مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره سی، ۱۳۹۶

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

برآورد سطح برگ با برخی ویژگی‌های رویشی در برخی ارقام گندم نان و دوروم

جعفر پوررضا[۱]، افشین سلطانی[۲]، احمد نادری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/٦/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۰/۱۲۹٤

چکیده

به منظور برآورد سطح برگ با استفاده از ویژگی‌های رویشی در ارقام مختلف گندم، آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامهرمز در سال‌های ۸۷-۱۳۸۵ انجام شد. تیمارهای آزمایش ۱۳ رقم گندم نان (اترک، بیات، چمران، چناب، دز، اینیاء، کویر، مرودشت، S78-18، شیراز، زاگرس، استار، ویریناک) و دو رقم گندم دوروم (یاواروس و شوامالد) بودند. از معادلات مختلفی برای توصیف رابطه سطح برگ با ویژگی‌های ذکر شده استفاده شد و سرانجام معادله توانی ($y=ax^b$) به صورت تبدیل شده خطی $[\ln(Y)=\ln(a)+b\times\ln(X)]$به عنوان بهترین معادله تعیین گردید. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام در ضرایب مربوط به روابط بین سطح برگ با ویژگی‌های رویشی وجود نداشت بنابراین یک معادله کلی برای همه ارقام در دو سال برای هر رابطه استفاده گردید. معادله $Y=۲۱۹/۲X^{۰/۹۶}$ ($R^2=۰/۹۹$) توصیف بسیار خوبی از برآورد سطح برگ (Y) با استفاده از وزن خشک برگ (X) نشان داد، همچنین سطح برگ (Y) با استفاده از داده‌های وزن خشک اجزای رویشی (X) بر اساس معادله $Y=۸٤/۷۷X^{۰/٦۰}$ ($R^2=۰/۹۲$) به خوبی برآورد گردید. رابطه سطح برگ (Y) با تعداد کل برگ در بوته (Y) نسبت به دو رابطه بالا؛ رابطه‌ی مناسبی بوده ولی سطح برگ با دقت کمتری برآورد گردید ($R^2=۰/۸۹،Y=۱/۳٤X^{۱/۵۷}$) و برآورد سطح برگ با استفاده از داده‌های ارتفاع بوته به خوبی انجام نشد. از این روابط می‌توان برای تخمین سطح برگ به ویژه زمانی که دستگاه-های سنجش سطح برگ موجود نیست، استفاده کرد. علاوه بر این، چنین روابطی قابلیت کاربرد در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی را دارا هستند.

واژه های کلیدی: ارقام گندم، توابع توانی، سطح برگ، وزن خشک برگ، ویژگی‌های رویشی

قنبری، س.، س.غ. موسوی، ح.ر. ذبیحی و م. فاضلی رستم‌پور. ۱۳۹٦. برآورد سطح برگ با برخی ویژگی‌های رویشی در ارقام گندم نان و دوروم. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۰: ۱٤۱-۱۲۹.

۱- گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران. مسئول مکاتبات. پست الکترونیک Email : j_pourreza@iauramhormoz.ac.ir
۲ -استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳ - استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی جهان است که برای تولید عملکرد مناسب، پایدار و برنامه‌ریزی‌شده در آن جنبه‌های مختلفی نیاز به بررسی دارند (سینکلر و جیمیسون، ۲۰۰۶؛ ۲۰۰۷؛ اسلافر و همکاران، ۱۹۹۵).

سطح برگ با استفاده از خصوصیات شکل برگ و خصوصیات کانوپی گیاه قابل برآورد می‌باشد (لایس و همکاران، ۱۹۸٦). اندازه-گیری مجموع سطح برگ در گیاهانی که دارای تنوع زیادی در تعداد، اندازه و شکل برگ هستند، بسیار مشکل و زمان‌بر است و نیاز به صرف هزینه دارد. علاوه بر این در شرایطی که ابزارهای اندازه‌گیری سطح برگ قابل دسترس نیست، وجود روش‌هایی با هزینه کمتر و راحت‌تر مورد نیاز خواهد بود (نیکلاس، ۱۹۹۵).

همبستگی رشد بین اندام‌های تشکیل دهندهٔ گیاهان باعث می‌شود که آن‌ها شکل مخصوص به خود را کسب نمایند. روابط بین سرعت رشد اجزای منفرد یک اندام یا یک موجود آلومتری خوانده می‌شود (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۵). روابط آلومتریک در گیاهان تغییرات رشد و نمّو و مشخصات نسبی یک بخش از گیاه در مقایسه با کل یا بخش‌های دیگر گیاه را نشان می‌دهد. این روابط در مقایسات درون‌گونه‌ای مبنایی برای به دست آوردن اطلاعات از وضعیت رشد و نمو گیاهان هستند (نیکلاس، ۱۹۹٤). هنگامی که روابط آلومتریک برای یک گیاه ویژه ثابت باشند می‌توان از آن‌ها برای پیش‌بینی رشد رویشی گیاه استفاده نمود (نیکلاس، ۱۹۹۵).

روابط آلومتریک ثابت و پایدار در آنتوژنی و شکل شناسی گیاه می‌تواند به صورت اجزای مدل‌های گیاهی استفاده شود و پارامترهایی از گیاه را که اندازه‌گیری آن‌ها مشکل است، برآورد کنند (ردی و همکاران، ۱۹۹۸). اختلافات آلومتریک می‌تواند بین ارقام یک گونه مورد انتظار باشد، مطالعات نشان داده که اصلاحات ژنتیکی در گندم منجر به تغییرات در روابط آلومتریک گیاه می‌شود (لنتون و همکاران، ۱۹۸۷). مطالعات جدید پیشنهاد می‌کنند که توانایی گیاهان جهت سازگاری با محیط می‌تواند روابط آلومتریک را بویژه در گیاهان یکساله تحت تأثیر قرار دهد (ریکی و بزاز، ۱۹۸۷؛ مارول و همکاران، ۱۹۹۲).

