فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۸، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۸۶-۱۷۶ (۱۳۹۱)

مدل‌سازی سطح برگ گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) با استفاده از روشهای تخریبی و غیرتخریبی

زهرا کریمیان فریمان[1*]، آزاده موسوی بزاز[2] و محمد بنایان اول[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد، پست الکترونیک: zkarimianf@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری باغبانی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۸۹ تاریخ اصلاح نهایی: دی ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۸۹

چکیده

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. سطح برگ در گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) نیز چه به‌عنوان یک گیاه دارویی و چه به‌عنوان یک سبزی برگی یکی از مهمترین اجزای این گیاه است و اندازه‌گیری آن اهمیت زیادی دارد. به این منظور آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در مورد گیاه دارویی بادرشبی انجام شد. برای تخمین سطح برگ این گیاه، وزن تر، وزن خشک و ابعاد برگ (طول و عرض برگ) اندازه‌گیری شدند. آنالیز رگرسیون سطح برگ با وزن تر، وزن خشک و ابعاد برگ مدل‌های متعددی را ایجاد کردند که می‌توانند برای تخمین سطح برگ انفرادی بادرشبی مورد استفاده قرار گیرند. بین تمام مدل‌های حاصل در این آزمایش دو مدل توانی $LA= ۰/۵۱۰(L\times W)^{۰/۹۴۶}$ و $۰/۵۱۰(L^2\times W^2)^{۰/۴۷۳}$ $LA=$ که مبتنی بر مقادیر طول و عرض برگ هستند، به‌ترتیب دقیق‌ترین تخمین ($R^2= ۰/۸۷۷$ ،RMSE= ۰/۶۵۶ و $R^2= ۰/۶۵۵$ ،RMSE= ۰/۸۷۷) را برای تعیین سطح برگ بادرشبی داشتند. می‌توان این گونه استنباط نمود که رگرسیون‌های حاصل از $L \times W$ و $L^2 \times W^2$ می‌توانند به‌طور مناسبتری سطح برگ را تخمین بزنند، ولی طول و عرض برگ به تنهایی تخمین مناسبی از سطح برگ ارائه ندادند. در بخش تأیید مدل نیز اثبات شد که مدل منتخب می‌تواند سطح برگ را در گیاه بادرشبی با دقت و سرعت نسبتاً بالا تخمین بزند.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، طول برگ، عرض برگ، مدل‌سازی، وزن تر، وزن خشک.

مقدمه

بادرشبی گیاهی یک‌ساله و علفی با نام علمی *Dracocephalum moldavica* L. و متعلق به تیره نعنا (Lamiaceae) است. این گیاه بومی آسیای مرکزی است و در شرق و مرکز اروپا به‌طور طبیعی رشد می‌کند. در ایران نیز بادرشبی در مناطق شمالی کشور به‌ویژه در کوه‌های البرز یافت می‌شود. این گیاه به‌عنوان یکی از ترکیب‌های موجود در غذا، به‌عنوان سبزی برگی، به‌عنوان چای و همچنین به‌عنوان یک گیاه دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rechinger, 1986). گل و پیکر رویشی (برگ‌ها

Archive of SID
www.SID.ir

و ساقه‌های جوان) این گیاه حاوی بالاترین میزان اسانس می‌باشد. مهمترین ترکیب‌های اسانس بادرشبی مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (۹۶/۰۵-۸۱/٤ درصد) شامل ژرانیال، استات ژرانیل، نرال و ژرانیول است (Aziz & El-Sherbeny, 2004). اسانس بادرشبی دارای اثر ضدعفونی‌کننده، ضدباکتری، ضدویروس و ضدقارچ است (Csedo, 1980؛ نخجوان‌پور، ۱۳٦۸) و عصاره آن برای درمان درد دندان و سرماخوردگی و به‌عنوان ضماد در دردهای روماتیسمی استفاده می‌شود (Racz *et al.*, 1978). سطح برگ در گیاه بادرشبی چه به‌عنوان یک گیاه دارویی (به دلیل وجود اسانس بالا در برگ‌ها) و چه به‌عنوان سبزی برگی یکی از مهمترین اجزای این گیاه است و اندازه‌گیری آن اهمیت زیادی دارد.

