تاثیرات رطوبت ساقه ، ناحیه ارتفاعی و سرعت بارگذاری بر استحکام کششی ساقه نخود رقم هاشم

فیض الله شهبازی[1*]، امین طاهری گراوند[1]، فرزاد امیریان[2]

۱- عضو هئیت علمی گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه لرستان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه لرستان

* ایمیل نویسنده مسئول:shahbazi.f@lu.ac.ir

چکیده

بررسی و تعیین برخی خواص فیزیکی و مکانیکی ساقه محصولات کشاورزی از جمله پارامترهای مهم، در طراحی ماشین‌های برداشت است. هدف از این تحقیق، محاسبه استحکام (تنش) کششی ساقه نخود رقم هاشم به صورت تابعی از رطوبت ساقه (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵٪ بر پایه تر)، ناحیه ارتفاعی ساقه (میانی و فوقانی) و سرعت بارگذاری (۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه) بود. نتایج بدست آمده نشان داد که میانگین تنش کششی ساقه ها در شرایط مختلف آزمون برابر۲۱/۶۰ مگاپاسکال بود که از ۳۷/۱۹ تا۱۰/۷۲ مگاپاسکال متغیر بود. تنش کششی با افزایش سطح رطوبت ساقه و حرکت از ناحیه میانی به سمت ناحیه فوقانی کاهش یافته بود. با افزایش سطح رطوبت از ۱۰ به ۲۵٪، تنش کششی ساقه ها از ۴۱/۵۴ تا ۱۵/۴۹ مگاپاسکال و از ۳۲/۸۴ تا ۵/۹۵ مگاپاسکال به ترتیب در نواحی میانی و فوقانی کاهش یافته بود. تنش کششی با افزایش سرعت بارگذاری در هر دو ناحیه ارتفاعی افزایش یافته بود. با افزایش سرعت بارگذاری از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه، به ترتیب برای ناحیه میانی و فوقانی تنش کششی از۲۳/۱۸تا ۳۲/۰۳ و از ۱۲/۸۹تا ۲۲/۷۷ مگاپاسکال افزایش یافته بود.

واژه‌های کلیدی: تنش کششی، رطوبت ساقه، ساقه نخود، سرعت بارگذاری، ناحیه ارتفاعی ساقه

مقدمه

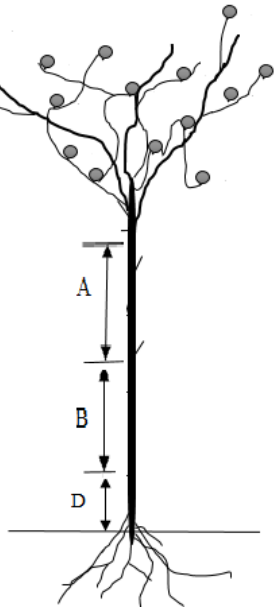
نخود (*Cicerarietinum L.*)، با آب و هوای گرم مناطق نیمه خشک به خوبی سازگار است. این گیاه در کلیه کشورهای مدیترانه‌ای و همچنین کشورهایی که دارای اقلیم‌های مشابه آن هستند، در سطح نسبتاً وسیعی کشت می شود. از آسیای صغیر تا ایران، کشت نخود، عملاً به طور ممتد صورت می‌گیرد. نخود نه تنها دمای بالا بلکه دمای پایین را نیز به خوبی تحمل می‌کند. جوانه زنی بذرهای آن در دمای ۲ تا ۵ درجه سانتیگراد آغاز می‌شود و شاخ و برگ آن تا دمای ۸- الی ۱۱- درجه سانتیگراد را تحمل می‌کند. دمای مطلوب برای رشد آن ۲۰ تا۳۰ درجه سانتیگراد است. این گیاه در طی گلدهی نیاز به دمایی معتدل دارد و هوای داغ و تنش خشکی باعث کاهش عملکرد آن می‌شود (Cochki, 1996). اطلاعات موجود در زمینه خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی برای طراحی مناسب و استفاده بهینه از ماشین‌های برداشت بسیار مهم و ضروری می‌باشد (Ince *et al*., 2005). در اکثر عملیات برداشت در ماشین‌های کشاورزی مانند کمباین، موور، چاپر و بیلر ساقه محصول بریده می‌شود، بنابراین اطلاعات در مورد پارامترهای مربوط به خواص فیزیکی و مکانیکی ساقه محصولات کشاورزی بسیار مهم است (Ince *et al*., 2005). در مطالعه‌ای استحکام برشی شش واریته کاه گندم مورد بررسی قرار گرفته و محدوده این خاصیت مکانیکی را ۵/۴ تا ۸/۵ مگاپاسکال گزارش شده است (O,Dogherty *et al*., 1995). همپنین مطالعه دیگری در این مورد مقدار استحکام برشی کاه گندم در محدوده ۸/۶ تا ۱۳ مگاپاسکال، با قدری وابستگی به مقدار رطوبت گزارش شده است (Kushaha *et al*., 1983). مطالعه انجام گرفته در مورد اندازه گیری تنش برشی خمشی ساقه گلرنگنشان داده است که با افزایش رطوبت ساقه، تنش برشی و انرژی برشی افزایش یافته اما تنش خمشی حالت کاهشی داشته است. همچنین طبق نتایج گزارش شده، تنش برشی و انرژی برشی ساقه در ناحیه تحتانی بیش‌تر از ناحیه میانی و فوقانی بوده است (Shahbazi *et al*., 2011).

