشار، مدول الاستیسیته

۱- استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

پست الکترونیک: hhashemi.fard@ut.ac.ir

۳- دانشیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی

۱- مقدمه:

رزها درختچه‌هایی از خانواده گل سرخ^۱ می‌باشند. این خانواده متجاوز از ۲۰۰ گونه و حدود ۱۰۰ جنس را دربرمی‌گیرد. گل رز درختچه‌ای دارای شاخه‌های گل دهنده تیغ دار، استوانه‌ای شکل، بدون شیار و دارای برگهای مرکب شانه‌ای که دارای ۳-۵ برگچه متقابل دنداندار می‌باشد. گلها به شکل قرمز خوشرنگ با ۳۲ گلبرگ مشابه و یکدست هستند، گل رز در آب و هوای سرد کوهستانی می‌روید، ارتفاع بوته آن بین ۵۰ تا ۱۵۰ سانتی متر است و در خاک رس شنی پرورش داده می‌شود [۱۴]. از گل رز علاوه بر استفاده تزئینی، به منظور تهیه افزودنی‌های غذایی، خوشبو کننده‌ها و وغن‌های بهداشتی نیز استفاده می‌کنند [۲]. سطح زیر کشت گل و گیاهان زینتی در ایران در سال ۱۳۸۵ حدود ۱۱۴۰۰ هکتار بوده است که قسمت اعظم آن به گل رز اختصاص داده شده است [۱]. ایران یکی از بزرگترین تولیدکنندگان گل رز در جهان است و سالانه بیش از ۶۰ میلیون دلار از صادرات رز عاید کشور می‌شود [۱]. گل رز طی مراحل فراوری دچار افت کیفیت می‌شود و یکی از دلایل آن نبود ماشین‌آلات فراوری گل است. یکی از مهمترین پارامترها برای طراحی سیستمهای اتوماتیک فراوری گل شاخه بریده، تعیین مقاومت لهیدگی ساقه بمنظور محاسبه نیروهای اعمالی دستکار^۲ و طراحی سیستم مناسب جهت انتقال است.



شکل ۱: عکسهایی از گل‌های رز

در سال ۱۹۹۲ سیمونتون^۳ خواص فیزیکی، مقاومت خمشی و مقاومت لهیدگی ساقه گل شمعدانی را بررسی کرد، اوساقه را به دو ناحیه تقسیم کرد و اثر ناحیه و قطر ساقه را بر روی مقاومت خمشی و فشاری بررسی نمود. چاتوپادیا و پاندی^۴ در سال ۱۹۹۸ خواص خمشی و فشاری ساقه ذرت خوشه‌ای را تعیین کردند آنها اثر سرعت بارگذاری و درجه رسیگی را مطالعه کرده و نشان دادند که با افزایش سرعت بارگذاری از ۱۰ به ۱۰۰ میلیمتر بر دقیقه، انرژی فشاری و مقاومت لهیدگی هر دو افزایش می‌یابند. گنر^۵ و همکاران در سال ۲۰۰۳ مقاومت در برابر فشار فندق را در شرایط نیمه استاتیک بررسی کردند، آنها اثر سرعت بارگذاری، رطوبت و جهت اعمال بار را بررسی کردند. آلمار و همکاران در سال ۲۰۰۷ آزمایشات فشار و کشش را برای نمونه‌های مکعبی سیب برای شرایط مختلف انبارداری انجام دادند. هدف از این تحقیق تعیین اثر سرعت بارگذاری، مکان قرارگیری ساقه و قطر ساقه بر جابجایی، نیروی لهیدگی، انرژی لهیدگی، انرژی بر واحد سطح و مدول الاستیسیته ساقه گل رز تحت آزمایش فشار بود.

