

## تعیین مقاومت برشی برگ و ساقه برگ درختان چنار، بید، زبان گنجشک، نارون و توت (۳۳۹)

علیرضا شیرنشان، محمدعلی قضاوی، مهرداد پورسینا<sup>۱</sup>

### چکیده

براساس مطالعه انجام شده، شهر اصفهان جزء مناطقی محسوب می شود که دارای پوشش گیاهی خزان شونده متنوعی می باشد. خزان درختان و سایر گونه های گیاهی خزان شونده بسته به نوع گیاه، معمولاً از اواسط شهریور ماه تا اواسط دی ماه بطول می انجامد. ماه آذر، بیشترین خزان و برگریزان اتفاق می افتد. از جمله درختان خزان شونده در شهر اصفهان می توان به درختان عرعر، افرا، ارغوان، پیسته، انار، صنوبر، توت، انجیر، زبان گنجشک، افاقیا، چنار، بید و... اشاره کرد. شهر اصفهان دارای فضای سبزی با مساحت ۲۷۰۰ هکتار می باشد، که بر اساس ارا و اطلاعات گرفته شده از سازمان پارکها و فضای سبز شهر اصفهان، درختان چنار، نارون، توت، زبان گنجشک و بید، درختان غالب خزان شونده در فضای سبز اصفهان می باشند که در تحقیق مورد نظر مقاومت برشی برگ و ساقه برگ، هریک از این گونه ها به عنوان یکی از خواص بیومکانیکی در گیاهان، تعیین و بررسی شده است که از نتایج بدست آمده از این مقاله می توان برای طراحی دستگاه های خردکننده، ریزکننده و مالچ کننده برگ و سایر بقایای گیاهی استفاده کرد. با توجه به اینکه در دنیا، آزمایش های مختلفی برای تعیین خواص فیزیکی برگ ها انجام شده است و یکی از مواردی که در این آزمایش ها بررسی گردیده است، تعیین میزان مقاومت برشی برگ ها می باشد، با انتخاب یکی از این آزمایش ها و شبیه سازی آن، آزمایش سانسون و همکاران در سال ۲۰۰۱، مقاومت برشی برگ ها و ساقه برگ ها تعیین گردید. طرح آزمایش مورد نظر، شامل یک تیغه بالایی (متحرک) و یک تیغه پایینی (ثابت)، دو گیره نگهدارنده برگ ها و یک تکیه گاه در یک سمت و یک ترازو می شد. دقت ترازو در حد یک دهم گرم و به یک رایانه که از طریق نرم افزار مخصوص ترازوی مورد نظر نیروی اعمال شده را ثبت می کرد، متصل بود. زاویه تیغه بالایی و ضخامت آن، بترتیب ۴۵ درجه و ۵ میلی متر در نظر گرفته شد. تیغه بالایی، دارای سرعتی تقریباً برابر با ۰/۱ میلی متر بر ثانیه، برای حرکت رو به بالا و پایین به یک الکتروموتور و یک سیستم تسمه و پولی اتصال داشت که حرکت موتور از طریق سیستم تسمه و پولی به تیغه انتقال می یافت. در آزمایش مورد نظر برگ و ساقه برگ ۵ گونه اشاره شده، به صورت یک تکه با طول و عرض بترتیب ۵ و ۳ سانتی متر برای برگ ها و ساقه های با قطر ۳ و ۵ میلی متر - بسته به نوع درخت - به وسیله تیغه بالایی دستگاه، برای هر نوع با سه بار تک بار برش داده شد که با در نظر گرفتن یک متوسط برای نتایج سه تکرار آزمایش، مقدار مقاومت برشی برای برگ توت ۲۶/۸ کیلوپاسکال، برگ چنار ۳۲/۵ کیلوپاسکال، برگ نارون ۲۱/۲ کیلوپاسکال، برگ بید ۱۵/۴ کیلوپاسکال و برگ زبان گنجشک ۲۱/۴ کیلوپاسکال و مقدار مقاومت برشی برای ساقه برگ توت ۳ مگاپاسکال، ساقه برگ چنار ۲/۱ مگاپاسکال، ساقه برگ نارون ۳/۳ مگاپاسکال، ساقه برگ بید ۱/۲ مگاپاسکال و ساقه برگ زبان گنجشک ۰/۶ مگاپاسکال بدست آمد. با بررسی نتایج مربوط به مقاومت برشی برگ و ساقه برگ، ۵ گونه اشاره شده مشاهده می شود که بیشترین مقاومت برشی برگ مربوط به درخت چنار، و کمترین مقاومت برشی برگ مربوط به درخت بید می باشد. همچنین بیشترین مقاومت برشی ساقه برگ مربوط به ساقه برگ درخت نارون و کمترین مقاومت برشی برگ مربوط به ساقه برگ درخت زبان گنجشک می باشد با توجه به آزمایشات انجام شده، می توان با تغییر سرعت تیغه و زاویه تیغه، اثر متقابل این عوامل بر مقاومت برشی برگ و ساقه برگ بررسی کرد. همچنین می توان مقاومت برشی برگ و ساقه برگ گونه های دیگر را نیز مورد ارزیابی قرار داد.

