تخمین سطح برگ، وزن تر و وزن خشک برگ گیاه توت با استفاده از مدل‌های رگرسیونی

عاطفه صبوری*[۱]، صدیقه عاشری[۲]

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

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

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

چکیده

سطح برگ از جمله متغیرهایی است که در زراعت و فیزیولوژی گیاه بسیار حائز اهمیت است. یکی از نیازهای گیاه برای تولید بیشتر، نور است و نور بیشتر از طریق برگ‌ها جذب می‌شود و به مصرف فتوسنتز می‌رسد که این خود با مساحت برگ‌ها ارتباط مستقیمی دارد. در این آزمایش به‌منظور تخمین سطح برگ، وزن تر و وزن خشک برگ توت، نمونه‌های برگی (۱۰۰۰ برگ) از مناطق اطراف شهر لشت نشاء استان گیلان تهیه شد و ابعاد برگ یعنی طول (L) و عرض برگ (W)، همچنین وزن تر (FW) و وزن خشک (DW) برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از نرم‌افزار Digimizer استفاده شد و در مرحله بعد بین هر یک از متغیرهای وابسته یعنی سطح برگ (LA)، وزن تر(FW) و وزن خشک (DW) با متغیرهای مستقل مختلف مانند ابعاد برگ (L و W) و همچنین روابط ریاضی مختلف بین ابعاد برگ تجزیه رگرسیون صورت گرفت و درنهایت بر اساس بالاترین ضریب تبیین و کوچک‌ترین ریشه میانگین مربعات خطا در تخمین متغیرهای وابسته سه مدل برتر تعیین شدند. این سه مدل برتر برای سطح برگ، وزن تر، وزن خشک به ترتیب LA=2.319+1.703(L×W)، FW=15.786+80.699(L×W) و DW=0.009+0.003(L×W) بودند. ضرایب تبیین برای این سه مدل به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۸۴ و ۰/۷۲ بدست آمد. بر این اساس انتظار می‌رود بتوان با استفاده از این مدل‌های رگرسیونی سطح برگ، وزن تر و وزن خشک برگ توت را تنها با اندازه‌گیری ابعاد برگ با دقت قابل توجهی تخمین زد.

***کلمات کلیدی:* ابعاد برگ، پیش‌بینی، معادلات خطی، ضریب تبیین، Digimizer.**

مقدمه

سطح برگ یک متغیر کلیدی برای مطالعات فیزیولوژیکی است. بنابراین مدل‌های دقیق و ساده‌ای که بتوانند سطح برگ گیاهان را تعیین کنند در موارد زیادی اهمیت دارند (Karimian Friman *et al.*,2012). سطح برگ مهم‌ترین فاکتور در مطالعات فیزیولوژیکی شامل رشد گیاه، جذب نور، کارایی فتوسنتزی، تبخیر، تعرق و پاسخ گیاه به کودها و آبیاری است. فیزیولوژیست‌های گیاهی و اگرونومیست‌ها اهمیت این شاخص را در محاسبه رشد محصول، سرعت نور، عملکرد بالقوه، قابلیت استفاده از نور و آب توضیح داده‌اند (Olfati and Davoodi, 2016).

در بسیاری از آزمایش‌ها رابطه بین یک متغیر مستقل مانند X و متغیر تابع Y مورد مطالعه قرار می‌گیرد. مقادیر متغیر مستقل ممکن است زمان‌های مختلف، آزمایش‌های مختلف، غلظت‌های مختلف دارو، سطوح مختلف کود شیمیایی، یا هر متغیر کمی دیگر باشد. معمولاً مقادیر X به وسیله پژوهشگر تعیین می‌شود. تعیین وجود رابطه‌ی بین مقادیر X و Y از اهداف پژوهشگر است (Assad and Heidari, 2012).