سطح برگ یک متغیر کلیدی برای مطالعات فیزیولوژیکی شامل رشد گیاه، جذب نور، کارایی فتوسنتزی، تبخیر و تعرق و همچنین پاسخ گیاه به کودها و آبیاری است (Blanco & Folegatti, 2005)، بنابراین سطح برگ به‌شدت رشد و تولید را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تخمین این فاکتور یکی از اجزای اساسی مدل‌های رشد محصولات است (Lizaso *et al.*, 2003). در محصولات برگی مثل چای، تنباکو و سبزی‌های برگی که برگ مهمترین فرآورده اقتصادی است، سطح برگ یک شاخص مستقیم و خوب از عملکرد محصول است (Raper *et al.*, 1974). تعیین سطح برگ به‌وسیله روشهای مستقیم و غیرمستقیم مختلفی امکان‌پذیر است (Kandiannan *et al.*, 2009). روشهای مستقیمی که برای اندازه‌گیری این پارامتر بکار می‌رود شامل استفاده از انواع مختلفی از پلانی‌مترهای لیزری (Area meter)، روشهای اسکنری (Caldas *et al.*, 1992)، گراوی‌متری (Ross *et al.*, 2000)، Projected area (Westoby & Wright, 2003)، Integrating sphere (Serrano *et al.*, 1997) و یا یک دوربین ثابت و نرم‌افزار آنالیز تصویری (Granier *et al.*, 2002) است که در کنار مزایای آنها معایبی نیز وجود دارد. به‌عنوان مثال، اندازه‌گیری سطح برگ کل و یا بخشی از گیاه با روشهای مستقیم زمان و کار زیادی می‌برد (Leroy *et al.*, 2007). علاوه بر این روشهایی مثل کپی‌برداری (Tracing)، چاپ کردن اوزالیدی (Blueprinting)، عکس‌برداری یا استفاده از یک پلانی‌متر متداول که اندازه‌گیری را تسهیل می‌کند به مقدار زیادی از سطح برگ گیاه نیاز دارد و کانوپی گیاه نیز ممکن است آسیب ببیند (Cristofori *et al.*, 2007). سطح برگ به‌صورت سریع و غیرتخریبی با استفاده از یک پلانی‌متر اسکن‌کننده دستی نیز قابل اندازه‌گیری است (Daughtry, 1990)، اما این روش نیز برای گیاهان کوچک با برگ‌های کم مناسب است (Nyakwende *et al.*, 1997).

تحقیقات نشان می‌دهد که معادلات زیادی برای برآورد سطح برگ به‌صورت غیرمستقیم ایجاد شده‌اند. Montgomery (۱۹۱۱) اولین بار پیشنهاد کرد که می‌توان سطح برگ‌های منفرد را با ابعاد خطی آنها مثل طول برگ (L) و عرض برگ (W) تخمین زد.

این مدل‌های غیرتخریبی تاکنون برای تعیین سطح برگ گونه‌های مختلفی مثل تربچه (Salerno *et al.*, 2005)، توت‌فرنگی (Demirsoy *et al.*, 2005)، کدو سبز (Rouphael *et al.*, 2006)، کیوی (Mendoza-de Gyves *et al.*, 2007)، شاه بلوط (Serdar & Demirsoy, 2006) و فندق (Cristofori *et al.*, 2007) ساخته شده‌اند. یکی دیگر از روشهای غیرتخریبی و غیرمستقیم برای تخمین سطح برگ معادله وزن خشک بخش‌هایی از گیاه یا وزن

Archive of SID

www.SID.ir

خشک کل گیاه در روی زمین است (Jonckheere *et al.*, 2004). گزارش شده‌است که وزن خشک برگ و یا کل گیاه رابطه نزدیکی با سطح برگ در گندم (Aase, 1987)، یونجه (Sharrett & Baker, 1985)، جو (Romas *et al.*, 1983) و کتان (Ghaderi & Soltani, 2007) دارد. معادلات رگرسیونی که در آنها از ابعاد مختلف و یا وزن برگ استفاده می‌شود، به‌طور کلی به دلیل آسانی آنها بکار می‌رود.

به‌رغم اهمیت خواص دارویی و ارزش گیاه بادرشبی به‌عنوان یک سبزی برگی، در مورد تخمین سطح برگ آن اطلاعاتی وجود ندارد. بنابراین، هدف از این تحقیق ساخت و توسعه مدل‌های رگرسیونی بود که قادر باشند با استفاده از طول، عرض، وزن تر و وزن خشک برگ‌ها با دقت بالا سطح برگ این گیاه را تخمین بزنند. علاوه بر این، تأیید (Validation) و قدرت پیش‌گویی این معادلات نیز از اهداف دیگر این آزمایش بود.

مواد و روشها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد از مهر تا بهمن سال ۱۳۸۸ انجام شد. در چین اول حدود ۱۰۰ برگ به‌طور تصادفی از نیمه بالایی گیاه نمونه‌برداری گردید و بلافاصله پس از برداشت، برای کاهش تبخیر و تعرق و جلوگیری از کاهش وزن برگ‌ها در یک کیسه پلاستیکی حاوی یخ قرار داده شد و به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی این دانشگاه منتقل شدند. برای به حداقل رساندن کاهش وزن برگ‌ها ابتدا وزن تر برگ‌ها با ترازوی دیجیتالی (۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد و بعد طول برگ‌ها از نوک تا نقطه تقاطع برگ با ساقه و عرض برگ‌ها از عریض‌ترین قسمت برگ با استفاده از یک خط‌کش معمولی اندازه‌گیری گردید (۰/۱ سانتی‌متر). سطح هر برگ نیز به کمک دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Licow (۰/۰۰۱ سانتی‌مترمربع) تعیین شد. سپس برگ‌ها برای اندازه‌گیری وزن خشک آنها به آون با دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت منتقل شدند و پس از گذشت این زمان با ترازوی دیجیتالی وزن شدند (۰/۰۰۱ گرم).