رفتار خمشی ساقه گیاهانی که دارای ساقه به شکل دایره توخالی هستند، بر اثر اعمال بار مورد مطالعه قرار گرفته و گزارش شده است که در ساقه هایی که به شکل بالا هستند هنگامی که تحت بار خمشی قرار می‌گیرند و فاز پیاپی اتفاق می‌افتد. در فاز اول سطح مقطع دایره‌ای ساقه به بیضی تغیر شکل داده و در فاز دوم ساقه بر اثر بار اعمال شده دچار خمیدگی می‌شود. همپنین نتایج نشان داده‌است که نیروی خمشی در فاز اول تا زمانی که فاز دوم (خمیدگی ساقه) اتفاق بیفتد، ثابت است (Lebicq *et al*., 2015).

طبق بررسی هایی که انجام گرفت گزارش کمی در مورد خواص مربوز به تنش کششی ساقه نخود در دسترس است. هدف از این مطالعه اندازه‌گیری تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم در سطوح مختلف رطوبت و ناحیه ارتفاعی میانی و فوقانی ساقه و در سرعت های مختلف بار گذاری بود.

مواد و روش‌ها

نمونه ساقه‌های مورد نیاز برای تحقیق از یک مزرعه نخود کشت شده در مرکز تحقیقات دیم استان کرمانشاه به صورت تصادفی انتخاب و برداشت شدند. برداشت محصول نخود بسته به شرایط آب و هوایی معمولا در تیر ماه انجام می‌گیرد. نمونه برداری زمانی که دانه‌ها کاملا رسیده و آماده برداشت بودند صورت گرفت. در این مرحله سفتی دانه طوری است که دانه زیر دندان له می‌شود نه اینکه بشکند. در نمونه برداری سعی شد که از ساقه‌هایی استفاده گردد که از لحاظ شکل ظاهری (قطر ساقه و ناحیه ارتفاعی) تقریبا نزدیک به هم باشند. . قطر ساقه‌های نخود به‌طرف نقاط ارتفاعی بالاتر گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین ساقه‌ها به دو ناحیه ارتفاعی مساوی(A و B) ترتیب ناحیه فوقانی و میانی تقسیم بندی شدند. همچنین ناحیه تحتانی محدوده ریشه (D) طوقه که در داخل خاک باقی می‌ماند به طول پنج سانی متر از ساقه ها جدا و آزمایش‌ها به‌طور جداگانه بر روی نواحی میانی و فوقانی انجام گرفت زیرا هنگام برداشت محصول نخود بیشتر این نواحی تحت برش قرار می گیرند (شکل ۱).



