پیش‌بینی وزن تر، وزن خشک برگ و مساحت برگ گیاه دارویی برگ‌بو با استفاده از معادلات خطی

عاطفه صبوری[1*]، ساناز اعتمادی[2]

[1*]استادیار اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت. ایران.

[2]دانشجوی کارشناسی اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت. ایران.

*نویسنده مسئول: a.sabouri@guilan.ac.ir

چکیده

برگ عمده‌ترین اندام فتوسنتز کننده گیاه است و از تجزیه و تحلیل مشخصات فیزیکی آن ازجمله سطح برگ، وزن تر و وزن خشک برگ می‌توان در تحقیقات مختلف فیزیولوژیکی و غیره استفاده کرد. در تحقیق حاضر به‌منظور تخمین سطح برگ، وزن تر و وزن خشک برگ درختچه برگ‌بو به‌عنوان یک گیاه دارویی از مدل‌های ریاضی استفاده شد. این مطالعه با بررسی ۱۰۰۰ نمونه برگ و اندازه‌گیری متغیرهای طول (L)، عرض (W)، وزن تر (FW) و وزن خشک (DW) برگ‌ها صورت گرفت و برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ (LA) نیز از نرم‌افزار Digimizer استفاده شد. نتایج تجزیه داده‌ها پس از برازش مدل‌های مختلف رگرسیونی مبتنی بر طول، عرض، وزن تر و وزن خشک و روابط مختلف ریاضی بین ابعاد برگ، نشان داد مدل LA=1.321+0.599(L×W) برای متغیر سطح برگ با داشتن بالاترین ضریب تبیین (۰/۸۷) و کمترین مجذور میانگین مربعات خطا و مدل‌های FW=0.0394+0.021(LA) و DW=0.0174+0.011(LA)به ترتیب با دارا بودن ضریب تبیین ۰/۷۴ و ۰/۷۱ بهترین برازش را برای وزن تر و وزن خشک برگ گیاه برگ‌بو داشتند. برای دو متغیر وابسته وزن تر و خشک برگ، مدل‌های مبتنی بر حاصل‌ضرب طول در عرض برگ بعد از مدل‌های مذکور مناسب‌ترین مدل‌ها تعیین شدند. انتظار می‌رود این مدل‌های تعیین شده بتوانند وزن تر، وزن خشک و سطح برگ را در گیاه برگ‌بو با دقت قابل توجهی تخمین بزنند.

کلمات کلیدی: **تخمین، رگرسیون، گیاه دارویی، مدل‌سازی، مساحت برگ.**

مقدمه

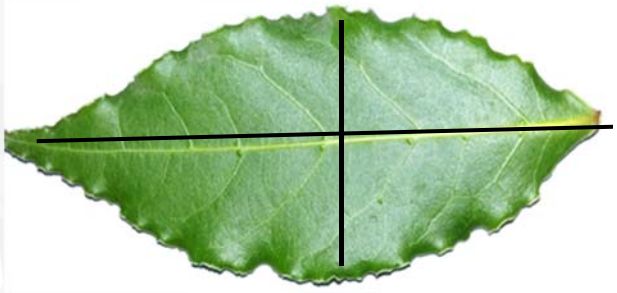
برگ‌بو با نام علمی *Laurus nobilis* L. از تیره برگ‌بویان (Lauraceae) گیاهی همیشه‌سبز و خوشبو است و به‌صورت درخت یا درختچه (به‌ندرت علفی) و مخصوص نواحی گرم کره زمین (جنوب اروپا و آسیای صغیر) مشاهده می‌شود. برگ‌بو معمولاً در مناطقی با اقلیم گرم و بارندگی زیاد یافت می‌شود. برگ این درختچه از لحاظ دارویی بسیار باارزش است. بیشترین میزان اسانس‌های موجود در برگ برگ‌بو ۸،۱-سینئول (۵۸٪/۲)، آلفا-ترپینیل استات (۱۰٪/۰) و سابینن (۷٪/۲) گزارش شده است. گیاهان این تیره دارای سلول‌های اسانس‌دار (غده‌های تک‌سلولی) پراکنده در اعضای مختلف و سلول‌های موسیلاژ دار، مخصوصاً در ناحیه پوست است. این اسانس دارای خواص ضد میکروبی و ضد باکتریایی و اثر آنتی‌اکسیدانی می‌باشند که در صنعت داروسازی و در فرمولاسیون داروها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از پودر برگ‌بو به‌عنوان داروی ضد نفخ، درمان رگ به رگ شدگی و کبودشدگی، رماتیسم و همچنین در صنعت صابون‌سازی برای معطر کردن صابون‌ها استفاده می‌شود (Naderi Hajibagher kandi *et al.*, 2011).