بین متغیر وابسته سطح برگ (LA) با متغیرهای مستقل مختلف شامل وزن تر (FW)، وزن خشک (DW)، طول (L) و عرض (W) و مقادیر حاصل از روابط آنها شامل L^2، W^2، $L + W$، $L \times W$، $L^2 \times W^2$ و $L^2 + W^2$ انواع رگرسیون‌های خطی (Linear)، چند جمله‌ای (Polinomial)، تصاعدی (Exponential)، لگاریتمی (Logaritmic) و توانی (Power) گرفته شد. با این کار روابط بین سطح هر برگ با ابعاد خطی و وزن تر و خشک برگ آزمایش شد و در هر نوع رگرسیون معادله یا معادلاتی که دارای ضریب همبستگی بالا (R^2) بودند انتخاب گردید تا معادلات مناسب برای کاربرد مدل‌ها جهت تخمین و پیش‌بینی سطح برگ گیاه بادرشبی تعیین شود. RMSE و مقادیر ثابت a و b نیز در این آزمایش گزارش شدند.

تخمین سطح برگ از طریق قرار دادن مقادیر اندازه‌گیری شده (متغیرهای مستقل) در معادلات دارای بالاترین ضریب همبستگی بدست‌آمده محاسبه شد و بعد هر سطح برگ پیش‌بینی شده با استفاده از معادلات انتخابی با سطح برگ اندازه‌گیری شده توسط دستگاه سطح‌سنج رگرسیون گرفته شد و مدل یا مدل‌های نهایی براساس ترکیبی از بالاترین ضریب همبستگی (R^2) و پایین‌ترین RMSE تعیین شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار حاصل از فرمول ۱ نیز برای تخمین واریانس بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر پیش‌بینی شده استفاده شد (Loage & Green, 1991 ؛ Xevi *et al.*, 1996).

$$\text{RMSE/S.Em.} = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^{n}(Sim.Yi - Obs.Yi)^2}}{n}$$ فرمول ۱

n= تعداد مشاهدات

Sim.Yi و Obs.Yi= به‌ترتیب مقادیر شبیه‌سازی شده (پیش‌بینی شده) و مشاهده شده سطح برگ از مشاهده i ام

برای بررسی عدم همبستگی بین دو متغیر مستقل طول (L) و عرض برگ (W) از دو فرمول (VIF= variance inflation factor) عامل تورم واریانس (۲) و (T= tolerance values) مقادیر خطای مجاز (۳) استفاده شد (Gill, 1986؛ Marquardt, 1970).

$$VIF = \frac{1}{1-r^2}$$ فرمول ۲

$$T = \frac{1}{VIF}$$ فرمول ۳

r= ضریب همبستگی

اگر در فرمول ۲ مقدار VIF کمتر از ۱۰ و در فرمول ۳ مقدار T بالاتر از ۰/۱ باشد، آن‌گاه اثر همبستگی بین دو متغیر مستقل طول (L) و عرض (W) در تخمین پارامترها نادیده گرفته می‌شود و می‌توان از هر دو متغیر در معادلات و مدل‌ها استفاده کرد.

برای تأیید (Validation) و قدرت پیش‌گویی مدل‌ها نیز آزمایش دیگری انجام شد، به‌طوری‌که ۵۰ نمونه برگ گیاه بادرشبی برای پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد (با روشهایی که در بالا بیان شد) و بعد در مدل یا مدل‌هایی که بالاترین ضریب همبستگی (R^2) و پایین‌ترین RMSE را داشتند قرار گرفت و سطح برگ پیش‌بینی شده از این مدل با سطح برگ اندازه‌گیری شده رگرسیون‌گیری شد تا میزان دقت آن براساس ضریب همبستگی (R^2) ارزیابی شود.

نتایج

در اولین گام آزمایش، میزان VIF و T محاسبه گردید و به‌ترتیب مقادیر ۱/۸۶ و ۰/۵۴ بدست آمد، از آنجایی که میزان VIF از ۱۰ کمتر و میزان T از ۰/۱ بیشتر بود، می‌توان از هر دو متغیر طول و عرض برگ در آزمایش‌ها استفاده نمود.