شکل ۱. شماتیک ساقه نخود و تقسیم بندی قسمت های آن.

رطوبت ساقه ها بر پایه تر بـا استفاده از استاندارد ASABE، در درجه حرارت۱۰۳درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت با استفاده از آون (اجاق الکتریکی)، به دست آمد. برای اندازه‌گیری رطوبت در هر مرحله ۱۰ نمونه ساقه استفاده شد. با توجه به این که رطوبت اولیه ساقه ها ۶/۸۲ درصد بود، برای رسیدن به سطوح بالاتر رطوبت و بررسی اثر رطوبت بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی ساقه ها از مرطوب کردن ساقه ها استفاده شد. برای انجام آزمایش‌های مربوط به اندازه گیری استحکام کششی ساقه از دستگاه تست کشش–فشار ساخت شرکت سنتام تهران– ایران استفاده شد. به دلیل طبیعت شکننده ساقه‌ی محصولات کشاورزی، اندازه‌گیری

استحکام کششی آنها کار مشکلی می‌باشد. هنگام قرار گرفتن ساقه در گیره دو انتهای نمونه دچار گسیختگی شده که این امر باعث ایجاد خطا در آزمایش می‌شود. بر این اساس، دو گیره مطابق شکل ۲ طراحی و ساخته شد. نمونه ساقه درون یک لوله ژله‌ای سخت همراه با کاغذ سنباده جهت ایجاد اصطکاک بین ساقه و لوله قرار می‌گرفت (شکل ۲). گیره‌ها تا زمانی که کاملا ساقه را گرفته، اما تغییر شکلی در آن ایجاد نکرده به همدیگر نزدیک می‌شدند (شکل ۲). نمونه، بعد از قرار داده شدن بین گیره‌ها با استفاده از دستگاه تست کشش – فشار تحت کشش قرار می‌گرفت و با استفاده از نرم افزار دستگاه دستگاه تست کشش – فشار، نمودار نیرو تغییر شکل برای نمونه‌های کشیده شده رسم و از روی نمودار، میزان استحکام (مقاومت) کششی محاسبه گردید (در نقطه گسیختگی ساقه). برای اندازه‌گیری استحکام کششی ساقه از سه سرعت بارگذاری ۵ ، ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه متداولترین سرعتی است که در عمل هنگام برداشت اکثر محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sahbazi *et al*., 2011). لذا برای بررسی اثر سرعت یک سرعت کمتر از آن (۵ میلی‌متر بر دقیقه) و یک سرعت بالاتر از آن (۲۰ میلی‌متر بر دقیقه) در نظرگرفته شد.

تنش کششی یا استحکام کششی نهایی نمونه‌ها از معادله زیر محاسبه شد:

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} \qquad (۱)$$

در این رابطه:

σ_t: تنش گسیختگی کششی (MPa).

F_t : نیروی کششی در هنگام گسیختگی (N).

A: سطح مقطع نمونه ساقه در نقطهٔ گسیختگی (mm^{-2}).

شکل ۲ دستگاه اندازه‌گیری استحکام کششی ساقه و لوله ژله‌ای و نحوه قرارگیری ساقه و کاغذ سنباده در آن.

در این تحقیق تأثیرات سطح رطوبت و نواحی ارتفاعی ساقه و سرعت بارگذاری بر تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم بررسی شد. اثر پارامترهای مذکور به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار بر روی نمونه ساقه‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. متغیرهای مستقل شامل سطح رطوبت (در چهار سطح: ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ درصد) و نواحی ارتفاعی (در دو سطح شامل: ناحیه وسط و بالایی ساقه) و سرعت بارگذاری (شامل: ۵ ، ۱۰ و ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه) بودند. متغیر وابسته تنش کششی ساقه بود. اطلاعات بدست آمده با استفاده از نرم افزار Spss تجزیه و تحلیل گردید و نمودارها در نرم افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