دانش روابط آلومتریک هم در بهبود آنالیزهای رشد گیاهی و هم در برآورد پارامترهای گیاهی از داده‌های کم یا حساس با اهمیت می‌باشد .آشکار ساختن چنین روابطی می‌تواند به کمّی سازی رشد و نمو گیاه گندم کمک کند. بررسی سطح برگ بوته به خصوص در مباحث مربوط به تراکم و رقابت علفهای هرز می‌تواند مفید واقع شود و یک راهکار برای اندازه‌گیری سطح برگ بوته، استفاده از روابط آلومتریک، از قبیل یافتن معادلاتی برای برآورد سطح برگ با استفاده از خصوصیات گیاهی اندازه‌گیری شده می‌باشد. از مهمترین این خصوصیات گیاهی می‌توان به وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک اجزای رویشی (ساقه+برگ)، تعداد کل برگ و ارتفاع بوته اشاره نمود. از این معادلات به طور موفقیت‌آمیزی برای گیاهان مختلف از قبیل بادام زمینی (ما و همکاران، ۱۹۹۲)، یونجه (جانسون، ۱۹٦۷)، ارزن (پین و همکاران، ۱۹۹۱)، جو (راماس و همکاران، ۱۹۸۳) و ذرت (استوارت و دوایر، ۱۹۹۱) استفاده شده است.

سطح برگ عامل تعیین کننده جذب تابش، فتوسنتز، تجمع ماده خشک و انتقال انرژی توسط پوشش گیاهی است. همچنین، از نظر رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز نیز دارای اهمیت می‌باشد (اکرم‌قادری و سلطانی، ۲۰۰۷). بنابراین، اندازه‌گیری دقیق سطح برگ برای درک اثرات متقابل بین رشد و نمو گیاه و محیط ضروری است (دیجسوس و همکاران، ۲۰۰۱). در پنبه از معادله خطی با استفاده از ابعاد مختلف برگ مثل طول و عرض برگ استفاده شده است (جوهانسون، ۱۹٦۷). در این روش برآورد سطح برگ بدون نیاز به از بین بردن برگ صورت می‌گیرد. همچنین شارت و بیکر (۱۹۸۵) در یونجه روابطی بین سطح برگ با وزن خشک برگ و وزن خشک کل ارائه کردند. هدف از این تحقیق یافتن روابطی برای تخمین سطح برگ با استفاده از وزن خشک برگ، وزن خشک کل اجزای رویشی، تعداد کل برگ در بوته و ارتفاع بوته در ارقام گندم بود.

مواد و روش ها

۱۵ رقم گندم (اترک، بیات، چمران، چناب، دز، اینیاء، کویر، مرودشت، S78-18، شیراز، شوامالد (کرخه)، استار، ویریناک، یاواروس و زاگرس) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ و ۸٦-۱۳۸۵ در منطقه رامهرمز کشت شدند. این مزرعه در مکانی با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱٦ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۳٦ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع ۱۵۱ متری از سطح دریا قرار گرفته است و بر اساس آمار بلند مدت ۳۰ ساله دارای متوسط بارندگی سالانهٔ ۳۲۰ میلی‌متر، متوسط تشعشع روزانه ۱۹/۱ مگا ژول بر مترمربع در روز و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانهٔ به ترتیب ۲۷/۱ و ۱۹/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اقلیم منطقه دارای تابستان‌های طولانی و بسیار گرم و زمستان‌های تقریباً معتدل می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن و کوپن، منطقه‌ای بیابانی و خشک است.

ارقام از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان تهیه شدند. طول کرت‌های آزمایش ٦ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و هر کرت شامل ٦ ردیف خط کشت بود. همه کرت‌ها در یک تراکم ثابت ٤۰۰ بذر در مترمربع کشت شدند. قبل از کاشت بذرها، با سم کربوکسی تیرام به میزان دو در هزار ضدعفونی شدند. در این پژوهش ویژگی‌های مربوط به سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک کل اجزای رویشی (برگ + ساقه)، تعداد کل برگ در بوته (سبز+زرد شده) و ارتفاع بوته در مراحل[1] پنجه‌زنی (٤۱ روز)، ساقه‌رفتن (۸۳ روز)، ظهور برگ پرچم (۹۰ روز)، سنبله رفتن (۱۰۳ روز)، شروع گرده‌افشانی (۱۰۵ روز)، تکمیل گرده‌افشانی (۱۱۳ روز)، رسیدگی فیزیولوژیک (۱٤۰ روز) اندازه‌گیری شدند. تمام اندازه‌گیری‌ها روی نمونه گیاهی شامل ۱۰ بوته که از یک نمونه بزرگ‌تر ۲۰ تایی انتخاب شده بودند، صورت گرفت. یک برگ زمانی زرد و پیر شده در نظر گرفته می‌شد که ۵۰ درصد یا بیشتر از سطح آن زرد شده باشد. طول پهنک برگ (LL) و حداکثر عرض پهنک (LW) در کلیه برگ‌های بوته اندازه‌گیری شدند تا سطح هر برگ (LA) بر اساس روش مونتگومری (۱۹۱۱) به صورت زیر محاسبه گردد:

$$LA=\alpha\times LL\times LW \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در آن α، فاکتور تصحیح و برابر با ۰/۷۵ است. سطح کل برگ‌های بوته به صورت مجموع سطوح برگ‌های سبز در بوته محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک در هر نمونه‌برداری برگ‌های سبز و ساقه‌ها به صورت جداگانه در دمای ۷۲ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت در آون قرار گرفتند، سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای توصیف رابطه سطح برگ با ویژگی‌های رویشی از معادله توانی ($y=a\ x^b$) به صورت تبدیل شده خطی [$\ln(y)=\ln(a)+b\times\ln(x)$] که در آن از x و y لگاریتم گرفته شده است) استفاده گردید. در این معادله a عرض از مبدأ و b شیب خط رگرسیون می‌باشد. برازش معادله و بررسی آن برای کلیه ارقام در ۲ سال آزمایش به شکل جداگانه انجام شد و در نهایت برای کلیه ارقام یک معادله کلی برازش داده شد. تجزیه آماری با برنامه SAS صورت گرفت (سلطانی و همکاران، ۱۳۷۷).

برای برآورد تفاوت میانگین یک تیمار با تیمار دیگر یا میانگین کل تیمارها از آماره‌ی خطای معیار میانگین (SE[2]) استفاده شد. طبق نظریه احتمالات در ۹۵ درصد نمونه‌ها میانگین جمعیت در محدوده‌ی ±۲ واحد خطای معیار (±۲SE) از میانگین نمونه قرار دارد؛ به عبارت دیگر به احتمال ۹۵ درصد میانگین جمعیت در محدوده‌ی ±۲ خطای معیار از میانگینِ نمونه‌ها قرار دارد. عددی که برای خطای معیار به دست می‌آید همواره برحسب واحد متغیر مورد بررسی است؛ بنابراین مقدار برآورد شده SE در جداول ارائه شده در این پژوهش را اگر در عدد ۲ ضرب کرده و با مقدار پارامترهای مورد بررسی برای هر تیمار جمع و تفریق شود یک فاصله اطمینان در سطح ۹۵ درصد احتمال ایجاد می‌کند که بر این اساس می‌توان تفاوت دو تیمار یا دو گروه از تیمارها را بررسی کرد.

برای توصیف رابطه بین سطح برگ و هر یک از ویژگی‌های رویشی از RMSE (جذر میانگین مربعات خطا)، R^2 (ضریب تبیین)، CV (ضریب تغییرات) و ضرایب a و b (ضرایب رگرسیون ساده خطی $y=a+b*x$) بین سطح برگ مشاهده شده (به عنوان X) در برابر سطح برگ پیش‌بینی شده (به عنوان Y) استفاده شد. در روابط رگرسیونی مدل‌هایی که حداقل یکی از ضرایب a و b به ترتیب با صفر و یک اختلاف معنی‌دار نشان دادند، باید کنار گذاشته شوند زیرا برای پیش‌بینی مناسب نیستند. معنی‌دار بودن ضریب a به این معنی است که عرض از مبدأ خط رگرسیون از عرض از مبدأ خط یک به یک (۱:۱) اریبی دارد. معنی‌دار بودن b به این معنی است که شیب خط رگرسیون از شیب خط ۱:۱ فاصله دارد و خط رگرسیون نسبت به خط ۱:۱ اریبی دارد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦؛ اکرم‌قادری و همکاران، ۲۰۰۸؛ ترابی و سلطانی، ۲۰۱۲). از میان مدل‌های خطی مورد استفاده جهت برآورد سطح برگ، مدل خطی که مقادیر ضرایب a و b آن به ترتیب با صفر و یک اختلاف معنی‌داری نداشته و RMSE کمتر و R^2 بالاتری داشته باشد به عنوان مدل مناسب برای توصیف سطح برگ ارقام گندم انتخاب شدند.

نتایج و بحث

در جدول ۱ پارامترهای RMSE، CV، R2، ضریب a و b و در شکل‌های ۲، ۳، ٤ و ۵ کارایی برازش مدل به رابطه بین سطح

۱- اعداد داخل پرانتز متوسط روز از کاشت تا مرحله مورد نظر در دو سال آزمایش هستند.