مدل‌های حاصل از پارامترهای وزن تر، وزن خشک، طول برگ، عرض برگ و روابط بین آنها که دارای بالاترین ضریب همبستگی هستند در جدول ۱ نشان داده شده‌است. این مدل‌ها از بین ۵۰ مدل مورد بررسی براساس بالاترین ضریب همبستگی انتخاب گردیدند. همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، ۱۵ مدل انتخابی با استفاده از روابط رگرسیونی مختلف حاصل شدند و برای تمام پارامترها لزوماً یک نوع رابطه رگرسیونی خاص دارای بالاترین میزان همبستگی نمی‌باشد. بالاترین ضریب همبستگی مربوط به مدل‌های شماره ۷ و ۱۰ (مدل‌های حاصل از رگرسیون توانی برای

Archive of SID

www.SID.ir

پارامترهای $L \times W$ و $L^2 \times W^2$) بود. همچنین با استفاده از روش تناسب‌گیری وزن تر و وزن خشک، سطح برگ تخمینی بدست آمد و با مدل‌های حاصل در جدول ۱ مقایسه شد. ضریب همبستگی حاصل از این تناسب‌گیری به‌ترتیب برای وزن تر و خشک ۰/۸۵۸ و ۰/٦۱۹ بود. سپس برای تمام مدل‌های انتخابی موجود در جدول ۱ میزان RMSE محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱- مدل‌ها و میزان RMSE و R^2 حاصل از رگرسیون‌گیری بین پارامترهای مختلف برگ بادرشبی

شماره مدل	مدل حاصل	نوع رگرسیون	R^2	RMSE
۱	$LA = ۰/٤۹٥L^۲ - ۳/۹۳۱L + ۱۳/۰٦$	چند جمله‌ای	۰/٦۰۹	۱/۱۹٦
۲	$LA = ۱/٦۷۸W^{۱/۳۸}$	توانی	۰/۷٦٦	۰/۹۸۹
۳	$LA = ۰/۰۰۲(L^۲)^۲ - ۰/۰۱۲(L^۲) + ۰/٦۸٦$	چند جمله‌ای	۰/٦۰۸	۱/۲۹٤
٤	$LA = ۱/٦۷۸ \times (W^۲)^{۰/٦۹}$	توانی	۰/۷٦٦	۰/۹۸۹
٥	$LA = ۰/٤۱۱(L \times W) + ۰/٤۷۰$	خطی	۰/۸۸۲	۰/٦٥٥
٦	$LA = ۰/۰۰۱(L \times W) + ۰/٤۷٦(L \times W) - ۰/۰٥۸$	چند جمله‌ای	۰/۸۸۳	۱/۰۹۸
۷	$LA = ۰/٥۱۰(L \times W)^{۰/۹٤٦}$	توانی	۰/۸۸۷	۰/٦٥٥
۸	$LA = ۱/٥٤۷ (L + W) - ٦/۰۲۷$	خطی	۰/۸۲۱	۰/۸۰۸
۹	$LA = ۰/۰۸۸(L + W) + ۰/۰۲۰(L + W) + ۰/٤٤۷$	چند جمله‌ای	۰/۸۲۸	۰/۷۹٤
۱۰	$LA = ۰/٥۱۰(L^۲ \times W^۲)^{۰/٤۷۳}$	توانی	۰/۸۸۷	۰/٦٥٦
۱۱	$LA = ۰/۱٥۰(L^۲ + W^۲) + ۰/۹۰۹$	خطی	۰/۷٤٦	۰/۹٦٤
۱۲	$LA = ۰/۰۰۰(L^۲ + W^۲) + ۰/۱۰۳(L^۲ + W^۲) + ۱/۸۹۱$	چند جمله‌ای	۰/۷٤۸	۱/٤٥۰
۱۳	$LA = -۱٥/٥۱FW^۲ + ٥٥/۳۷FW + ۰/۲٥٥$	چند جمله‌ای	۰/۸٦۰	۰/۷۱٥
۱٤	$LA = ۲۹/۰۹FW^{۰/۸۷۷}$	توانی	۰/۸٦۲	۰/۷۱۷
۱٥	$LA = ۱۰۹/٤DW^{۰/۷٥۸}$	توانی	۰/٦۳۲	۱/۱۸۸
۱٦*	-	-	-	۰/۸۱٥
۱۷*	-	-	-	۱/۲۷٤