متوسط قطر ساقه‌های مورد مطالعه در این تحقیق، به ترتیب در ناحیه میانی و فوقانی برابر ۲/۵۸ و ۱/۸۴میلی‌متر در سطوح رطوبت مختلف ساقه بود. میانگین تنش کششی ساقه‌های نخود در شرایط مختلف آزمایش برابر۲۱/۶۰ مگاپاسکال بدست آمد که مقدار آن از ۲۶/۳۲ مگاپاسکال در ناحیه میانی تا ۱۶/۸۷ مگاپاسکال در ناحیه فوقانی متغیر بود. نتایج بدست آمده نشان داد که رطوبت ساقه، ناحیه ارتفاعی و سرعت بارگذاری بر تنش کششی تاثیر معنی‌دار داشته است. جدول ۱ نتایج آنالیز واریانس داده‌ها را نشان می‌دهد. نتایج این جدول نشان می‌دهند که رطوبت ساقه، ناحیه ارتفاعی و سرعت بارگذاری بر تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم در سطح احتمال ۱٪ اثر معنی‌دار داشته اند ($p<0.01$). بر اساس آنالیز آماری، اثر متقابل سطح رطوبت در ناحیه ارتفاعی، و ناحیه ارتفاعی در سرعت بارگذاری بر تنش کششی تاثیر معنی‌دار نداشته است. همچنین اثر متقابل سطح رطوبت در سرعت بارگذاری تاثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪داشته است. اثر متقابل رطوبت در سرعت بارگذاری و ناحیه ارتفاعی در سطح احتمال ۵٪ اثر معنی‌دار داشته‌اند.

جدول۱: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم

متغیر مستقل	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
رطوبت (M)	۳	۲۲۴۹/۱۳	۱۳۴/۹۸**
ناحیه ارتفاعی(R)	۱	۱۶۰۵/۷۹	۹۶/۳۷**
M×R	۳	۱۷/۰۵	۱/۰۲^{ns}
سرعت بارگذاری (S)	۲	۶۱۶/۳۹	۳۶/۹۹**
M×S	۶	۶۲/۷۴	۳/۷۶**
R×S	۲	۳/۵۲	۰/۲۱^{ns}
M×R×S			

خطا	۶	۴۱/۴۹	۲/۴۹*
	۴۸	۱۶/۶۶	

**: معنی‌دار در سطح ۱٪؛ *: معنی‌دار در سطح ۵٪ ؛ ns : معنی‌دار نیست

نتایج آزمون چند دامنه ای دانکن برای مقایسه میانگین مقدار تنش کششی ساقه نخود در سطوح مختلف رطوبت ساقه و سرعت بارگذاری در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به داده های جدول فوق مشاهده می شود که با افزایش رطوبت ساقه نخود مقدار تنش کششی کاهش یافته است. نتایج مشابه‌ای در این مورد برای ساقه گندم (Annoussamy *et al*., 2000)، ساقه یونجه (Nazari Galedar *et al*., 2009) و برای ساقه گلرنگ (Shahbazi *et al*., 2011) گزارش شده است . با افزایش سطح رطوبت ساقه از ۱۰ به ۲۵ درصد تنش کششی از ۳۷/۱۹ به ۱۰/ ۷۲ مگاپاسکال کاهش یافته است. در جدول ۲ طبق نتایج آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تنش کششی در رطوبت ۱۵ درصد با ۲۰ درصد در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار نداشته است. رطوبت ۱۰ درصد در سطح احتمال ۱٪ با سطح رطوبت‌های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشته است. سطح رطوبت ۲۰ درصد نیز با رطوبت ۲۵ درصد در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دارداشته است (جدول ۲). تنش کششی در ناحیه فوقانی کمتر از ناحیه میانی بدست آمده است (جدول ۲). تنش کششی در ناحیه میانی ساقه نخود رقم هاشم از ۴۱/۵۴ تا ۱۵/۴۹ مگاپاسکال به ترتیب در سطح رطوبت ۱۰ و ۲۵ درصد متغیر بوده است. نتایج مشابهی در مورد اثر ناحیه ارتفاعی ساقه بر تنش کششی برای ساقه یونجه گزارش شده است (Nazari Galedar *et al*., 2009). میانگین تنش کششی در ناحیه میانی و فوقانی به ترتیب برابر با ۲۶/۳۲ و ۱۶/۸۷ گاپاسکال بدست آمده است (جدول ۲).