1 - Rosaceae

2 - endefactor

3 - Simonton

4 - Chattopadhyay, Pandey

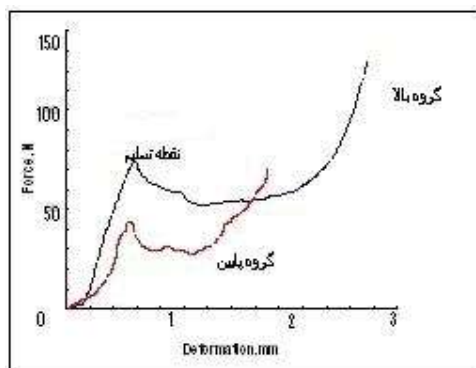
5- Gunner

۲- مواد و روشها:

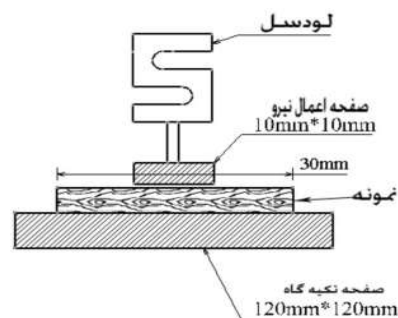
ساقه های گل رز از گلخانه آشیان سبز تهران، توسط یک چاقوی تیز از ارتفاع ۱۰ سانتیمتری سطح خاک تهیه شدند. ساقه های گل به دو ناحیه بالا و پایین تقسیم شده و از هر ناحیه تعدادی نمونه به طول ۳۰ میلیمتر [۱۲] تهیه شد. نمونه ها درون نایلون بسته بندی شده و در حالی که در محفظه عایق قرار گرفته بودند بمنظور انجام آزمایشات به آزمایشگاه خواص بیومکانیک دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شدند. برای کاهش دادن اثر خشک شدن نمونه ها، کلیه تستها هر چه سریعتر انجام شد. دستگاه تست یونیورسال اینستران با لودسل ۵۰۰ تن و رزولوشن ۰/۵ نیوتن برای اندازه گیری نیروی فشاری ساقه گل رز استفاده شد.

مقاومت لهیدگی:

وسیله ای شامل دو صفحه موازی (شکل ۲) به گونه ای که ابعاد صفحات از قطر بزرگترین نمونه، بزرگتر باشد استفاده شد. نمونه ها بر روی صفحه آلومینیومی بگونه ای قرار گرفتند که صفحه کوچکتر (که به فک متحرک متصل است) بتواند بر روی نمونه به صورت متقارن نیرو اعمال کند. صفحه پایینی مربعی به ابعاد ۱۲۰ میلیمتر بود که بر روی میز اینسترون قرار گرفت و صفحه بالایی مربعی به ضلع ۱۰ میلیمتر که برای اعمال نیرو به فک متحرک دستگاه اینسترون متصل شد. این ساختار اجازه می دهد تا نیروی اعمال شده بر روی مرکز نمونه تمرکز بیشتری داشته باشد و همچنین بتواند نیروهای اندافکتور را در سیستم های حمل و نقل مکانیکی بهتر شبیه سازی کند. داده های نیرو و جابجایی تا هنگام شکست توسط کامپیوتر ثبت و نمودار آن (شکل ۳) ترسیم شده و در کامپیوتر ذخیره می گردد.



شکل ۳: منحنی نیرو-جابجایی برای تست مقاومت به لهیدگی ساقه گل رز



شکل ۲: شماتیک ابزار تست مقاومت لهیدگی

رفتار مکانیکی ساقه توسط نیرو و انرژی لهیدگی، مقدار جابجایی و مدول الاستیسیته بیان می شود. برای هر آزمایش سه تکرار و در هر تکرار ۱۰ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. مقادیر نیرو، انرژی و تغییر شکل از منحنی های فشار بدست آمد. انرژی لهیدگی از محاسبه سطح زیر منحنی نمودار مذکور، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$E_a = \int F \cdot dx = n \cdot f \quad \text{رابطه (۱)}$$

که E_a انرژی مصرفی برای شکست (میلی ژول)، F نیروی فشاری (نیوتن)، X جابجایی فک متحرک دستگاه (میلی متر) و n تعداد المان های زیر نمودار نیرو-تغییر شکل است.