توت از خانواده Moracee است که در ایران دو گونه آن به نام توت سفید *Morus alba* و توت سیاه *Morusnigra* و با واریته‌های متعدد دیده می‌شود (Mozaffarian, 2005). برگ در توت سفید معمولاً ۷ الی ۱۸ سانتی‌متر طول و حدود ۸ سانتی‌متر عرض دارند (Shahrestany, 1999). مهم‌ترین مواد مؤثر دارویی درخت توت عبارت‌اند از : آدنین،

پروتئین، املاح معدنی، پکتین، مالات‌ها و سیت‌راتها. خواص درمانی: پایین آورنده قند خون، قابض و رفع دندان‌درد. میوه توت: ملین، تب بر، خلط‌آور، رفع گلودرد (Samsam Shariat, 2005).

تاکنون برای تخمین سطح برگ گیاهانی مثل گیاه بادرشبی (Karimian Friman *et al.*, 2012)، زعفران (Kumar 2009) تحقیقاتی انجام شده است. بهترین مدل برای تخمین سطح برگ فندق، استفاده از حاصل‌ضرب طول و عرض برگ در یک مدل خطی رگرسیونی می‌باشد (Cristofori *et al.*,2009). در مطالعه بر روی کدو خورشتی، اعداد محاسبه شده حاصل از بهترین معادله دارای همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد با اعداد به دست آمده حاصل از اندازه‌گیری بودند. بیشترین همبستگی مربوط به حاصل‌ضرب طول در عرض برگ و پس از آن طول برگ دارای بیشترین همبستگی با سطح برگ بود (Olfati and Davoodi, 2016). با توجه به اینکه برگ توت از بسیاری از جهات مورد استفاده قرار می‌گیرد و تاکنون از روش‌های رگرسیونی برای تخمین میزان سطح برگ، وزن تر و خشک آن‌ها استفاده نشده است، تحقیق حاضر با هدف تعیین بهترین مدل‌های ریاضی برای تخمین غیرتخریبی شاخص‌های مذکور در برگ توت طرح‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

پس از انتخاب تعداد مشخصی درخت از اطراف شهر لشت نشا و از روستاهای اطراف به نام لیموچاه و شیرایه در تابستان ۱۳۹۴، تعداد بیش از ۱۰۰۰ عدد برگ توت به‌طور تصادفی چیده شد. سعی شد در انتخاب برگ‌ها نمونه‌هایی انتخاب شود که رشد مناسبی داشتند و بدون پارگی و بیماری باشند. در مرحله بعد طول و عرض ۱۰۰۰ برگ سالم با خط کش با دقت یک میلی‌متر اندازه‌گیری شد (شکل ۱) و برای اندازه‌گیری وزن تر از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد و برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از نرم‌افزار Digimizer (شکل ۲) استفاده شد.

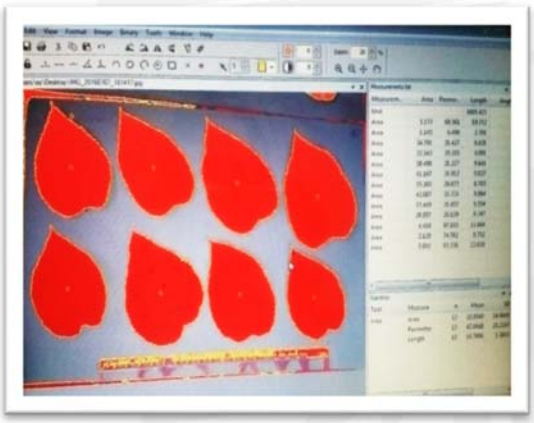
درمرحله بعد بین متغیر وابسته (LA) با متغیرهای مستقل مانند، طول برگ (L)، عرض برگ (W)، وزن تر (FW)، وزن خشک (DW) و مقادیر حاصل از روابط بین آن‌ها مثل W^2، $L + W$، $L \times W$، $L^2 \times W^2$، $L^2 + W^2$ و . . . رابطه رگرسیونی برازش داده شد. در ادامه با استفاده از مدل‌های برازش داده شده، مقادیر متغیرهای وابسته تخمین زده شدند و درنهایت میزان دقت و قدرت پیش‌بینی مدل‌ها با برازش یک رابطه خطی بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده تعیین شد. برای هر معادله خطی، شاخص‌های تجزیه رگرسیونی تعیین گردید. سپس از بین معادلاتی که دارای بالاترین ضریب تبیین (R^2) و پایین‌ترین مجذور میانگین مربعات خطا ($\sqrt{RMSE}$) مدل‌های برتر انتخاب شدند. کلیه تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۱ انجام شد.