اندازه‌گیری سطح یک بوته از جمله سطح برگ در بسیاری از مطالعات فیزیولوژی و زراعت مورد نیاز است. همچنین در مطالعات تغذیه‌ی گیاهان، رقابت گیاهان، رابطه‌ی آب-خاک گیاه، اکوسیستم‌های کانوپی گیاهان، کسر تنفسی، قابلیت انعکاس نور و انتقال گرما در شرایط گرم و روش خنک‌سازی اهمیت دارد (Cristofori *et al.*, 2007). لذا تخمین سطح برگ به روش‌های غیر تخریبی از جمله مدل‌های رگرسیونی می‌تواند از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد. تاکنون با استفاده از مدل‌های رگرسیونی سطح برگ برای گیاهانی مثل گردو، پسته، زعفران، خرمالو و غیره تخمین زده شده است. در گیاهان دارویی که برگ مهم‌ترین فرآورده اقتصادی است، سطح برگ یک شاخص مستقیم و خوب از عملکرد محصول است.

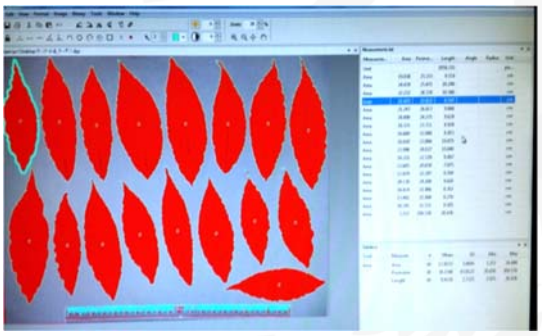
باتوجه به اهمیت و ارزش دارویی گیاه برگ‌بو و به‌ویژه سطح برگ این گیاه، پژوهش حاضر با هدف تعیین بهترین مدل های رگرسیونی براساس طول و عرض برگ برای تخمین وزن تر، وزن خشک و سطح برگ طرح‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش نمونه‌های برگی در تیرماه ۱۳۹۵ از درختچه‌های موجود در شهر رشت استان گیلان تهیه شد. از تعداد ۱۰۰۰ نمونه‌ی برگی که سالم بوده و هیچ‌گونه علائم بیماری نداشتند برای اندازه‌گیری‌ها استفاده شد. پس از جمع‌آوری برگ‌ها، به‌منظور به حداقل رساندن تبخیر سطحی و خشک نشدن، برگ‌ها در یک کیسه حاوی یخ محفوظ و تا زمان اندازه‌گیری در یخچال نگهداری شدند. ابتدا وزن تر برگ‌ها و سپس دو متغیر طول برگ (L) از انتهای پهنک برگ تا انتهای رگبرگ اصلی و عرض برگ (W) یعنی عریض‌ترین قسمت برگ که عمود بر رگبرگ اصلی است، با استفاده از خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر(شکل ۱) اندازه‌گیری شدند. شاخص سطح برگ‌ها با استفاده از نرم‌افزار Digimizer نسخه ۴.۶.۱ (شکل ۲) و وزن تر و خشک برگ‌ها نیز به وسیله‌ی ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند.