برای محاسبه مدول الاستیسیته مماسی از شیب ناحیه شبه الاستیک^۱ منحنی نیرو-جابجایی [۱۱] استفاده شد. برای محاسبه مدول مماسی از رابطه زیر استفاده می شود:

$$\tau = f/d \quad \text{رابطه (۲)}$$

1 - pseudo-elastic

که مقادیر (f, d) از نقطه کجی برای تست لهیدگی قرائت شدند (نین ۱۹۸۰، صفحه ۲۰۵). نیرو و جابجایی تسلیم در نقطه کجی^۱ نمودار مطابق استاندارد (ASAE.S368.1) روی نمودار بدست آمد.

۳- بحث و نتیجه‌گیری:

جدول ذیل دامنه تغییرات قطر ساقه و همچنین محتوی رطوبتی نمونه‌ها برای دو ناحیه بالا و پایین ساقه را بیان می‌کند. قطر نمونه‌هایی که از قسمت پایین انتخاب شدند بصورت معنی‌داری بزرگتر از نمونه‌های ناحیه بالای ساقه بود، در عوض رطوبت نمونه‌هایی که از قسمت پایین انتخاب شدند کمتر از نمونه‌های ناحیه بالای ساقه بود. نتایج ارائه شده در جدول ۱ مشابه نتایج ارائه شده توسط سیمنتون (۱۹۹۲) است.

جدول ۱: خلاصه نتایج خصوصیات فیزیکی ساقه گل داودی

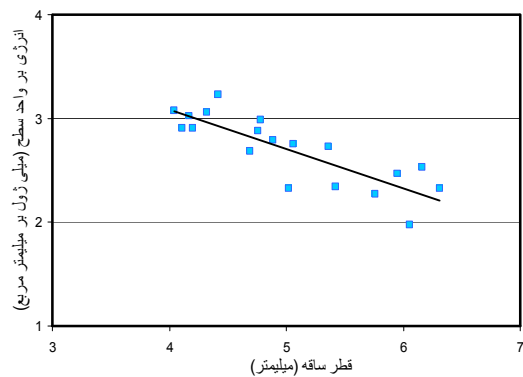
میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
گروه: بالا			
محتوی رطوبتی (%)	80.6	83.4	0.761
قطر (میلیمتر)	4.91	6.12	0.561
گروه: پایین			
محتوی رطوبتی (%)	62.3	66.1	1.21
قطر (میلیمتر)	4.71	8.96	1.215

***: در سطح ۰,۰۵ معنی‌دار **: در سطح ۰,۰۱ معنی‌دار

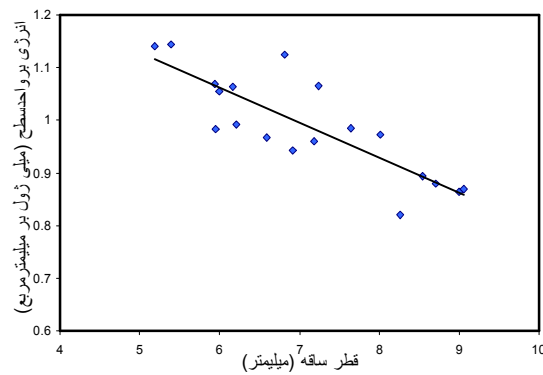
نتایج حاصل از مقایسه دو ناحیه ساقه تحت اثر نیروی فشاری در سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه برای قطرهای مختلف در نمودارهای ۵ تا ۸ آمده است. نیرو و انرژی لهیدگی با افزایش قطر ساقه، هر دو افزایش می‌یابند ولی مقدار انرژی بر واحد سطح کاهش می‌یابد. محدوده تغییرات نیرو و انرژی لهیدگی بترتیب بین ۶۶ تا ۱۱۳,۲۵ تن و ۲۹,۵۴ تا ۵۷,۱۴ مگاژول برای نمونه‌های پایین ساقه و بین ۴۷,۳۵ تا ۱۰۳,۵۴ یوتن و ۳۶,۱۸ تا ۱۰۴,۵۷ مگاژول برای نمونه‌های بالای ساقه بود. نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲) و آزمون دانکن نشان داد که نیروی لهیدگی نمونه‌های پایین ساقه بصورت معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ بزرگتر از نمونه‌های بالای ساقه بود، همچنین انرژی بر واحد سطح برای نمونه‌های بالای ساقه در سطح ۰/۰۱ بیشتر از نمونه‌های پایین ساقه بود. طبق مطالعات گذشته تفاوت قابل توجهی بین قسمت جوان ساقه در مقایسه با قسمت مسن آن وجود دارد (گروسمن^۲، ۱۹۸۲). قسمت پایین ساقه بدلیل اینکه از قسمت بالای ساقه مسن‌تر است دارای حلقه‌های کامل شده بافته‌های آوندی هستند در حالی که در قسمت بالای ساقه این بافتها بصورت جدا از همدیگر بوده و بهم پیوسته نیستند و این موضوع ممکن است یکی از دلایلی باشد که باعث شده نیرو و انرژی لهیدگی برای دو ناحیه ساقه متفاوت باشد.