نتایج و بحث

پس از برازش مدل‌های رگرسیونی بین سطح برگ، وزن تر و وزن خشک اندازه‌گیری شده به‌عنوان متغیر وابسته و ابعاد برگ و روابط بین آن‌ها به‌عنوان متغیر وابسته، مقایسه بین مدل‌های مختلف انجام شد و با استفاده از دو شاخص ضریب تبیین و مجذور میانگین مربعات خطا در رابطه خطی بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی‌شده بر اساس مدل، مدل‌های مناسب‌تر و برتر تعیین شدند. تعدادی از مدل‌های مناسب‌تر در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

با دقت در مدل‌ها، مدل $LA = 2.319 + 1.703\ (L \times W)$ با داشتن بالاترین مقدار ضریب تبیین ($R^2 = 0.82$) بهترین مدل برای تخمین سطح برگ گیاه توت تعیین شد. برای دو متغیر وابسته وزن تر و وزن خشک برگ توت نیز مقایسه مدل‌های رگرسیونی مختلف نشان داد مدل‌های $FW = 15.786 + 80.699(L \times W)$ و $DW = 0.009 + 0.003\ (L \times W)$ که هر دو بر اساس حاصل‌ضرب طول و عرض برگ می‌باشند بالاترین ضرایب تبیین (به ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۷۲) و کمترین میانگین مربعات خطا را به خود اختصاص دادند. شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نمودارهای رسم شده بر اساس مدل‌های فوق می‌باشد.

در مقایسه با نتایج بدست آمده در پژوهش‌های پیشین در زمینه برآورد سطح برگ با استفاده از تجزیه رگرسیون، در مطابقت با نتایج تحقیق بر روی زعفران (Kumar, 2009) و همچنین در فندق (Cristofori.et al., 2007)، نشان داده شد که مدل برازش یافته از حاصل‌ضرب طول و عرض می‌تواند بهترین مدل در پیش‌بینی سطح برگ باشد. همچنین در پژوهش الفتی و داوودی (Olfati and Davoodi, 2016) برای گیاه کدو خورشتی بیشترین همبستگی مربوط به حاصل‌ضرب طول در عرض برگ بود. البته مدل‌های رگرسیونی تنها با یک بعد طول برگ یا عرض برگ در تخمین سطح برگ وجود دارد که با توجه به مزایایی مثل صرفه‌جویی در زمان و ساده‌تر بودن محاسبات ارزشمند است. در این راستا کریمیان فریمان و همکاران (Karimian Friman *et al.*,2012) برای گیاه بادرشبی اظهار داشتند که طول و عرض برگ به‌تنهایی تخمین مناسبی از سطح برگ خواهد بود.

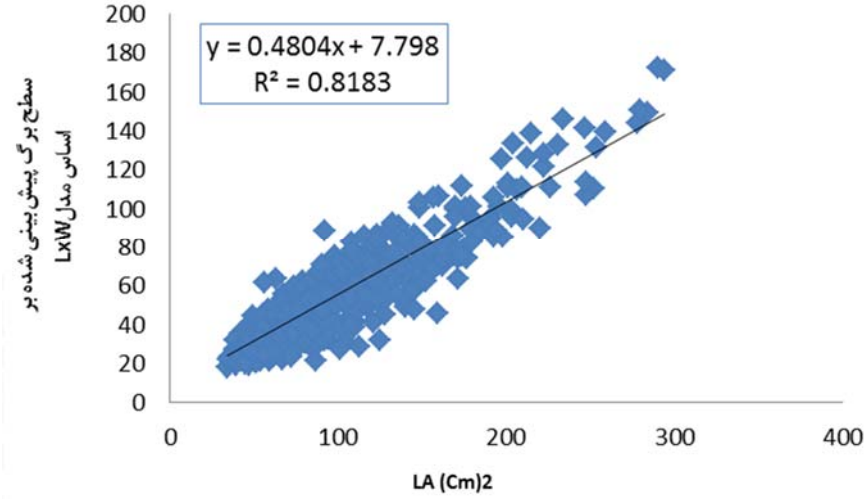


جدول ۱- تعدادی از مدل‌های مختلف رگرسیونی برازش یافته در تحقیق حاضر برای پیش‌بینی سطح، وزن تر و خشک برگ.