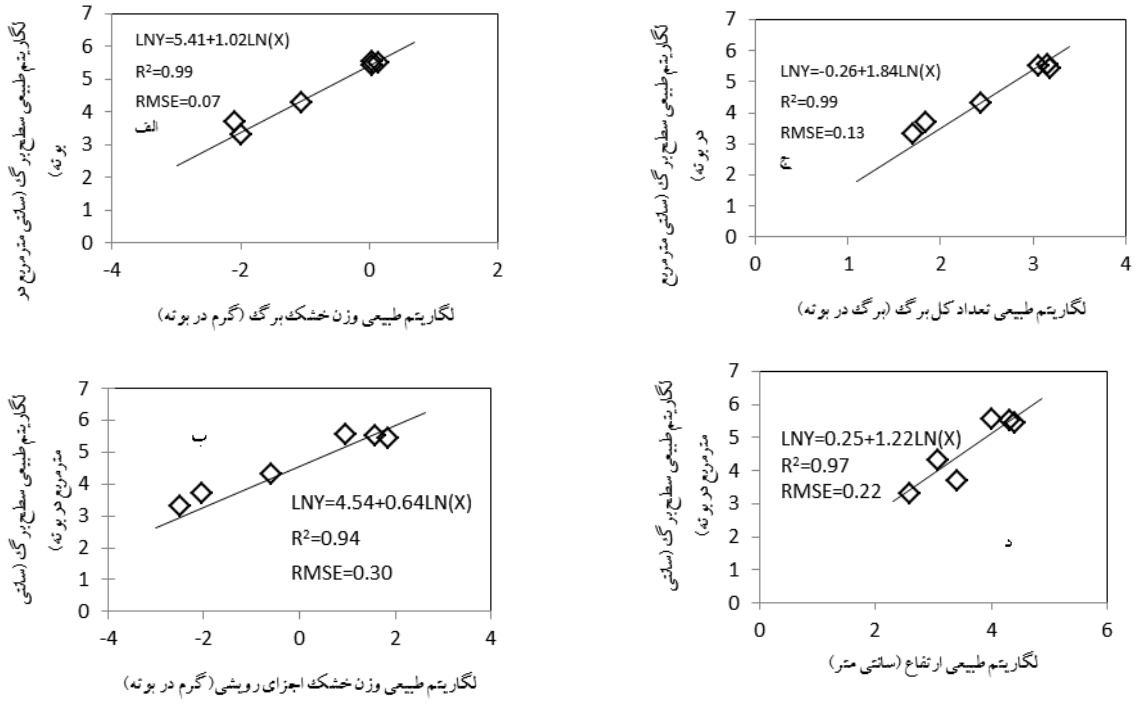
1- Standard Error

برگ اندازه‌گیری شده و سطح برگ برآورد شده با استفاده از ویژگی‌های رویشی ارائه شده است. همان‌طور که گفته شد از میان مدل‌های خطی مورد استفاده جهت برآورد سطح برگ با ویژگی‌های رویشی، مدل خطی که مقادیر ضرایب a و b آن به ترتیب با صفر و یک، اختلاف معنی‌داری نداشته و RMSE کمتر و R^2 بالاتری داشته باشد به عنوان مدل مناسب برای توصیف سطح برگ ارقام گندم انتخاب می‌شود؛ یعنی هر چه پراکنش نقاط در اطراف خط ۱:۱ کمتر باشد نشانه کارآیی بالاتر مدل می‌باشد.

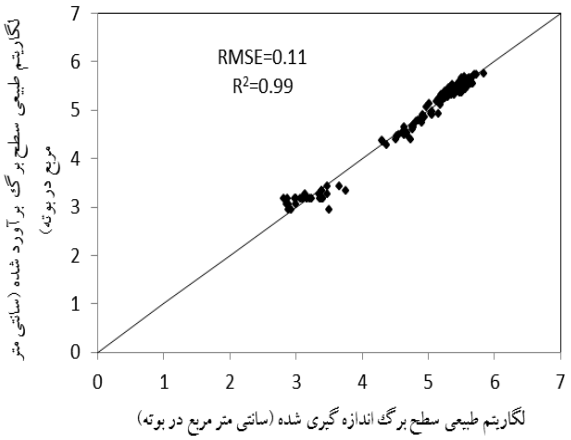
جدول ۱- جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب تغییرات (CV) و ضریب تبیین (R^2) برای مدل خطی (ln (Y)=a+b*ln(X)) توصیف کننده رابطه سطح برگ با ویژگی‌های رویشی در ارقام مختلف گندم نان و دروم در دو سال آزمایش و ضرایب رگرسیون (a و b) برای رابطه بین سطح برگ مشاهده شده (واقعی) و برآورد شده (پیش‌بینی شده) با استفاده از ویژگی‌های رویشی را نشان می‌دهد

ویژگی رویشی	b±SE	a±SE	CV	R^2	RMSE
وزن خشک برگ	۱/۰±۰۳/۰۰۷	−۰/۰±۱۵/۰۳۵	۲/۱۷	۰/۹۹	۰/۱۱
وزن خشک کل اجزای رویشی	۰/۰±۹۲/۰۲۲	۰/۰±۳٤/۱۱۲	۵/۳۰	۰/۹۲	۰/۲٦
تعداد کل برگ بوته	۰/۰±۸۲/۰۳۱ *	۰/۰±۸۳/۱۵٦ *	٦/۱۹	۰/۸۹	۰/۳۰
ارتفاع بوته	۰/۰±٤۱/۳۵ *	۲/۰±۹۰/۱۷۵ *	۷/۸۹	۰/۸۲	۰/۳۸

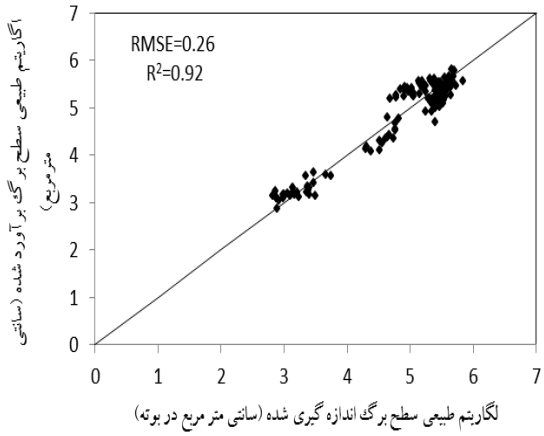
* برای ضریب a نشان دهنده اختلاف معنی‌دار آن با صفر و برای b نشان دهنده اختلاف معنی‌دار آن با یک است



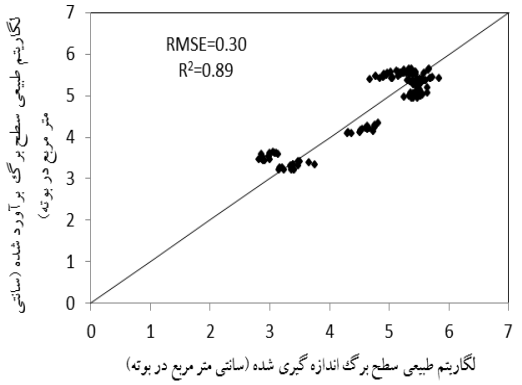
شکل ۱- نمونه‌هایی از برازش معادله خطی برای رابطه بین سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با وزن خشک برگ (گرم) (الف)، سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با وزن خشک اجزای رویشی (گرم)(ب)، سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با تعداد کل برگ (ج) و سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با ارتفاع بوته (سانتی‌متر)(د) در رقم اترک. نقاط مربوط به مراحل مختلف نمو در کشت سال دوم هستند.