1 - inflection

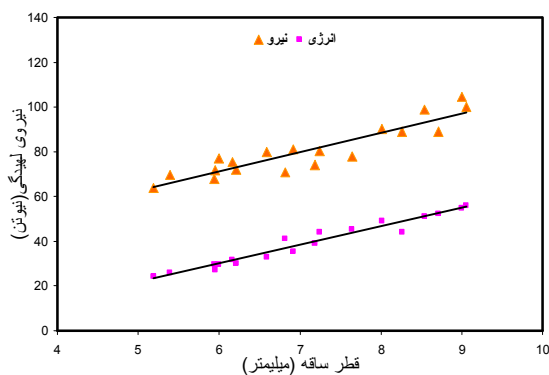
2 - Grossman



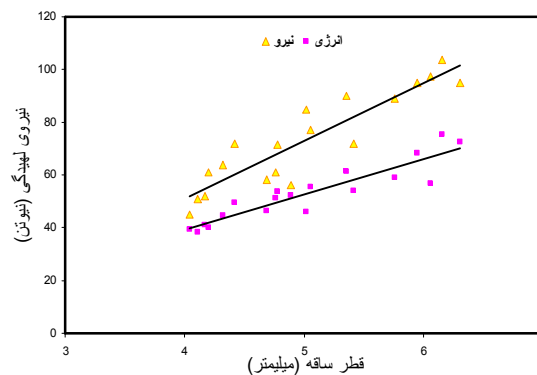
شکل ۶: اثر قطر ساقه بر روی انرژی در واحد سطح برای نمونه-های تهیه شده از قسمت بالای ساقه تحت اثر نیروی فشاری در سرعت ۱۰ میلی متر بر دقیقه



شکل ۵: اثر قطر ساقه بر روی انرژی در واحد سطح برای نمونه-های تهیه شده از قسمت پایین ساقه تحت اثر نیروی فشاری در سرعت ۱۰ میلی متر بر دقیقه



شکل ۸: اثر قطر ساقه بر روی نیرو و انرژی لهیدگی برای نمونه-های تهیه شده از قسمت بالای ساقه تحت اثر نیروی فشاری در سرعت ۱۰ میلی متر بر دقیقه



شکل ۷: اثر قطر ساقه بر روی نیرو و انرژی لهیدگی برای نمونه-های تهیه شده از قسمت پایین ساقه تحت اثر نیروی فشاری در سرعت ۱۰ میلی متر بر دقیقه

جدول ۲: آنالیز واریانس اثر مکان نمونه و سرعت بارگذاری بر روی نیروی لهیدگی و روی انرژی لهیدگی بر واحد سطح