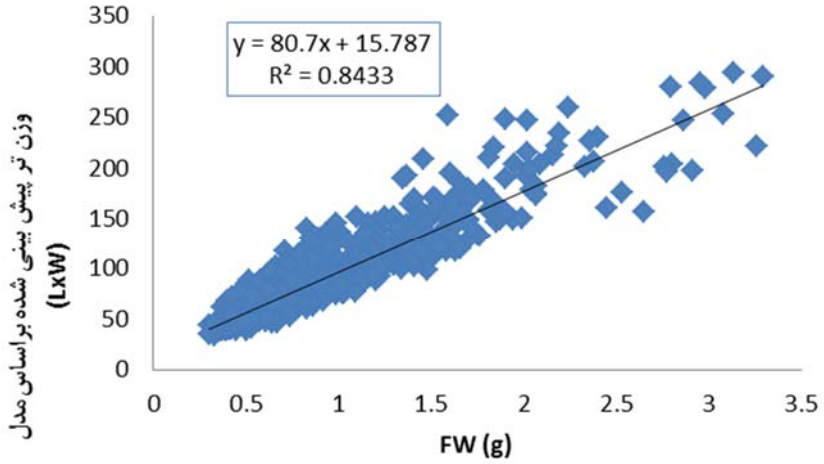
Model no.	Model	RMSE	R^2 Adj
1	LA= -3.714+4.669(L+W)	8.777	0.785
2	LA=2.319+1.703 (L×W)	15.539	0.818
3	LA=6.289+0.743 (w^2)	8.785	0.785
4	LA= 10.627+0.204(L^2+W^2)	8.801	0.784
5	LA=32.919+0.001 (L^2×W^2)	9.001	0.770
6	LA=-40.385+9.869 (√L×W)	8.563	0.799
7	LA=9.166+0.110 $(L+W)^2$	8.508	0.803
8	FW=-1.017+0.101(L+W)	0.178	0.813
9	FW=15.786+80.699(L×W)	14.649	0.843
10	FW=-0.065+0.016(w^2)	0.177	0.816
11	FW=0.034+0.004(L^2+W^2)	0.181	0.805
12	FW=0.001+0.002$(L+W)^2$	0.173	0.826
13	DW=0.009+0.003(L×W)	0.081	0.72
14	DW=0.162+0.813(L+W)	0.083	0.701

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.

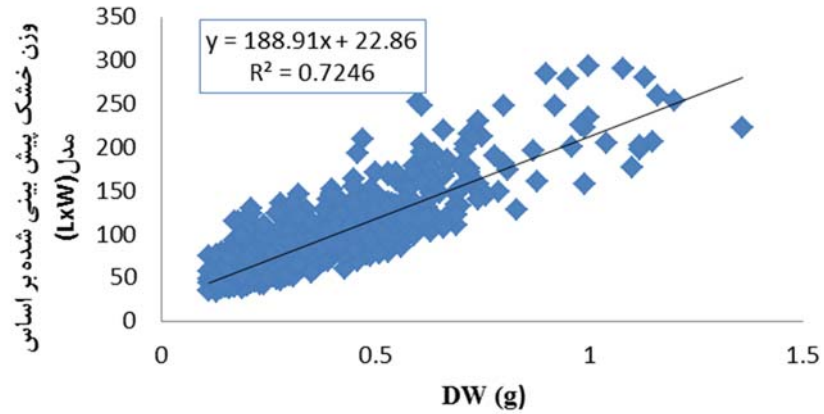
در این تحقیق با استفاده از مدل‌های ریاضی، وزن تر و خشک برگ توت تخمین زده شد که تنها در معدود گیاهان انجام شده است و نکته قابل تأمل این است که حاصل‌ضرب طول در عرض در تخمین این دو شاخص از برگ نیز برتر از سایر متغیرهای مستقل عمل نمود و این نشان می‌دهد که می‌توان با یک محاسبه ساده ریاضی حاصل‌ضرب بر روی ابعاد برگ و با استفاده از مدل رگرسیون خطی سه شاخص مهم برگ را تخمین زد.