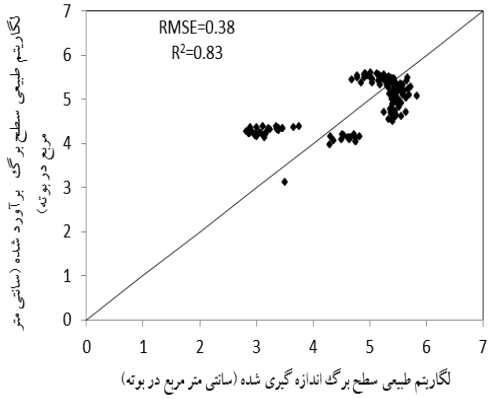
شکل ۲- مقادیر سطح برگ برآورد شده (سانتی‌مترمربع) با استفاده از وزن خشک برگ در مقابل سطح برگ اندازه‌گیری شده برای کلیه ارقام گندم در دو سال آزمایش.



شکل ٤- مقادیر سطح برگ برآورد شده (سانتی‌مترمربع) با استفاده از تعداد کل برگ در بوته در مقابل سطح برگ اندازه‌گیری شده برای کلیه ارقام گندم در دو سال آزمایش.



شکل ۳- مقادیر سطح برگ برآورد شده (سانتی‌مترمربع) با استفاده از وزن خشک اجزای رویشی در مقابل سطح برگ اندازه‌گیری شده برای کلیه ارقام گندم در دو سال آزمایش.



شکل ۵- مقادیر سطح برگ برآورد شده (سانتی‌مترمربع) با استفاده از ارتفاع بوته در مقابل سطح برگ اندازه‌گیری شده برای کلیه ارقام گندم در دو سال آزمایش.

در جداول ۲، ۳، ٤ و ۵ ضرایب a و b، ضریب تبیین معادله خطی (R^2)، ضریب تغییرات (CV) و جذر میانگین مربعات اشتباه (RMSE) سطح برگ و ویژگی‌های مذکور برای تک تک ارقام در دو سال آزمایش آورده شده است. شایان ذکر است که برای کلیه ارقام و در هر سال جداگانه برازش معادله و بررسی انجام شده است و نتایج نشان داد در سال اول و دوم آزمایش بین ضرایب معادله برای مجموع ارقام و ارقام مختلف اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، بنابراین ارائه یک معادله کلی برای همه ارقام در هر سال آزمایش کافی می‌باشد. مثالی از برازش معادله خطی برای رابطه بین سطح برگ و ویژگی‌های رویشی در رقم اترک در شکل ۱ آمده است.

جدول ۲- ضرایب (a و b)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تغییرات (CV) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) معادله خطی ln (Y)=a+b*ln(X) بین سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با وزن خشک برگ (گرم) برای ارقام گندم در دو سال آزمایش مزرعه‌ای