طبق نتایج بدست آمده با افزایش سرعت بارگذاری تنش کششی ساقه نخود افزایش یافته است (جدول ۲). نتایج مشابه‌ای در این مورد در باره اثر سرعت بارگذاری بر روی تنش کششی برای ساقه یونجه (Nazari Galedar *et al*., 2009) و برای ساقه گلرنگ(Shahbazi *et al*., 2011) گزارش شده است. میانگین تنش کششی از ۱۸/۰۳ به ۲۷/۴۰ مگاپاسکال با افزایش سرعت بارگذاری از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه متغیر بوده است. (جدول ۲). مطابق آزمون چند متغیره دانکن، تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم در هر کدام از سرعت‌های بارگذاری با هم اختلاف معنی دار داشته اند (جدول ۲).

جدول۲. نتایج آزمون چند متغیره دانکن برای محاسبه میانگین تنش کششی در ساقه نخود رقم هاشم

منبع تغییرات	متغییر مستقل	متغییر وابسته (تنش کششی (Mpa))

		۱۰	۳۷/۱۹a
سطح رطوبت (M)		۱۵	۲۰/۲۸b
		۲۰	۱۸/۱۹b
		۲۵	۱۰/۷۲c
		میانی	۲۶/۳۲ a
ناحیه ارتفاعی ساقه		فوقانی	۱۶/۸۷ b
		۵	۱۸/۰۳a
سرعت بارگذاری (mm/min)		۱۰	۱۹/۳۶b
		۲۰	۲۷/۴۰c

a-c: معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ ٪ سطرها بایکدیگر است.

جدول ۳ مقایسه میانگین اثر متقابل سطح رطوبت و ناحیه ارتفاعی ساقه نخود رقم هاشم بر روی تنش کششی نشان می‌دهد. در این جدول، بیش‌ترین مقدار تنش کششی ساقه ۴۱/۵۴ مگاپاسکال و در رطوبت ۱۰ درصد مربوط به ناحیه میانی و کمترین مقدار ۵/۹۵ مگاپاسکال در سطح رطوبت ۲۵ درصد مربوط به ناحیه فوقانی بوده است.

شکل ۲ رابطه بین تنش کششی و رطوبت ساقه نخود در نواحی ارتفاعی میانی و فوقانی ساقه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می شود که این خاصیت مکانیکی در هر دو ناحیه ارتفاعی ساقه با افزایش رطوبت حالت کاهشی داشته است. معادلاتی که با استفاده از آنالیز رگرسیونی بر داده های شکل بالا برازش داده شدند نشان دادند که تنش کششی در هر دو ناحیه ارتفاعی ساقه به صورت تابعی درجه دوم نزولی از درصد رطوبت ساقه است. بنابر این معادلات زیر برای رابطه بین تنش کششی و رطوبت ساقه در هر دو ناحیه ارتفاعی بدست آمدند:

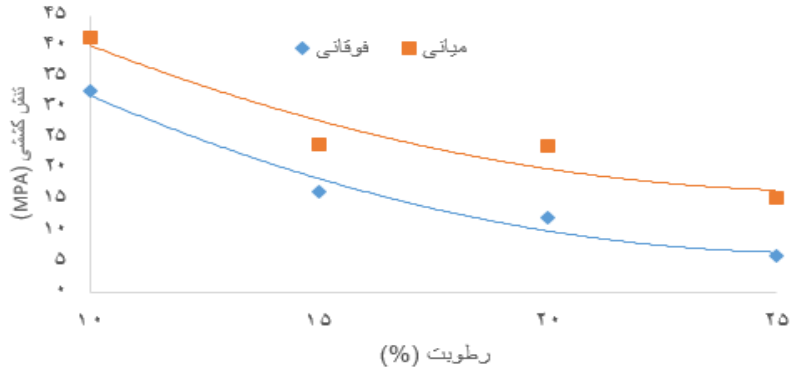
(۲) ناحیه میانی $\sigma_t = 0.0878M^2 - 4.64M + 77/89$ $R^2 = 0.99$