**کلیدواژه:** برگ، تیغه خردکننده، نیروی برشی، مقاومت برشی، نرم افزار آباکوس

<sup>۱</sup> - به ترتیب کارشناس ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی، استادیار مکانیک ماشین های کشاورزی و استادیار مکانیک دانشگاه شهرکرد

**مقدمه:**

براساس مطالعه انجام شده، شهر اصفهان جزء مناطقی محسوب می شود که دارای پوشش گیاهی خزان شونده متنوعی می باشد. خزان درختان و سایر گونه های گیاهی خزان شونده بسته به نوع گیاه، معمولاً از اواسط شهریور ماه تا اواسط دی ماه بطول می-انجامد. ماه آذر، بیشترین خزان و برگریزان اتفاق می افتد. از جمله درختان خزان شونده در شهر اصفهان می توان به درختان عرعر، افرا، ارغوان، پسته، انار، صنوبر، توت، انجیر، زبان گنجشک، اقاچیا، چنار، بید و... اشاره کرد [۲]. شهر اصفهان دارای فضای سبزی با مساحت ۲۷۰۰ هکتار می باشد [۱]، که بر اساس ار و اطلاعات گرفته شده از سازمان پارک ها و فضای سبز شهر اصفهان، غالب درختان کاشته شده در پارک ها و فضای سبز مناطق یازده گانه شهرداری اصفهان به صورت جدول ذیل است.

**جدول ۱. غالب درختان کاشته شده در پارک ها و فضای سبز مناطق یازده گانه شهرداری اصفهان.**

نام منطقه	نام درخت
منطقه ۱	زبان گنجشک، چنار و توت
منطقه ۲	نارون و بید
منطقه ۳	زبان گنجشک، چنار
منطقه ۴	چنار، نارون و اقاچیا
منطقه ۵	بید، توت و چنار
منطقه ۶	نارون و کاج
منطقه ۷	زبان گنجشک، کاج
منطقه ۸	وسک، کاج، توت و نارون
منطقه ۹	چنار و بید
منطقه ۱۰	توت و کاج
منطقه ۱۱	نارون و توت

با در نظر گرفتن جدول ۱، مشاهده می شود که درختان چنار، نارون، توت، زبان گنجشک و بید، درختان غالب خزان شونده در فضای سبز اصفهان می باشند که در تحقیق مورد نظر مقاومت برشی برگ و ساقه برگ<sup>۱</sup>، هریک از این گونه ها، بعنوان یکی از خواص بیومکانیکی در گیاهان، تعیین و بررسی شده است؛ از نتایج بدست آمده از این مقاله می توان برای طراحی دستگاه های خردکننده، ریزکننده و مالچ کننده برگ و سایر بقایای گیاهی استفاده کرد.

**۲- مواد و روش ها****۲-۱- آزمایش تعیین مقاومت برشی برگ**

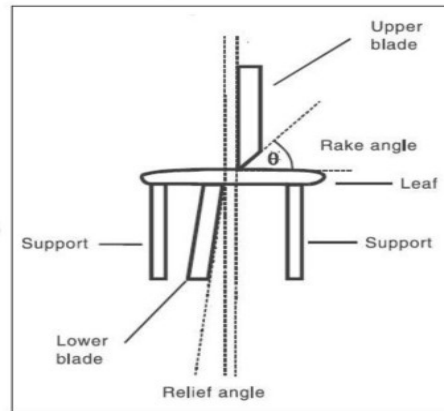
با توجه به اینکه در دنیا، آزمایش های مختلفی برای تعیین خواص فیزیکی برگ ها انجام شده است و یکی از مواردی که در این آزمایش ها بررسی گردیده است، تعیین میزان مقاومت برشی برگ ها می باشد، با انتخاب یکی از این آزمایش ها و شبیه سازی آن، مقاومت برشی برگ ها تعیین گردید.