	ارقام	b±SE	a±SE	CV	R^2	RMSE
	اترک	۰/۰±۹۸/۰۹	۵/۰±۴۰/۱۱	۴/۲۶	۰/۹۷	۰/۲۰
	بیات	۰/۰±۹۶/۰۳	۵/۰±۳۰/۰۲	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۰۵
	چمران	۰/۰±۹۹/۰۵	۵/۰±۳۵/۰۶	۲/۳۱	۰/۹۹	۰/۱۱
	چناب	۱/۰±۰۴/۰۳	۵/۰±۴۳/۰۲	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۰۴
	دز	۱/۰±۱۰/۰۹	۵/۰±۴۹/۱۰	۳/۷۰	۰/۹۸	۰/۱۷
	اینیاء	۰/۰±۹۸/۰۳	۵/۰±۳۸/۰۲	۰/۸۴	۰/۹۹	۰/۰۴
سال اول	کویر	۰/۰±۹۹/۰۵	۵/۰±۴۳/۰۶	۲/۲۷	۰/۹۹	۰/۱۱
	مرودشت	۱/۰±۰۳/۰۳	۵/۰±۳۷/۰۴	۱/۴۹	۰/۹۹	۰/۰۷
	S78-18	۰/۰±۹۶/۰۳	۵/۰±۲۸/۰۳	۱/۱۹	۰/۹۹	۰/۰۶
	شیراز	۱/۰±۰۵/۰۳	۵/۰±۳۲/۰۲	۰/۸۸	۰/۹۹	۰/۰۴
	شوا-مالد (کرخه)	۰/۰±۹۴/۰۲	۵/۰±۳۱/۰۲	۰/۸۴	۰/۹۹	۰/۰۴
	استار	۰/۰±۹۹/۰۳	۵/۰±۳۳/۰۲	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۰۴
	ویریناک	۱/۰±۰۱/۰۴	۵/۰±۳۶/۰۴	۱/۶۹	۰/۹۹	۰/۰۸
	یاواروس	۰/۰±۹۵/۰۵	۵/۰±۳۷/۰۶	۲/۴۲	۰/۹۹	۰/۱۱
	زاگرس	۰/۰±۹۹/۰۴	۵/۰±۳۸/۰۴	۱/۸۱	۰/۹۹	۰/۰۸
	مجموع ارقام	۰/۰±۹۹/۰۲	۵/۰±۳۶/۰۱	۱/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۹
	اترک	۱/۰±۰۲/۰۳	۵/۰±۴۱/۰۴	۱/۵۵	۰/۹۹	۰/۰۷
	بیات	۰/۰±۹۹/۰۷	۵/۰±۴۶/۰۸	۳/۱۶	۰/۹۸	۰/۱۵
	چمران	۰/۰±۹۱/۰۳	۵/۰±۴۳/۰۲	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۰۵
	چناب	۰/۰±۸۹/۰۴	۵/۰±۳۸/۰۴	۱/۴۴	۰/۹۹	۰/۰۷
	دز	۰/۰±۸۹/۰۴	۵/۰±۴۳/۰۴	۱/۴۴	۰/۹۹	۰/۰۷
	اینیاء	۰/۰±۸۴/۰۳	۵/۰±۴۲/۰۳	۱/۰۲	۰/۹۹	۰/۰۵
سال دوم	کویر	۰/۰±۹۱/۰۲	۵/۰±۳۶/۰۲	۰/۶۳	۰/۹۹	۰/۰۳
	مرودشت	۰/۰±۸۰/۰۵	۵/۰±۳۸/۰۵	۱/۸۶	۰/۹۹	۰/۰۹
	S78-18	۰/۰±۹۵/۰۳	۵/۰±۴۲/۰۳	۱/۲۴	۰/۹۹	۰/۰۶
	شیراز	۰/۰±۹۳/۰۴	۵/۰±۴۱/۰۴	۱/۶۵	۰/۹۹	۰/۰۸
	شوا-مالد (کرخه)	۰/۰±۹۷/۰۲	۵/۰±۴۱/۰۲	۰/۸۳	۰/۹۹	۰/۰۴
	استار	۰/۰±۹۸/۰۲	۵/۰±۴۷/۰۲	۰/۳۰	۰/۹۹	۰/۰۱
	ویریناک	۰/۰±۸۷/۰۴	۵/۰±۳۹/۰۴	۱/۶۵	۰/۹۹	۰/۰۸
	یاواروس	۰/۰±۹۷/۰۲	۵/۰±۳۹/۰۲	۰/۸۹	۰/۹۹	۰/۰۴
	زاگرس	۰/۰±۹۲/۰۲	۵/۰±۴۱/۰۲	۰/۸۷	۰/۹۹	۰/۰۴
	مجموع ارقام	۰/۰±۹۳/۰۱	۵/۰±۴۱/۰۱	۱/۷۵	۰/۹۹	۰/۰۸
	مجموع ارقام در دو سال آزمایش	۰/۰±۹۶/۰۱	۵/۰±۲۹/۰۱	۲/۱۷	۰/۹۹	۰/۱۱

جدول ۳- ضرایب (a و b)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تغییرات (CV) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) معادله خطی ln (Y)=a+b*ln(X) بین سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با وزن خشک کل اجزای رویشی (گرم) برای ارقام گندم در دو سال آزمایش مزرعه‌ای.

	ارقام	b±SE	a±SE	CV	R^2	RMSE
	اترک	۰/۰±٦٧/١٧	٤/٠±١٣/٢٦	١٠/٦٢	۰/٨٤	۰/٥۰
	بیات	۰/۰±٦٧/١٧	٦/٠±١٩/٢٧	٩/٧١	۰/٨٤	۰/٤٧
	چمران	۰/۰±٧١/١٨	٤/٠±١٦/٢٨	١٠/٢٣	۰/٨٣	۰/٤٩
	چناب	۰/۰±٦٩/١٨	٤/٠±١٩/٢٧	١٠/٣٠	۰/٨٤	۰/٤٩
	دز	۰/۰±٧٣/١٧	٤/٠±١٥/٢٦	١٠/٢٧	۰/٨٥	۰/٤٩
	اینیاء	۰/۰±٦٥/١٦	٤/٠±٢٢/٢٥	٩/٧٣	۰/٨٤	۰/٤٦
سال اول	کویر	۰/۰±٦٧/١٨	٤/٠±١٥/٢٧	١٠/٨٨	۰/٨٢	۰/٥١
	مرودشت	۰/۰±٧٠/١٨	٤/٠±١٠/٢٨	١٠/٥١	۰/٨٤	۰/٥۰
	S78-18	۰/۰±٦٨/١٥	٤/٠±٢٥/٢٤	٨/٥٩	۰/٨٧	۰/٤٣
	شیراز	۰/۰±٧٠/١٦	٤/٠±١٥/٢٦	٩/٣٩	۰//٨٨	۰/٤٥
	شوا-مالد (کرخه)	۰/۰±٦٥/١٧	٤/٠±٢١/٢٦	٩/٦٢	۰/٨٣	۰/٤٦
	استار	۰/۰±٧٢/١٥	٤/٠±٢٠/٢٥	٨/٦٧	۰/٨٨	۰/٤٣
	ویریناک	۰/۰±٦٩/١٧	٤/٠±١٨/٢٦	١٠/٢٩	۰/٨٤	۰/٤٩
	یاواروس	۰/۰±٦٤/١٧	٤/٠±١٦/٢٦	١٠/٤١	۰/٨٣	۰/٤٩
	زاگرس	۰/۰±٦٨/١٧	٤/٠±١٩/٢٦	٩/٩٠	۰/٨٤	۰/٤٧
	مجموع ارقام	۰/۰±٦٩/٠٥	٤/٠±١٨/٠٥	٧/٨٧	۰/٨٥	۰/٣٨
	اترک	۰/۰±٦٤/٠٩	٤/٠±٥٤/١٣	٦/٣٧	۰/٩٤	۰/٣۰
	بیات	۰/۰±٥٩/١٣	٤/٠±٦۰/١٩	٨/٤٨	۰/٨٨	۰/٤١
	چمران	۰/۰±٥٥/٠٩	٤/٠±٦٦/١٣	٥/٧٤	۰/٩٣	۰/٢٧
	چناب	۰/۰±٥٦/١٠	٤/٠±٦٤/١٥	٦/٦٥	۰/٩١	۰/٣٣
	دز	۰/۰±٥٥/٠٩	٤/٠±٦٦/١٣	٥/٨٢	۰/٩٣	۰/٢٨
	اینیاء	۰/۰±٥۰/٠٩	٤/٠±٧٢/١٢	٥/٣٦	۰/٩١	۰/٢٦
سال دوم	کویر	۰/۰±٥٥/٠٩	٤/٠±٥٣/١٣	٦/١١	۰/٩٣	۰/٢٩
	مرودشت	۰/۰±٥٦/٠٩	٤/٠±٧۰/١١	٩۰٥	۰/٩٣	۰/٣۰
	S78-18	۰/۰±٦١/٠٨	٤/٠±٧۰/١٢	٤/٧٦	۰/٩٥	۰/٢٤
	شیراز	۰/۰±٦٣/٠٨	٤/٠±٦٧/١۰	٤/٢٩	۰/٩٧	۰/٢١
	شوا-مالد (کرخه)	۰/۰±٦٢/٠٩	٤/٠±٥٨/١٣	٦/٠٥	۰/٩٤	۰/٢٩
	استار	۰/۰±٦٤/٠٩	٤/٠±٧٣/١٣	٥/٣٦	۰/٩٥	۰/٢٧
	ویریناک	۰/۰±٥٤/٠٩	٤/٠±٦٦/١٣	٥/٩١	۰/٩٢	۰/٢٩
	یاواروس	۰/۰±٦۰/٠٩	٤/٠±٥٢/١٣	٦/٤٧	۰/٩٣	۰/٣۰
	زاگرس	۰/۰±٥٨/٠٩	٤/٠±٦٣/١٣	٥/٦١	۰/٩٣	۰/٢٧
	مجموع ارقام	۰/۰±٥٨/٠٤	٤/٠±٦٤/٠٤	٥/٠٣	۰/٩٢	۰/٢٤
	مجموع ارقام در دو سال آزمایش	۰/۰±٦۰/٠٤	٤/٠±٤٤/٠٥	٥/٣	۰/٨٩	۰/٢٦