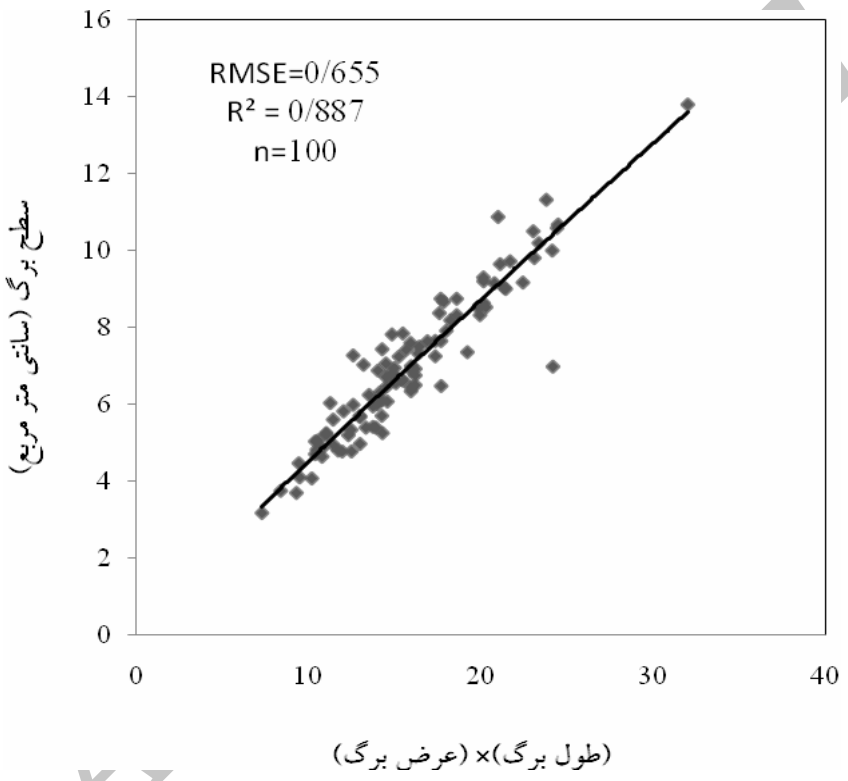
در این جدول W، L، FW و DW به‌ترتیب عرض برگ، طول برگ، وزن تر برگ و وزن خشک برگ می‌باشد.
*: RMSE مشاهده شده در مدل‌های ۱٦ و ۱۷ به‌ترتیب مربوط به تناسب‌گیری وزن تر و وزن خشک می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود بالاترین میزان RMSE مربوط به مدل ۱۲ (حاصل از رگرسیون چند جمله‌ای $L^2 + W^2$) می‌باشد و کمترین میزان RMSE مربوط به مدل‌های حاصل از رگرسیون توانی برای پارامترهای $L \times W$ و $L^2 \times W^2$ می‌باشد. بنابراین از روی داده‌های حاصل در جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که بهترین مدل حاصل برای تخمین سطح برگ در گیاه بادرشبی براساس بالاترین ضریب همبستگی و کمترین

Archive of SID
www.SID.ir

میزان RMSE مدل‌های ۷ و ۱۰ می‌باشد و به دلیل ساده‌تر بودن پارامترها در مدل ۷ می‌تواند مدل مناسب‌تر و آسان‌تری باشد (شکل‌های ۱ و ۲).

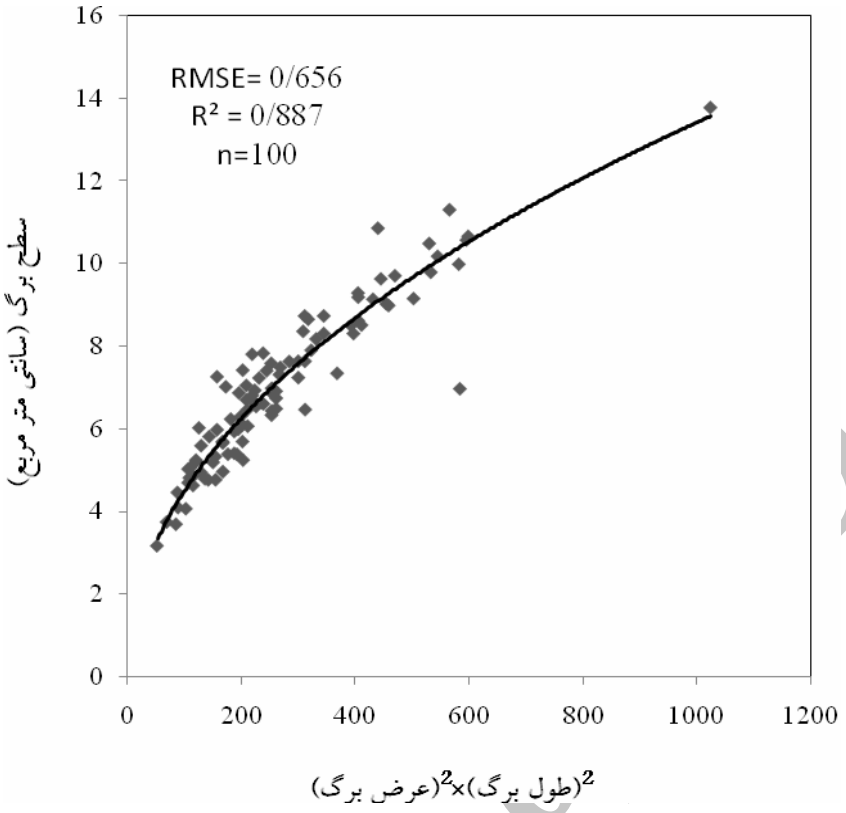
همچنین با توجه به بالاترین ضریب همبستگی و کمترین میزان RMSE می‌توان مدل‌های ۵، ۱۳، ۹ و ۸ را نیز در ردیف مدل‌های قابل قبول برای تخمین سطح برگ در گیاه بادرشبی معرفی نمود. مدل ۱۳ (مدل چند جمله‌ای با استفاده از وزن تر) به دلیل عدم نیاز به اندازه‌گیری ابعاد برگ می‌تواند یک روش سریع و آسان برای اندازه‌گیری سطح برگ باشد، هر چند که از لحاظ دقت به اندازه دقت مدل‌های ۷ و ۱۰ نمی‌باشد.