در سال ۲۰۰۱ سانسون<sup>۲</sup> و همکاران [۳]، تعدادی آزمایش را برای تعیین خواص فیزیکی برگ درختان طراحی کردند؛ یکی از این آزمایش ها، آزمایش تعیین مقاومت برشی و انرژی برشی برگ بود. در این آزمایش مطابق با شکل ۱، برگ مورد ارزیابی بر روی دو تکیه گاه عمودی قرار می گرفت، سپس در زیر برگ یک تیغه ثابت، قرار گرفته بود. در بالای سطح برگ نیز یک تیغه متحرک تیز شده با زاویه معین (۴۵ درجه) که حرکتی در جهت بالا و پایین داشت، قرار داده شده بود. ضخامت تیغه ها ۴ میلی متر و از جنس

1- Petiole

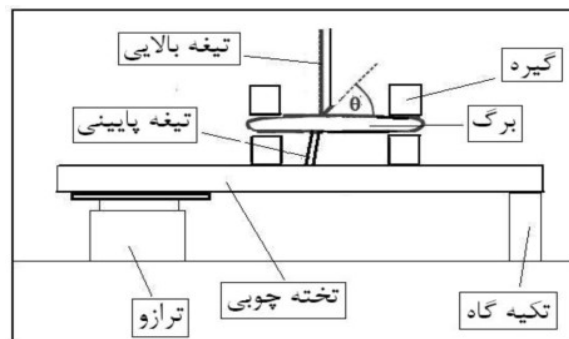
2- Sanson

فولاد بودند. تیغه متحرک بالایی به یک استرین گیج<sup>۱</sup> متصل بود که خود استرین گیج نیز به یک داده نگار متصل بود و حین حرکت به طرف پایین و با سرعت ۰/۸۴ میلیمتر بر ثانیه و انجام برش برگ، نیروی برشی برگ را ثبت می‌کرد.



شکل ۱. نمای شماتیکی از دیاگرام آزمایش انجام شده توسط سانسون و همکاران.

در آزمایشی که برای این تحقیق انجام شد، با استفاده از تجهیزات آزمایشگاه گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه شهرکرد و نظر به شبیه سازی آزمایش بالا، طرحی به صورت شکل ۲ اجرا شد. طرح شامل یک تیغه بالایی (متحرک) و یک تیغه پایینی (ثابت)، دو گیره که برگ‌ها را بطور ثابت نگه می‌داشتند و بر روی یک تخته چوبی قرار گرفته بود و یک تکیه‌گاه در یک سمت و یک ترازو که بر روی کفه آن تخته چوبی قرار گرفته بود، می‌شد. دقت ترازو در حد یک دهم گرم و به یک رایانه که از طریق نرم افزار- مخصوص ترازوی مورد نظر- نیروی اعمال شده را ثبت می‌کرد، متصل بود. زاویه تیغه بالایی و ضخامت آن، به ترتیب ۴۵ درجه و ۵ میلیمتر در نظر گرفته شد. تیغه بالایی برای حرکت رو به بالا و پایین به یک الکتروموتور و یک سیستم تسمه و پولی اتصال داشت که حرکت موتور از طریق سیستم تسمه و پولی به تیغه انتقال می‌یافت. سرعت حرکت تیغه تقریباً برابر با ۰/۱ میلیمتر بر ثانیه انتخاب گردید. لازم به توضیح اینکه یکی از مواردی که در این آزمایش در نظر گرفته شد، این بود که برگ مورد آزمایش کاملاً محکم و سفت توسط گیره‌های دو طرف نگه داشته شود تا از صرف شدن بخشی از نیروی بدست آمده در اثر خمش برگ جلوگیری شود.



شکل ۲. نمای شماتیکی از طرح آزمایش انجام شده برای تعیین مقاومت برشی برگ.

با توجه به وجود یک تعادل نیرویی بصورت شکل، نیرویی که بر روی کفه ترازو اعمال می‌شد، مبنای محاسبه نیروی برشی برگ در نظر گرفته شد که با مطابق با شکل ۳:

F1: نیروی اعمالی از کفه ترازو به تخته چوبی (برابر با نیروی اعمالی از تخته چوبی به ترازو).