شکل ۱- نمایی از برگ‌بو و طول و عرض آن



شکل ۲- نمایی از تصویر برنامه Digimizer

بین متغیر وابسته یعنی سطح برگ (LA)، وزن تر (FW) و وزن خشک (DW) با متغیرهای مستقل مانند طول، عرض، وزن تر، وزن خشک و روابط بین آن‌ها، مدل‌های رگرسیونی بسیار متنوعی برازش داده شد. در مرحله بعد با استفاده از مدل‌های برازش داده شده، مقادیر متغیرهای وابسته تخمین زده شدند و در نهایت میزان دقت و قدرت پیش بینی مدل‌ها با ایجاد یک رابطه خطی بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده تعیین شد. این ارزیابی با مقایسه شاخص‌های تجزیه رگرسیونی از جمله ضریب تبیین و مجذور میانگین مربعات خطا انجام شد. به‌صورتی‌که معادلاتی که دارای بالاترین ضریب تبیین (R^2) و پایین‌ترین مجذور میانگین مربعات خطا بودند، انتخاب شدند. کلیه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ شاخص‌های تعدادی از مدل‌های برازش یافته در پژوهش حاضر را به همراه ضریب تبیین و مجذور میانگین مربعات خطا نشان می‌دهد. این مدل‌ها نسبت به سایر مدل‌ها برتر بودند. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود برای متغیر وابسته سطح برگ، بالاترین مقدار R^2 (۰/۸۸ و ۰/۸۷) و پایین‌ترین مقدار RMSE مربوط به مدل های مبتنی بر حاصل‌ضرب طول و عرض برگ (L×W) و $\sqrt{L\times W}$ است. این مدل‌ها مناسب‌ترین مدل‌هایی شناسایی شدند که می‌توان بر اساس طول و عرض برگ میزان سطح برگ گیاه برگ‌بو را پیش‌بینی کرد.

برای متغیرهای وزن تر و وزن خشک برگ نیز مدل‌های $FW=0.0394+0.021(LA)$ و $DW=0.0147+0.011(LA)$ به ترتیب با دارا بودن ضریب تبیین ۰/۷۴ و ۰/۷۱ بهترین برازش را برای تخمین این متغیرها داشتند.

نتایج این تحقیق انطباق خوبی با نتایج سایر محققین برای پیش‌بینی سطح برگ براساس مدل‌های غیر تخریبی داشت، کرامتلو و همکاران (Keramatlou *et al.*, 2015) بهترین مدل برای پیش‌بینی سطح برگ گردو (*Juglan sregia* L.) را حاصل‌ضرب طول و عرض برگ گزارش نمودند و بیان داشتند که طول و عرض برگ به‌تنهایی نمی تواند پیش‌بینی خوبی از سطح برگ گردو داشته باشد، بلکه حاصل‌ضرب آن‌ها به‌صورت یک مدل خطی بسیار مناسب‌تر می‌باشد.کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2009) در پی تخمین سطح برگ پسته (*Pistacia vera* L.) و کریستوفوری و همکاران (Cristofori *et al.*, 2007) در تخمین سطح برگ خرمالو (*Diospyros kaki* L.f.) بهترین مدل‌ها را حاصل‌ضرب طول و عرض برگ ارائه دادند و بیان کردند که این مدل با درجه اطمینان بالایی به‌صورت غیر تخریبی سطح برگ را تخمین می‌زند. گرچه در برخی گیاهان مدل‌های رگرسیونی بر اساس یک بعد مثل طول یا عرض برگ هم توانستند تخمین مناسبی از سطح برگ ارائه دهند که با توجه به اینکه این معادلات ساده‌تر بوده و می‌توانند در صرف زمان صرفه‌جویی نمایند ارزشمند هستند. برای پیش‌بینی سطح برگ گیاه بادرشبی، کریمیان فریمان و همکاران (Karimian Friman *et al.*,2012) اظهار داشتند که طول و عرض برگ به‌تنهایی تخمین مناسبی از سطح برگ خواهد بود.