شکل ۱- همبستگی بین سطح برگ با (طول برگ) × (عرض برگ) در برگ‌های منفرد بادرشبی

(رگرسیون مورد استفاده از نوع توانی می‌باشد)

www.SID.ir



شکل ۲- همبستگی بین سطح برگ با (طول برگ^۲) × (عرض برگ^۲) در برگ‌های منفرد بادرشبی

(رگرسیون مورد استفاده از نوع توانی می‌باشد)

تأیید مدل (Model validation)

برای تأیید مدل‌های بدست‌آمده به منظور تخمین سطح برگ گیاه بادرشبی، سطح برگ اندازه‌گیری شده با سطح برگ پیش‌بینی شده با استفاده از این مدل‌ها (مدل‌های ۷ و ۱۰) رگرسیون‌گیری شدند. نتیجه این رگرسیون‌گیری نشان داد که سطح برگ پیش‌بینی شده از طریق هر دو مدل ۷ و ۱۰ به یک اندازه و به‌طور نسبتاً قوی با R^2= 0/878 با سطح برگ اندازه‌گیری شده همبستگی دارند (شکل ۳).

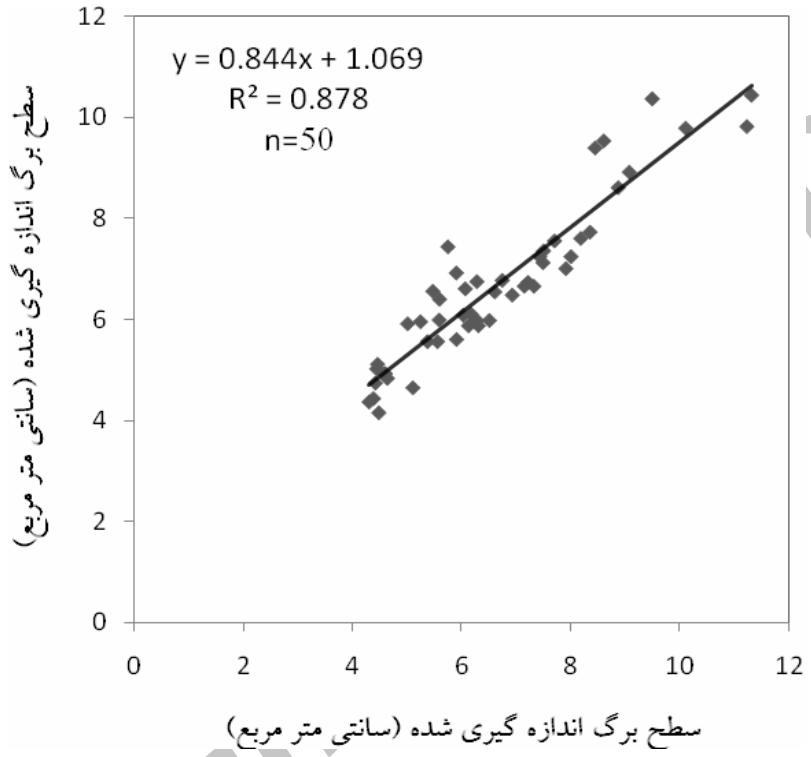
بحث

تحقیق حاضر هماهنگ با مطالعات و تحقیقات قبلی سایر محققان برای پیش‌بینی سطح برگ براساس مدل‌های غیرتخریبی سطح برگ بود؛ به‌عنوان مثال، محققان بهترین مدل برای تخمین سطح برگ گیاه زنجبیل را مدل حاصل از حاصل‌ضرب طول و عرض برگ معرفی نمودند و بیان کردند که این مدل با درجه اطمینان بالایی به‌صورت غیرتخریبی سطح برگ زنجبیل را تخمین می‌زند (Kandiannan *et al.*, 2009). Karimi و همکاران (۲۰۰۹) بهترین مدل برای پیش‌بینی سطح برگ پسته (*Pistacia vera* L. 'Badami') را مدل بدست‌آمده از حاصل‌ضرب طول و عرض برگ گزارش نمودند و بیان داشتند که طول و عرض برگ به تنهایی نمی‌تواند شاخص و پیش‌بینی خوبی از سطح برگ پسته داشته باشد. Cristofori و همکاران (۲۰۰۷) گزارش دادند که بهترین

Archive of SID

www.SID.ir

مدل برای تخمین سطح برگ فندق یک مدل خطی با استفاده از حاصل‌ضرب طول و عرض برگ بدست می‌آید. در این تحقیق نیز همبستگی زیادی بین سطح برگ واقعی با سطح برگ پیش‌بینی شده با استفاده از مدل غیرتخریبی حاصل از حاصل‌ضرب طول و عرض برگ بدست آمد. Potdar و Pawar (۱۹۹۱) برای تخمین سطح برگ دو رقم موز مدل رگرسیونی خطی با دقت بالایی با استفاده از ترکیب طول و عرض برگ طراحی کردند.