(۳) ناحیه فوقانی $\sigma_t = 0.1008M^2 - 5.229M + 74.36$ $R^2 = 0.97$

جدول۳ . مقایسه میانگین اثر متقابل رطوبت و ناحیه ارتفاعی بر تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم

رطوبت (٪)	تنش کششی (Mpa)	
	ناحیه ارتفاعی ساقه	
	میانی	فوقانی
۱۰	۴۱/۵۴a	۳۲/۸۴a
۱۵	۲۴/۲۳b	۱۶/۵۵b
۲۰	۲۴/۰۲b	۱۲/۱۶c
۲۵	۱۵/۴۹c	۵/۹۵d

a-d : معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ ٪ سطرها بایکدیگر است.



شکل۲. رابطه سطح رطوبت و تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم.

اثر متقابل سرعت بارگذاری و ناحیه ارتفاعی ساقه نخود رقم هاشم بر روی تنش کششی در جدول ۴ نشان داده شده است. در این جدول مقدار تنش کششی از ۱۲/۸۹ تا ۳۲/۰۳ مگاپاسکال متغیر است (جدول ۴). کمترین مقدار تنش کششی (۱۲/۸۹ مگاپاسکال) مربوط به ناحیه فوقانی با کمترین سرعت بارگذاری (۵ میلی‌متر بر دقیقه) و بیش‌ترین مقدار تنش کششی (۳۲/۰۳ مگاپاسکال) مربوط به سرعت بارگذاری ۲۰ میلی متر بر دقیقه در ناحیه میانی به‌دست آمده است. جدول ۴ نشان می‌دهد که تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم از ۲۳/۱۸تا ۳۲/۰۳ مگاپاسکال برای ناحیه میانی و از ۱۲/۸۹به۲۲/۷۷ مگاپاسکال در ناحیه فوقانی با افزایش سرعت بارگذاری از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه افزایش یافته است.

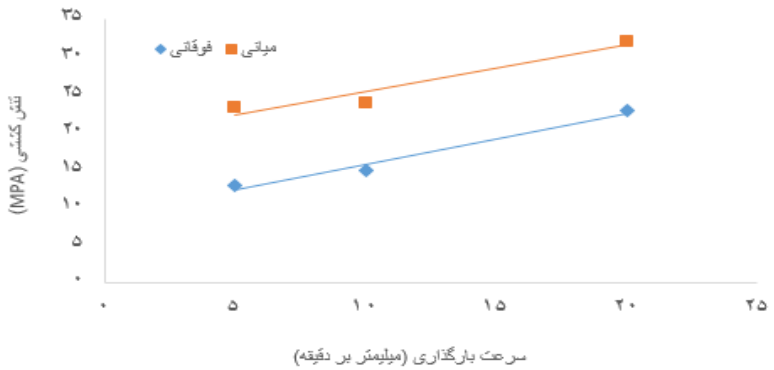
جدول۴: اثر متقابل ناحیه ارتفاعی ساقه و سرعت بارگذاری بر تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم

سرعت بارگذاری mm min^{-1}	تنش کششی (Mpa) ناحیه ارتفاعی ساقه	
	میانی	فوقانی
۵	۲۳/۱۸a	۱۲/۸۹a
۱۰	۲۳/۷۵a	۱۴/۹۶a
۲۰	۳۲/۰۳b	۲۲/۷۷b