جدول ٤- ضرایب (a و b)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تغییرات (CV) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) معادله خطی ln (Y)=a+b*ln(X) بین سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با تعداد کل برگ بوته برای ارقام گندم در دو سال آزمایش مزرعه‌ای.

	ارقام	b±SE	a±SE	CV	R^2	RMSE
	اترک	±۷۰/۱ ۰/۲۷	۰/۸۱ ± -۰/ ۲٤	۷/۱۸	۰/۹۳	۰/۳۳
	بیات	±۵/۱ ۰/۱۹	۰/۵۷ ± ۰/٤۰	۵/۱٤	۰/۹۵	۰/۲۵
	چمران	±۵۹/۱ ۰/۲۲	۰/٦۸ ± ۰/۱۱	۵/۹۳	۰/۹٤	۰/۲۹
	چناب	±۵۵/۱ ۰/۲۲	۰±/۷۱ ۰/۲۰	٦/٤۷	۰/۹۳	۰/۳۱
	دز	±۷٤/۱ ۰/۲٤	۰±/۵۷ -۰/۳۰	۵/۰٦	۰/۹٦	۰/۲٤
	اینیاء	±۵۵/۱ ۰/۱۹	۰±/۸۱ ۰/۲۰	٦/۳۰	۰/۹۳	۰/۳۰
سال اول	کویر	±٤۹/۱ ۰/۲۳	۰±/۸۳ ۰/۵۰	۸/۰۱	۰/۹۱	۰/۳۷
	مرودشت	±٦۷/۱ ۰/۲۸	۰±/۵۱ -۰/۲	۷/۲۱	۰/۹۲	۰/۳٤
	S78-18	±٦۱/۱ ۰/۲۷	۰±/٤۷ ۰/۰۳	٤/۵۸	۰/۹٦	۰/۲۳
	شیراز	±٦۰/۱ ۰/۱۸	۰±/٦٦ -۰/۰۲	٤/۳٤	۰/۹۷	۰/۲۱
	شوا-مالد (کرخه)	±۵۲/۱ ۰/۱۵	۰±/٦۹ ۰/۳٦	۵/۷۱	۰/۹٤	۰/۲۸
	استار	±۵۷/۱ ۰/۲۲	۰±/۸۸ ۰/۲۱	٦/۰۱	۰/۹٤	۰/۲۹
	ویریناک	±٦۰/۱ ۰/۲۳	۰±/۸٤ ۰/۰۷	۷/٦٦	۰/۹۱	۰/۳٦
	یاواروس	±۵٤/۱ ۰/۲۸	۰±/۸۷ ۰/۲۸	۸/۰۵	۰/۹۰	۰/۳۸
	زاگرس	±۵٦/۱ ۰/۳۰	۰±/۸۰ ۰/۱۷	۷/۰۲	۰/۹۲	۰/۳٤
	مجموع ارقام	±۵۸/۱ ۰/۲٦	۰±/۱۵ ۰/۱٤	۵/۲۰	۰/۹۳	۰/۲۵
	اترک	±۸٤۰/۱ ۰/۱۱	۰/۳۲ ± -۰/ ۲٦	۲/۸۳	۰/۹۹	۰/۱۳
	بیات	±٦۲/۱ ۰/۲۲	۰/٦۲ ± ۰/۲۷	۵/۵۲	۰/۹۵	۰/۲۷
	چمران	±٦۹/۱ ۰/۰٦	۰/۱۵ ± ۰/۱۳	۱/۱۱	۰/۹۹	۰/۰۵
	چناب	±٦٦/۱ ۰/۰۸	۰±/۲۰ ۰/۲۷	۱/٦۳	۰/۹۹	۰/۰۸
	دز	±٦۰/۱ ۰/۱۹	۰±/۵٤ ۰/۳٤	٤/٤۱	۰/۹٦	۰/۲۱
	اینیاء	±۵۹/۱ ۰/۱۷	۰±/٤۹ ۰/۳٦	۳/۳۱	۰/۹۷	۰/۱٦
سال دوم	کویر	±۵۵/۱ ۰/۱٦	۰±/٤٤ ۰/۵۰	٤/۰٦	۰/۹۷	۰/۱۹
	مرودشت	±٤۳/۱ ۰/۲۳	۰±/٦٦ ۰/۸۵	٤/۷۳	۰/۹۳	۰/۲۳
	S78-18	±۸۵/۱ ۰/۱۱	۰±/۲٤ ۰/٤۸	۱/٦٤	۰/۹۹	۰/۰۸
	شیراز	±٦۹/۱ ۰/۱۳	۰±/۳۹ -۰/۱۹	۳/۰٤	۰/۹۸	۰/۱۵
	شوا-مالد (کرخه)	±٦۹/۱ ۰/۱۷	۰±/٤۸ ۰/۱۲	٤/۲۱	۰/۹۷	۰/۲۰
	استار	±٦٤/۱ ۰/۱۳	۰±/٤۰ ۰/۲٤	۳/۲	۰/۹۸	۰/۱٦
	ویریناک	±۷۰/۱ ۰/۰۹	۰±/۲۷ ۰/۱۲	۲/۰۲	۰/۹۹	۰/۱۰
	یاواروس	±۸۳/۱ ۰/۲۷	۰±/۷۳ -۰/۱۷	٦/۰۹	۰/۹٤	۰/۲۸
	زاگرس	±٦۰/۱ ۰/۱٤	۰±/۳۹ ۰/٤۳	۳/۳۲	۰/۹۸	۰/۱٦
	مجموع ارقام	±٦۳/۱ ۰/۰۵	۰±/۱۱ ۰/۲۵	۳/۵۸	۰/۹٦	۰/۱۷
	مجموع ارقام در دو سال آزمایش	±۵۷/۱ ۰/۰٤	۰/۱۱ ± ۰/ ۲۹	٦/۱۹	۰/۸۹	۰/۳۰