شکل ۳- همبستگی بین سطح برگ اندازه‌گیری شده با سطح برگ پیش‌بینی شده (سانتی‌مترمربع)

ارزیابی و مقایسه سطح برگ تخمینی و مشاهده شده در گیاه بادرشبی نشان‌دهنده قدرت بالای مدل‌های توانی بدست‌آمده از حاصل‌ضرب طول و عرض برگ بوده و بیان می‌کند که این مدل‌ها به‌صورت غیرتخریبی می‌توانند تخمین سطح برگ با دقت بالایی را به همراه داشته باشند. همچنین می‌توان این گونه استنباط نمود که پارامتر مستقل حاصل‌ضرب طول و عرض برگ برای تخمین سطح برگ گیاهان و ازجمله در گیاه بادرشبی می‌تواند روش مناسبی نسبت به استفاده از تنها یک پارامتر طول و یا عرض برگ باشد. علاوه بر این، همان‌طور که در مقدمه مقاله عنوان شد امروزه سعی می‌شود که از روشهای غیرتخریبی برای تخمین سطح برگ استفاده شود و یکی از مزیت‌های بزرگ این مدل غیرتخریبی بودن آن می‌باشد. در بخش تأیید مدل نیز مشخص شد که با استفاده از مدل منتخب می‌توان با دقت و سرعت سطح برگ را در گیاه بادرشبی تخمین زد. به‌طور کلی این معادلات روشی آسان، دقیق و

Archive of SID

www.SID.ir

غیرتخریبی و مناسب از نظر صرفه‌جویی در زمان بوده و می‌توانند برای تخمین سطح برگ گیاه بادرشبی مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

نویسندگان از دست‌اندرکاران بخش باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و همچنین از آقای مهندس غنی که در انجام این تحقیق ما را یاری رساندند، صمیمانه تشکر می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

- نخجوان‌پور، ر.، ۱۳٦۸. بررسی فتوشیمیایی، شناسایی ترکیبات اسانس و اثرات ضدقارچی گیاه بادرشبی. رساله دکتری، دانشگاه تهران.
- Aase, J.K., 1987. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. Agronomy Journal, 70: 563-565.
- Aziz, E.E. and El-Sherbeny, S.E., 2004. Effect of some macro and micro-nutrients on growth and chemical constituents of *Sideritis montana* as a new plant introduced into Egypt. Journal of Agriculture Science, 12(1): 391-403.
- Blanco, F.F. and Folegatti, M.V., 2005. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. Scientia Agricola, 62(4): 305-309.
- Caldas, L.S., Bravo, C., Piccolo, H. and Faria, C.R.S.M., 1992. Measurement of leaf area with a hand-scanner linked to a microcomputer. Revista Brasileria de Fisiologia Vegetal, 4: 17-20.
- Cristofori, V., Rouphael, Y., Mendoza-de Gyves, E. and Bignami, C., 2007. A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements. Scientia Horticalture, 113(2): 221-225.
- Csedo, C., 1980. Hargita megye gyógy-és füszernövényel (Medicinal and spice plants in *Hargita county*). Tirgu-Mures, 22(4): 264-266.
- Daughtry, C.S.T., 1990. Direct measurements of canopy structure. International Journal *of* Remote Sensing Reviews, 5: 45-60.
- Demirsoy, H., Demirsoy, L. and Öztürk, A., 2005. Improved model for the non-destructive estimation of strawberry leaf area. Fruits, 60: 69-73.
- Ghaderi, F.A. and Soltani, A., 2007. Leaf area relationships to plant vegetative characteristics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) grown in a temperate subhumid environment. International Journal of Plant Production, 1(1): 63-71.
- Gill, J.L., 1986. Outliers, and influence in multiple regression. Journal of Animal Breeding and Genetics, 103: 161-175.
- Granier, C., Massonnet, C., Turc, O., Muller, B., Chenu, K. and Tardieu, F., 2002. Individual leaf development in Arabidopsis thaliana: a stable thermal-time-based programme. Annals of Botany, 89(5): 595-604.
- Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M. and Baret, F., 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination, I: Theories, sensors and hemispherical photography. Agricultural and Forest Entomology, 121: 19-35.
- Kandiannan, K., Parthasarathy, U., Krishnamurthy, K.S., Thankamani, C.K. and Srinivasan, V., 2009. Modeling individual leaf area of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using leaf length and width. Scientia Horticulturae, 120(4): 532-537.
- Karimi, S., Tavallali, 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.
- Leroy, C., Saint-Andre, L. and Auclair, D., 2007. Practical methods for non-destructive measurement of tree leaf area. agroforestry systems, 71(2): 99-108.
- Lizaso, J.I., Batchelor, W.D. and Westgate, M.E., 2003. A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. Field Crops Research, 80: 1-17.
- Loage, K.M. and Green, R.E., 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models. Journal of Contaminant Hydrology, 7: 51-73.
- Marquardt, D.W., 1970. Generalized inverse, ridge regression and biased linear estimation. Technometrics, 12(3): 591-612.
- Mendoza-de Gyves, E., Rouphael, Y., Cristofori, V. and Mira, F.R., 2007. A non-destructive, simple and accurate model for estimation the individual leaf area of kiwi (*Actinidia deliciosa*). Fruits, 62: 171-176.
- Montgomery, E.G., 1911. Correlation studies in corn. Nebraska Agricultural Experiment Station Annual Report, 24: 108-159.
- Nyakwende, E., Paull, C.J. and Atherton, J.G., 1997. Non-destructive determination of leaf area in tomato plants using image processing. Journal of Horticulture Science, 72(2): 225-262.