شکل ۳ رابطه تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم با سرعت بارگذاری در هر دو ناحیه ارتفاعی ساقه را نشان می‌دهد. معادله رگرسیونی بدست آمده نشان داد که تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم با سرعت بارگذاری رابطه مستقیم و خطی داشته است. نتایج مشابه ای در این مورد برای ساقه یونجه (Nazari Galedar *et al*., 2009) و برای ساقه گلرنگ (Shahbazi *et al*., 2012) گزارش شده است. معادلات رگرسیونی رابطه بین تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم با سرعت بارگذاری (V, mm min^{-1}) در هر دو ناحیه ارتفاعی ساقه به صورت زیر بدست آمده است:

$\sigma_t = 0.624V + 19.04 \quad R^2 = 0.92$ ناحیه میانی (۴)

$\sigma_t = 0.676V + 8.985 \quad R^2 = 0.98$ ناحیه فوقانی (۵)



شکل۳ رابطه تنش کششی و سرعت بارگذاری ساقه نخود در نواحی مختلف ارتفاعی ساقه.

نتیجه گیری کلی

در این مطالعه نتایج زیر بدست آمده است: میانگین تنش کششی ساقه نخود رقم هاشم در شرایط مختلف آزمایش‌ها۲۱/۶۰ مگاپاسکال که از ۳۷/۱۹ تا ۱۰/۷۲ مگاپاسکال در سطح رطوبت ۱۰ تا ۲۵ درصد متغیر بوده است. افزایش سطح رطوبت ساقه نخود رقم هاشم باعث کاهش تنش کششی در ساقه گردیده است. تنش کششی ساقه در ناحیه میانی بیش‌تر از ناحیه فوقانی بود. میانگین تنش کششی درناحیه میانی و فوقانی به ترتیب برابر با ۲۶/۳۲ و ۱۶/۸۷ مگاپاسکال بدست آمد. تنش کششی با سرعت بارگذاری در هر دو ناحیه ارتفاعی رابطه مستقیم داشته است. تنش کششی از ۲۳/۱۸به۴۱/۵۴ مگاپاسکال و از ۱۲/۸۹به۲۲/۷۷ مگاپاسکال به ترتیب در ناحیه میانی و فوقانی با افزایش سرعت بارگذاری از ۵ به ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه افزایش یافته است.

منابع

Annoussamy, M., G. Richard, S. Recous, and J. Guerif. 2000. Change in mechanical properties of wheat straw due to decomposition and moisture. Applied Engineering in Agriculture, 16(6): 657–664.

ASABE Standards, 52nd Ed. (2006). S358.2: 1:1 measurement - forages. St. Joseph, MI: ASABE.

Cochki, E. (1996). Agriculture in arid regions. (Translation) Publications Mashhad University Jihad.

İnce, A., S. Uğurluay, E. Güzel, and M.T. Özcan. (2005). Bending and shearing characteristics of sunflower stalk residue. Biosystems Engineering, 92(2): 175–181.

Kushaha, R.L., A.S. Vashnav, and G.C. Zoerb. 1983. Shear strength of wheat straw. Canadian Agricultural Engineering, 25(2): 163–166.

Leblicq, T., Vanmaercke, S., Ramon, H., &Saeys, W. (2015). Mechanical analysis of the bending behaviour of plant stems. Biosystems Engineering, 129, 87-99

Leblicq, T., Vanmaercke, S., Ramon, H., &Saeys, W. (2015). Mechanical analysis of the bending behaviour of plant stems. Biosystems Engineering, 129, 87-99.

NazariGaledar M., Tabatabaeefar A., Jafari A., Sharifi A., O'Dogherty M.J., Rafee S., and Richard G., (2008). Effects of moisture content and level in the crop on the engineering properties of alfalfa stems. Biosystems Engineering., 101(2), 199-208

O'Dogherty, M. J., J.A. Hubert, J. Dyson and C.J. Marshall. (1995). A study of the physical and mechanical properties of wheat straw. J. Agric. Eng. Res., 62: 133–142

Shahbazi F., M. Nazari Galedar., A.Taheri-Garavand, S. Mohtasebi, 2011. Physical Properties of Safflower Stalk. International Agrophysics. 25(3): 281-286.