F2: نیروی برشی برگ.

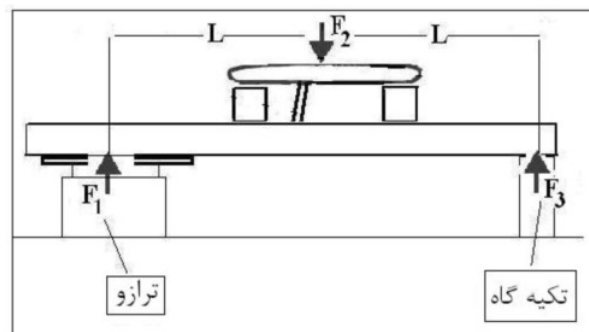
F3: نیروی اعمالی از تکیه‌گاه به تخته چوبی.

3- Strain gauge

با توجه به مساوی بودن فاصله تکیه گاه و مرکز کفه ترازو تا محل اعمال نیروی برشی برگ:

$$F_1 = F_3, \quad F_2 = 2 \cdot F_1$$

بنابراین نیروی اندازه گیری شده توسط ترازو، نصف نیروی برشی بود.



شکل ۳. نمای شماتیکی از سیستم تعادل نیرویی طرح آزمایش تعیین مقاومت برشی برگ.

شکل ۴ تصاویری از آزمایش انجام شده را نشان می دهد.



شکل ۴. تصاویری از آزمایش تعیین مقاومت برشی برگ.

در این آزمایش برگ های ۵ گونه درخت شامل توت، چنار، نارون، بد و زبان گنجشک بعنوان درختان غالب فضای سبز در شهر اصفهان، جمع آوری گردید. ابتدا ضخامت هر برگ بوسیله یک دستگاه میکرومتر اندازه گیری شد. سپس با توجه به فاصله های بین گیره ها، هر برگ مورد آزمایش، بصورت یک تکه با طول و عرض بترتیب ۵ و ۳ سانتیمتر درآورده شد، بصورتی که عرض برش برگ ۳ سانتیمتر باشد. در مرحله بعد با سفت کردن دو سمت هر تکه زیرگیره های نگه دارنده، آزمایش برش بوسیله تیغه بالایی دستگاه، برای هر نوع برگ با سه بار تکرار انجام شد. سپس مقدار نیروهای اندازه گیری شده توسط ترازو که بوسیله نرم افزار ثبت می گردید، جمع آوری گردید و پس از آن مطابق با رابطه زیر، مقدار مقاومت برشی برگ بدست آورده شد:

$$\tau = \frac{F}{b \cdot t}$$

$\tau$  : مقاومت برشی برگ (Mpa)

$F$  : نیروی برشی برگ (N)

$b$  : عرض برش برگ (mm)

$t$  : ضخامت برگ (mm)

## ۲-۲- آزمایش تعیین مقاومت برشی ساقه

در این آزمایش نیز مانند آزمایش قبلی، از همان طرح استفاده گردید؛ با این تفاوت که بجای برگ، ساقه های با قطر ۳ و ۵ میلیمتر- بسته به نوع درخت- در سه تکرار مورد آزمایش برش قرار گرفت. همچنین رابطه تعیین مقاومت برشی برگ بصورت رابطه زیر برای تعیین مقاومت برشی ساقه برگ تغییر یافت:

$$\tau = \frac{F}{\left(\frac{\pi}{4} \cdot d^2\right)}$$

$\tau$ : مقاومت برشی ساقه برگ (Mpa)

$F$ : نیروی برشی ساقه برگ (N)

$d$ : قطر ساقه برگ (mm)

شکل ۵ تصویری از آزمایش مورد نظر را نشان می دهد.



شکل تصویری از آزمایش تعیین مقاومت برشی ساقه برگ

## ۳- بحث و نتایج

### ۳-۱- تعیین مقاومت برشی برگ

پس از آزمایش تعیین مقاومت برشی برگ، نتایج حاصل از آزمایش مطابق با جدول ۲، تهیه گردید: جدول ۲. مقدار نیروی برشی اندازه گیری شده برای ۵ گونه برگ.