Archive of SID

www.SID.ir

- Potdar, M.V. and Pawar, K.R., 1991. Non-destructive leaf area estimation in banana. Scientia Horticulturae, 45(3-4): 251-254.
- Racz, G., Tibori, G. and Csedo, C., 1978. Composition of volatile oil from *Dracocephalum moldavica* L. Farmacia, 26(2): 93-96.
- Raper, J.R., Smith, W.T. and York, E.K., 1974. Geometry of tobacco leaves: effect on estimation of leaf area. Tobacco Science, 18: 11-14.
- Rechinger, H., 1986. Flora Iranica: Labiatae. 150: 218-230.
- Romas, J.M., Garcia del Moral, L.F. and Reclade, L., 1983. Dry matter and leaf area relationship in winter barley. Agronomy Journal, 75: 308-310.
- Ross, J., Ross, V. and Koppel, A., 2000. Estimation of leaf area and its vertical distribution during growth period. Agricultural and Forest Meteorology, 101: 237-246.
- Rouphael, Y., Rivera, C.M., Cardarelli, M., Fanasca, S. and Colla, G., 2006. Leaf area estimation from linear measurements in zucchini plants of different ages. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 81(2): 238-241.
- Salerno, A., Rivera, C.M., Rouphael, Y., Colla, G., Cardarelli, M., Pierandrei, F., Rea, E. and Saccardo, F., 2005. Leaf area estimation of radish from simple linear measurements. Advances in horticultural science, 19: 213-215.
- Serdar, Ü. and Demirsoy, H., 2006. Non-destructive leaf area estimation in chestnut. Scientia Horticultue., 108(2): 227-230.
- Serrano, L., Gamon, J.A. and Berry, J., 1997. Estimation of leaf area with an integrating sphere. Tree Physiology, 17(8-9): 571-576.
- Sharrett, B.S. and Baker, D.G., 1985. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Science, 26: 1040-1042.
- Westoby, M. and Wright, I.J., 2003. The leaf size-twig size spectrum and its relationship to other important spectra of variation among species. Oecologia, 135(4): 621-628.
- Xevi, E., Gilley, J. and Feyen, J., 1996. Comparative study of two crop yield simulation models. Agricultural Water Management, 30(2): 155-173.

Archive of SID

www.SID.ir

Modeling leaf area of *Dracocephalum moldavica* L. as a medicine plant using destructive and non-destructive methods

Z. karimian Fariman[1]*, A. Mousavi Bazaz[2] and M. Banayan Aval[3]

1*- Corresponding author, PhD. student, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
E-mail: zkarimianf@gmail.com
2- PhD. Student, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: August 2010 Revised: January 2011 Accepted: March 2011

Abstract

Leaf area (LA) is a key variable for physiological studies, therefore accurate and simple models determining leaf area of plants are important for many experimental comparisons. Measuring the leaf area of *Dracocephalum moldavica* L. either as a medicinal plant or a vegetable is one of the most important factors. For this purpose, an experiment was conducted at research greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. For estimation of leaf area of this plant, leaf dry weight, leaf fresh weight and leaf dimensions (width and length) were measured. Regression analyses of LA versus FW, DW, L and W revealed several models that could be used for estimating the area of individual leaves of *Dracocephalum moldavica*. Among all models studied in this experiment, $LA = 0.510(L+W)^{0.946}$ and $LA=0.510(L^2\times W^2)^{0.473}$ provided the most accurate estimate ($R^2 = 0.887$, RMSE = 0.655 and $R^2 = 0.887$, RMSE = 0.656) of LA, respectively. It can be concluded that regressions using $L\times W$ and $L^2\times W^2$ may better estimate the leaf area. However, leaf length and width solely didn't display a good estimation of leaf area. Also these models were validated and showed that they could predict the leaf area of *Dracocephalum moldavica* quickly and precively.

Key words: leaf area, leaf length, leaf width, modeling, fresh weight, dry weight.

Archive of SID

www.SID.ir