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

خصوصیات برگ از جمله وزن تر، وزن خشک و سطح برگ از جمله متغیرهای مهم و کلیدی برای مطالعات فیزیولوژیکی است. یکی از راه‌هایی که برای اندازه‌گیری این متغیرها استفاده می‌شود، روش‌های غیر مستقیم از قبیل یافتن معادلاتی است که برای برآورد این متغیرها از طول و عرض برگ استفاده می‌شود. آزمایش حاضر که با بررسی ۱۰۰۰ نمونه برگ توت انجام شد نشان داد برای تخمین سطح برگ، وزن تر و وزن خشک برگ توت سه مدل ریاضی مبتنی بر حاصل‌ضرب طول و عرض برگ بالاترین دقت و کمترین خطا را دارا می‌باشند. انتظار می‌رود بتوان این متغیرها را در نمونه‌های جدید این گونه از توت، با استفاده از مدل‌های فوق با دقت قابل قبولی تخمین زد.

منابع

Assad, M.T. and Heidari, B. 2012. Applied Regression Analysis, JDM Press, Mashhad, Iran. (In Persian).

Cristofori, V., Rouphael, Y. Mendoza-De Gyves, E. and Bigniami. C. 2007. A simple model for **estimating** leaf area of hazelnut from linear measurements. Scientia Horticulturae; 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).

Kumar, R. 2009. Calibration and validation of regression model for non_destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae; 122: 142-145.

Olfati, J. and Davoodi, S. 2016. Leaf area estimation of cucurbita spp. by linear measurements, The Proceedings of the 9th Congress of Horticultural Sciences; 24-27 Jan. Ahvaz. (In Persian).

Shahrestany, N. 1999. Berry Fruits, Guilan University Publication, Pages150. (In Persian).

Samsam Shariat S.H. 2005. Selection of Medicinal Plants, Mani Publication. Isfahan. Pages 1034. (In Persian).

Mozaffarian, V. 2005. Trees and shrubs of Iran, Farhang Moaser Publication, Tehran. Pages 991. (In Persian)

Estimation of Area, Fresh and Dry Weight of Mulberry Leaf Using Regression Models

Atefeh sabouri[*1], Sedigheh Asheri[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 area is one of the very important variables in agronomy and plant physiology. One of the needs of plant for more production is light and more light is absorbed through the leaves for photosynthesis that is associated with leaf area directly. In present study to estimate area, fresh and dry weight of mulberry leaf, samples (1000 leaves) were collected from the surrounding area Lashtnesha city Guilan province and leaf dimensions including length (L) and width (W) as well as fresh weight (FW) and dry weight (DW) were measured. In order to measure leaf area index (LA) was used Digimizer software and in the next step was performed regression analysis between dependents variables including LA, FW and DW with independents variables such as L, W and various mathematical formulas of leaf dimensions. Finally three models were selected based on the highest coefficient of determination and the smallest root mean square error in estimating the dependent variable. These premier three models of leaf area, fresh weight, dry weight were LA=2.319+1.707(L×W), FW=15.786+80.699(L×W) and DW=0.009+0.003(L×W) respectively. Coefficients of determination for the three models were obtained 0.82, 0.84 and 0.72 respectively. According to the results it is expected that by using obtained regression models can estimate area, fresh and dry weight of mulberry leaves only by measuring leaf dimensions with high accuracy.
***Keywords*: Leaf dimensions, Prediction, Linear equations, Estimation, Digimizer.**