نوع گونه	ضخامت برگ (میلیمتر)	عرض برش برگ (سانتیمتر)	مقدار نیروی برشی اندازه گیری شده (گرم)		
			تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم
توت	۱	۳	۸۵	۸۱/۴	۷۵
نارون	۱	۳	۷۰	۶۳	۵۸
چنار	۱	۳	۹۳	۱۰۱/۶	۹۷/۲
بید	۰/۵	۳	۲۳	۲۵/۶	۲۲
زبان گنجشک	۰/۵	۳	۳۱/۳	۳۰/۴	۳۴/۶

با در نظر گرفتن یک متوسط برای نتایج سه تکرار آزمایش، مقدار مقاومت برشی برگ هرگونه مطابق با جدول ۳ محاسبه گردید:

جدول ۳. مقدار مقاومت برشی بدست آمده برای ۵ گونه برگ.

مقاومت برشی برگ (کیلو پاسکال)	نوع گونه
۲۶/۸	توت
۲۱/۲	نارون
۳۲/۵	چنار
۱۵/۷	بید
۲۱/۴	زبان گنجشک

### ۳-۲- تعیین مقاومت برشی اقه برگ

پس از آزمایش تعیین مقاومت برشی ساقه برگ، نتایج حاصل از آزمایش مطابق با جدول ۳-۳، تهیه گردید:

جدول ۴. مقدار نیروی برشی اندازه گیری شده برای ۵ گونه ساقه برگ.

نوع گونه	قطر ساقه برگ (میلیمتر)	مقدار نیروی برشی اندازه گیری شده (گرم)		
		تکرار اول	تکرار دوم	تکرار سوم
توت	۵	۶۱۴۰/۸	۵۹۰۲/۶	۵۹۶۰
نارون	۵	۶۳۳۰/۲	۶۲۷۴/۸	۶۵۶۰/۲
چنار	۵	۴۰۷۲	۴۳۱۰/۶	۴۱۸۶/۶
بید	۳	۷۹۶/۴	۸۶۲/۲	۸۰۴
زبان گنجشک	۳	۳۹۴/۸	۳۸۰/۴	۳۶۳/۶

با در نظر گرفتن یک متوسط برای نتایج سه تکرار آزمایش، مقدار مقاومت برشی ساقه برگ هرگونه مطابق با جدول زیر محاسبه گردید:

جدول ۵. مقدار مقاومت برشی بدست آمده برای ۵ گونه برگ

مقاومت برشی ساقه برگ (مگا پاسکال)	نوع گونه
۳	توت
۳/۳	نارون
۲/۱	چنار
۱/۲	بید
۰/۶	زبان گنجشک

### ۴- نتیجه گیری

با بررسی نتایج مربوط به مقاومت برشی برگ و ساقه برگ، ۵ گونه اشاره شده مشاهده می شود که بیشترین مقاومت برشی برگ مربوط به درخت چنار، با مقاومت برشی ۳۲/۵ کیلوپاسکال و کمترین مقاومت برشی برگ مربوط به درخت بید با مقدار ۱۵/۷ کیلوپاسکال می باشد. همچنین بیشترین مقاومت برشی ساقه برگ مربوط به ساقه برگ درخت نارون با مقاومت برشی ۳/۳ مگا پاسکال و کمترین مقاومت برشی برگ مربوط به ساقه برگ درخت زبان گنجشک می باشد.

### ۵- پیشنهادات

با توجه به آزمایشات انجام شده، می توان با تغییر سرعت تیغه و زاویه تیغه، اثر متقابل این عوامل را بر مقاومت برشی برگ و ساقه برگ بررسی کرد. همچنین می توان مقاومت برشی برگ و ساقه برگ گونه های دیگر را نیز مورد ارزیابی قرار داد.

### ۶- منابع

۱. باقرصاد، م، ۱۳۸۵، آلودگی هوای اصفهان، روزنامه اعتماد، شماره ۱۱۳۲.



۲. متین خواه، ح، ۱۳۸۵. بررسی فنولوژی (ظهور شناسی) سی و پنج گونه درختی و درختچه ای در شهر اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، سال دهم، شماره چهارم (ب)، صص ۵۱۶-۵۰۳.

3. Sanson. G., J. Read., N. Aranwela, F. Clissold, and P. Peeters, 2001. Measurement of leaf biomechanical properties in studies of Herbivory: Opportunities, problems and procedures, Australia, School of Biological Sciences, Monash University.