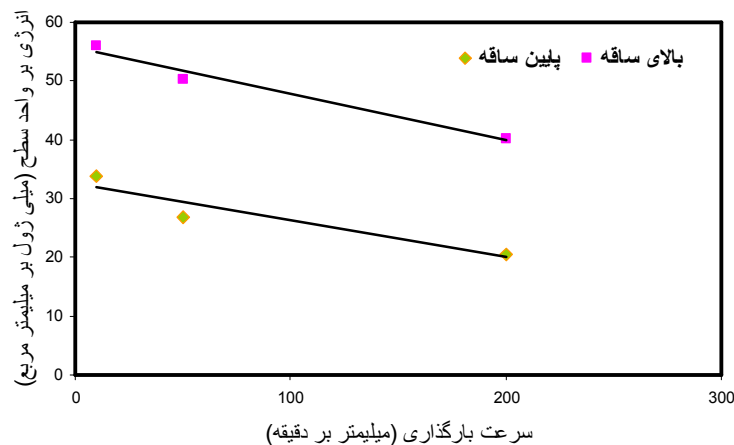
منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	<i>F value</i>	سطح احتمال
نیروی لهیدگی					
تیمار	۵	۷۰۱,۵۲	۱۴۰,۳۱	۳۱,۳۳	۰/۰۰۰۱
مکان (p)	۱	۴۹۱,۷۳	۴۹۱,۷۳	۲,۲۹	۰/۱۳۹۴
سرعت (v)	۲	۵۳۷,۵۱	۲۶۸,۷۵	۶۰,۰۱	۰/۰۰۰۱
(v * p)	۲	۹۵,۶۲	۴۸,۸۱	۱۰,۶۸	۰/۰۰۲
خطا	۱۲	۵۳,۷۵	۴,۴۸		
انرژی لهیدگی بر واحد سطح					
تیمار	۵	۲۷۷۲,۶	۵۵۴,۵۲	۲۱۸,۰۱	۰/۰۰۰۱
مکان (p)	۱	۲۱۵۱,۱۳	۲۱۵۱,۱۳	۸۴۶,۰۵	۰/۰۰۰۱
سرعت (v)	۲	۶۱۲,۸۴	۳۰۶,۴۲	۱۲۰,۵۲	۰/۰۰۰۱
(v * p)	۲	۸,۶۳	۴,۳۱	۱,۷	۰/۲۲۵
خطا	۱۷	۳۰,۵۱	۲,۵۴		

تفاوت مدول الاستیسیته بین دو گروه در سطح ۰,۰۱ معنی دار شد، مدول الاستیسیته برای نمونه های گروه پایین ساقه تقریباً دو برابر گروه بالای ساقه بود. نتایجی که سیمنتون (۱۹۹۲) بدست آورد نشان می داد که مدول الاستیسیته مماسی برای نمونه های پایین ساقه تقریباً ۳۰٪ بیشتر از نمونه های بالای ساقه است. جدول شماره ۲ مقادیر میانگین، ماکزیمم، مینیمم و انحراف معیار را برای مدول الاستیسیته دو گروه نشان می دهد.

جدول ۲: اثر محل نمونه بر روی مدول الاستیسیته

انحراف معیار	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	
۷,۹۴	۶۱,۶۶	۳۰,۰۵	۴۵,۱۵	مدول الاستیسیته برای بالای ساقه (مگا پاسکال)
۱۶,۹۵	۱۳۴,۲۵	۷۸,۷۶	۱۰۰,۱۱	مدول الاستیسیته برای پایین ساقه (مگا پاسکال)