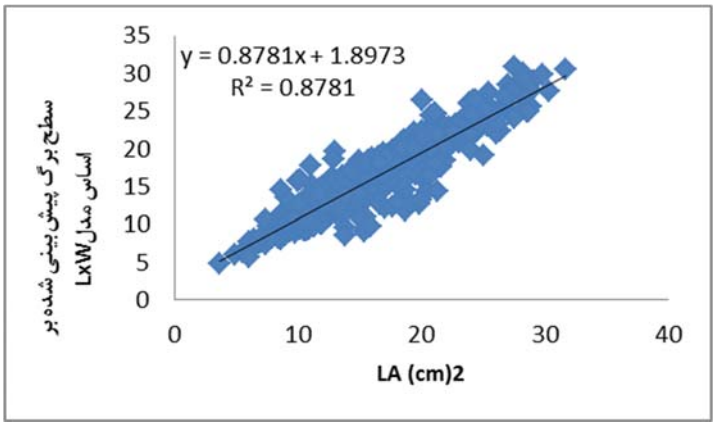
بدیهی است در برگ‌بو به‌عنوان یک گیاه دارویی که برگ آن مصارف بسیار گوناگونی دارد، پیش‌بینی وزن تر و وزن خشک برگ با استفاده از مدل‌های ریاضی می‌توانند مفید و پرکاربرد باشد. در این پژوهش برای دو متغیر وزن تر و وزن خشک مدل‌هایی که بر اساس متغیر مستقل LA برازش داده شده بودند بالاترین ضریب تبیین و کمترین مجذور میانگین مربعات خطا را داشتند. این مدل‌ها عبارت‌اند از FW=0.0394+0.021(LA) و DW=0.0174+0.011(LA) به ترتیب واجد ضریب تبیین ۰/۷۴ و ۰/۷۱ بودند. شکل ۳، ۴ و ۵ نمودار رگرسیون خطی بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده بر اساس مدل را برای سه متغیر سطح برگ، وزن تر و وزن خشک نشان می‌دهد. معادلاتی که در مرتبه بعدی در پیش‌بینی وزن تر و وزن خشک مناسب‌تر بودند، بر اساس متغیر مستقل حاصل‌ضرب طول در عرض برگ تشکیل یافته بودند. این معادلات اختلاف قابل توجهی با معادلات بر اساس LA نداشتند اما مطمئناً اندازه‌گیری راحت تر و ساده‌تری دارند (جدول ۱).

با بررسی نتایج این مطالعه می‌توان دریافت که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی تعیین شده می‌توان با دقت قابل توجهی وزن تر، وزن خشک و سطح برگ را در گیاه برگ‌بو تخمین زد.

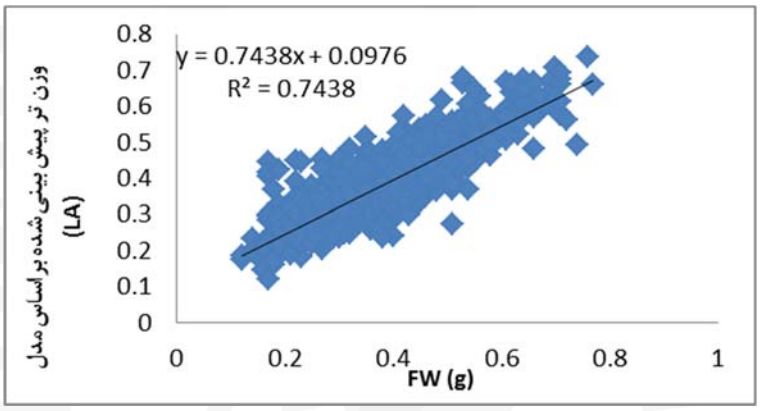
جدول ۱- تعدادی از مدل‌های مختلف رگرسیونی برازش یافته در تحقیق حاضر برای پیش‌بینی سطح، وزن تر و خشک برگ.

Model no.	Model	RMSE	R^2 Adj
1	LA= -10.017+2.326(L+W)	1.74	0.82
2	LA=1.321+0.599(L×W)	1.50	0.88
3	LA=8.756+0.011(L^2+W^2)	1.689	0.83
4	LA= -12.73+5.872(√L×W)	1.532	0.87
5	LA=2.768+0.103(L+W)²	1.738	0.82
6	FW=0.0528+0.0138(L×W)	0.052	0.71
7	FW= -0.272+0.135(√L×W)	0.052	0.71
8	FW=0.0528+0.0138(√ L)	0.052	0.71
9	FW=0.0394+0.021(LA)	0.051	0.74
10	DW=0.0220+0.007(L×W)	0.035	0.69
11	DW=0.0147+0.011(LA)	0.028	0.72

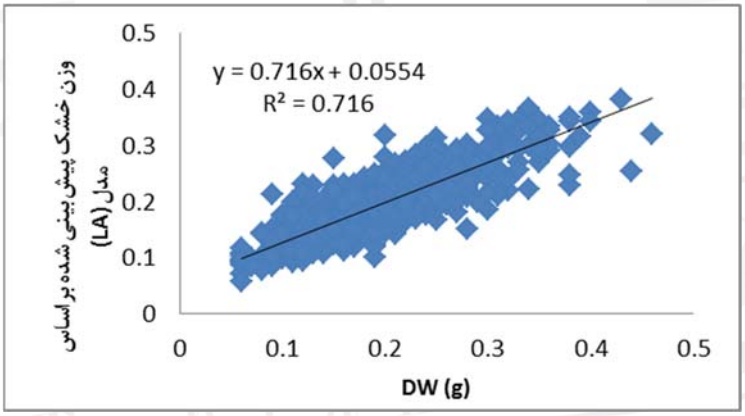
در این جدول L، W، FW، DW به ترتیب عرض، طول، وزن تر و وزن خشک برگ می‌باشد و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین تصحیح شده (R^2Adj) مربوط به رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده بر اساس مدل می‌باشد.



شکل ۳- مدل رگرسیونی برازش یافته بین LA (سطح برگ مشاهده شده) و سطح برگ پیش‌بینی شده بر اساس مدل



شکل۴- مدل رگرسیونی برازش یافته بین متغیر FW (وزن تر مشاهده شده) و وزن تر پیش‌بینی شده بر اساس مدل



شکل ۵- مدل رگرسیونی برازش یافته بین متغیر DW (وزن خشک مشاهده شده) و وزن خشک پیش‌بینی شده بر اساس مدل

منابع

Cristofori, V., Rouphael, Y. Mendoza-De Gyves, E. and Bigniami. C. 2007. A Simple model for estimating ieafarea of hazelnut (*Corylus avellana* L.) from linear measurements. ScientiaHorticulturae; 113: 221-225.

Karimian Fariman, Z., Mousavi Bazaz, A. and Banayan Aval. M. 2012. Modeling leaf area of *Dracocephalum moldavica* L. as a medicine plant using destructive and non-destructive methods, Iranian Journal of Medicinal and. Aromatic Plant; 28(1): 176-186. (In Persian).

Karimi, S., Tavallaii, V., Rahemi, M., Rostami, A.A. and Vaezpour, M., 2009. Estimation of Leaf growth on the basis of measurements of leaf lengths and widths, choosing pistachio seedlings as model. Australian Journal of Basic and Applied Sciences; 3(2): 1070-1075.

Keramatlou, A., Sharifani, M, Sabouri, H, Alizadeh, M, Kamkar, B. 2015. A simple liner model for leaf area estimation in Persian walnut (*Juglans regia* L.). Scientia Horticulturae; 184: 36-39.

Naderi hajibagher kandi, M., Sefidkon, F., Azizi, A. and Pourheravi, M. 2011. The influense of different distillation times on essential oil content and composition of (*Laurus nobilis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants; 27(2): 249-260. (In Persian).

Prediction of Leaf Fresh, Dry Weight and Leaf Area of Bay laurel Using Linear Equations

Atefeh Sabouri[1*], Sanaz Etemadi[2]

[1*] Assistant Professor Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

[2] BSc Student of Plant Breeding Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

[*]*Corresponding Author:* a.sabouri@guilan.ac.ir

Abstract

Leaf is major photosynthetic organ and analysis of leaf physical properties can be used in various physiological researches and etc. In the present study were used mathematical models to estimate of leaf area, fresh and dry weight in leaf bay laurel as a medicinal plant. This study was performed by measuring of length (L) and width (W) as well as fresh weight (FW) and dry weight (DW) in 1000 leaves samples and In order to measure leaf area index (LA) was used Digimizer software. The results of analysis after fitting different regression models based on length, width, fresh, dry weight and various mathematical formulas of leaf dimensions showed for leaf area the model LA=1.321+0.599(L×W) with highest coefficient of determination (0.87) and lowest root mean square error, for fresh and dry weight of bay laurel models FW=0.0394+0.021(LA) and DW=0.0174+0.011(LA) with coefficients of determination 0.74 and 0.71 were the best fitting respectively. For these dependents variables, the models that were based on length by width product were determined as the best models after mention models. It is expected LA, FW and DW of bay laurel can be estimated by identified models with considerable accuracy.

Keywords: **Estimation, Regression, Medicinal plant, Modeling, Leaf area.**