همانگونه که در شکل ۹ مشاهده می شود با افزایش سرعت، مقادیر نیرو برای هر دو گروه کاهش یافت. با افزایش سرعت اعمال فشار از ۱۰ به ۲۰۰ میلیمتر بر دقیقه، نیروی لهیدگی از ۸۴,۵ به ۶۲,۴ نیوتن برای گروه پایین و از ۷۳,۱ به ۶۶,۸ نیوتن برای گروه بالا کاهش یافت، همچنین شدت کاهش نیروی لهیدگی برای نمونه های گروه پایین بیشتر از گروه بالا بود. کاهش نیروی لهیدگی در اثر افزایش سرعت، معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج بدست آمده مشابه نتایج ارائه شده توسط پراساد و گوپتا^۱ برای ساقه ذرت بود. کاهش نیروی لهیدگی در اثر افزایش سرعت اعمال فشار، ممکن است بدلیل رفتار ویسکوالاستیک ساقه باشد. در سرعت پایین نیروی اعمال شده بین سلولها و سیال موجود تقسیم می شود در حالی که در سرعت های بالاتر، سلولهای گیاهی زمان کافی برای انتقال نیرو به سیال را ندارند و شکست زودتر رخ می دهد.



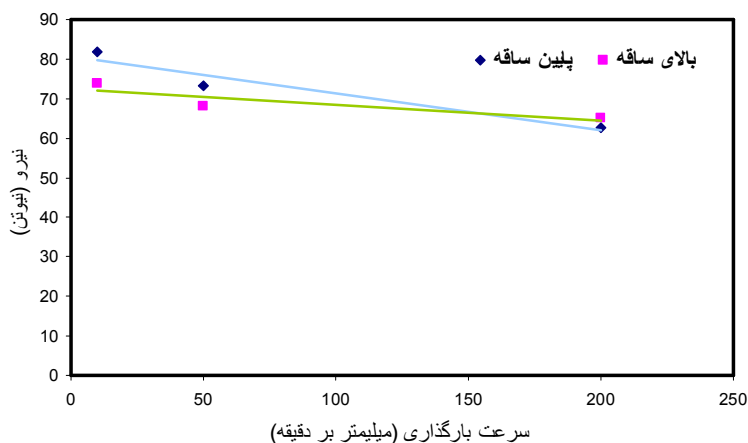
شکل ۹: اثر سرعت بارگذاری بر روی نیروی لهیدگی برای ساقه گل زر

همانگونه که در شکل ۱۰ مشاهده می شود با افزایش سرعت، انرژی لهیدگی در واحد سطح کاهش می یابد. با افزایش سرعت از ۱۰ به ۲۰۰ میلیمتر بر دقیقه، انرژی لهیدگی از ۵۹,۲ به ۴۱,۳ برای ناحیه بالای ساقه و از ۳۴,۲ به ۲۰,۴ میلی ژول بر میلیمتر مربع برای ناحیه پایین ساقه کاهش یافت. نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲) نشان داد که سرعت بارگذاری اثر معنی داری بر روی انرژی بر واحد سطح دارد. با توجه به نتایج آزمون دانکن، میانگین انرژی بر واحد سطح در سرعت های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلیمتر بر دقیقه ۴۴,۷۴۷، ۳۸,۱۸۱ و ۳۰,۴۷۱ میلی ژول بر میلیمتر مربع بود که در سه گروه مجزا قرار گرفتند. زبرا^۱ (۱۹۹۷) گزارش کرد که مواد کشاورزی در قسمت اول منحنی نیرو-جابجایی رفتار الاستیک از خود نشان می دهند ولی با افزایش سرعت، رفتارشان به ویسکوالاستیک تبدیل

1 - Prasad and Gupta

2 - Zebra

می شود. بنابراین هنگامی که ناحیه الاستیک بزرگتر شود، خواص ماده وابسته به زمان شده و اثر سرعت بارگذاری بیشتر می شود [۱۱].



شکل ۱۰: اثر سرعت بارگذاری بر رروی انرژی بر واحد سطح برای ساقه گل رز

۴- سپاسگزاری:

مولفان از دانشگاه تهران برای فراهم کردن کلیه امکانات مورد نیاز در این تحقیق و از آقای مهندس رضایی کیا بخاطر انجام تستهای مکانیکی با دستگاه اینسترون صمیمانه تشکر می کنند.

۵- منابع:

- ۱- خبرگزاری جمهوری اسلامی، شنبه ۱۰/۶/۱۳۸۶.
- ۲- گورابچری. محسن، ۱۳۸۳، جایگاه صنعت گل و گیاهان زینتی در اقتصاد ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.
- 3- Alamar. M.C, Vanstreels. E, Oey. M.L, Molto. E, Nicolai. 2008. mechanical behaviour of apple tissue in tensile and Compression tests. Journal of Food Engineering 86 324–333.
- 4- Braga. G. C, Couto. S.M, Hara. T, NetoJTPA .1999. Mechanical behaviour of macadamianut under compression loading. Journal of Agricultural Engineering Research, 72, 239–245
- 5- Chattopadhyay, P. S., K. P. Pandey. 1998. Mechanical Properties of Sorghum Stalk in relation to Quasi-static Deformation. Journal of Agricultural Engineering Research. 73, 199-206.
- 6- Guuner.M, Dursun.E, Dursun. G. 2003. Mechanical Behaviour of Hazelnut under Compression Loading. Biosystems Engineering 2003 85(4),485–491.
- 7- McRandal, D. M and McNulty, P. B. 1980. Mechanical and physical properties of grasses. Trans of the ASAE, 23(2), 816–821.
- 8- Mohsenin, N. N. and H. Goehlich. 1962. Techniques for determination of mechanical properties of fruits and vegetables as related to design and development of harvesting and processing machinery. Journal of Agricultural Engineering Research, 7:300.
- 9- Mohsenin, N. N. 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York: Gordon and Breach Publishers.
- 10- Prasada, J. and Gupta. C. P. 1975. Mechanical properties of maize stem as related to harvesting. Journal of agriculture Engineer Research. 20: 79-87.



- 11- Saiedirad. M, Tabatabaeefar. A, Borghei. A, Mirsalehi. M, Badii.F, Ghasemi. M. 2007. Effects of moisture content, seed size, loading rate and seed orientation on force and energy required for fracturing cumin seed (*Cuminum cyminum* Linn.) under quasi-static loading, *Journal of Food Engineering* 86 565–572.
- 12- Simonton, W. 1992. Physical properties of zonal geranium cuttings. *Trans of the ASAE*. 35(6), 1899-1904.
- 13- Singh, K. N., and T. H. Burkhardt. 1974. Rice plant properties in relation to loading. *Trans. of the ASAE*. 27(6): 1169-1172.
- 14- www.modiriran.ir/modules/news/article



Mechanical behavior of rose flower stem under Compression Loading

S. H. Hashemi Fard¹, GH. R. Chegini¹, M. H. Khoshtaghaza², M. H. Kianmehr¹.

1- Department of Farm Machinery Engineering, Tehran Univ.

2- Department of Farm Machinery Engineering Tarbiat modarres univ.

Corresponding author: S. H. Hashemifard, Dept. of Farm Machinery Engineering, College of Agriculture, Tehran University,
Email: hhashemifard@ut.ac.ir
Tel: +98-913-2840398

Abstract

Knowledge of floriculture mechanical properties is necessary for automation and process machine design. Stalk of roses (*Rosa hybrids.*) were loaded between two parallel plates to determine the bioyield force, specific compression energy and modulus of elasticity. The tests were carried out at tree deformation rates of 10, 50 and 200 mm/min, two locations: near the growth tip and near the root internode and different diameters for rose stalk.

The results showed that all the mentioned above parameters had significant effect on the measured mechanical properties ($P = 0.01$). The variation range of bioyield force and specific compression energy were 47.35 to 135.15 and 29.54 To 104.57, respectively. The average value of elasticity Modulus were 45.15 for near the root internode specimen and 100.11 for near the growth tip specimens. With increasing the loading velocity, from 10 to 200 mm/min, the mean values of force and energy were decreased from 84.5 to 62.4 N and from 56.1 to 42.3 mj/mm² for near the root internode and decreased from 73.1 to 66.8 N and from 33.7.1 to 20.8 mj/mm² for near the growth tip, respectively.

Keywords: Mechanical properties, rose flower, compression test, modulus of elasticity.