جدول ۵- ضرایب (a و b)، ضریب تبیین (R^2)، ضریب تغییرات (CV) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) معادله خطی ln (Y)=a+b*ln(X) بین سطح برگ (سانتی‌مترمربع) با ارتفاع بوته (سانتی‌متر) برای ارقام گندم در دو سال آزمایش مزرعه‌ای.

	ارقام	b±SE	a±SE	CV	R^2	RMSE
	اترک	۱/۰±۰۰/۲۸	۰/۱±۷۲/۱۳	۱۱/۵٤	۰/۸۱	۰/۵٤
	بیات	۰/۰±۹۹/۲۲	۰/۰±۸۵/۹۲	۸/۷٦	۰/۸۷	۰/٤۲
	چمران	۰/۰±۹۵/۲۷	۱/۱±۰۸/۰۹	۱۱/۱۱	۰/۸۱	۰/۵٤
	چناب	۰/۰±۹۸/۲۹	۰/۱±۸۷/۲۰	۱۱/۷۳	۰/۷۹	۰/۵٦
	دز	۱/۰±۰٤/۲۹	۰/۱±٦٦/۱٦	۱۱/٦۷	۰/۸۲	۰/۵۵
	اینیاء	۰/۰±۹۲/۲۵	۱/۱±۱۱/۰۱	۱۰/٤۰	۰/۸۳	۰/۵۰
سال اول	کویر	۱/۰±۰۰/٤۰	۰/۱±۷۳/٦۰	۱٤/۵۲	۰/٦۸	۰/٦۸
	مرودشت	۰/۰±۹۸/۲۹	۰/۱±۸۵/۲۱	۱۲/۲۵	۰/۷۹	۰/۵۸
	S78-18	۰/۰±۹۸/۲۳	۱/۰±۰۳/۹۷	۹/۲۹	۰/۸۵	۰/٤۷
	شیراز	۱/۰±۰۱/۲٦	۰/۱±۸۷/۰۵	۱۰/۹۸	۰/۸٤	۰/۵۳
	شوا-مالد (کرخه)	۱/۰±۰٦/۲۹	۰/۱±۵٤/۲۰	۱۰/۱۳	۰/۸۲	۰/٤۹
	استار	۱/۰±۰۰/۲۷	۱/۱±۰۲/۰٦	۱۰/٤۱	۰/۸۲	۰/۵۱
	ویریناک	۱/۰±۰۷/۲۳	۰/۰±۵۳/۹۵	۹/۳۲	۰/۸۷	۰/٤٤
	یاواروس	۱/۰±۰۷/۳۲	۰/۱±۳۹/۲۸	۱۱/۳٦	۰/۸۰	۰/۵۳
	زاگرس	۰/۰±۹٦/۲۲	۰/۰±۹۰/۹٤	۹/٤۷	۰/۸۵	۰/٤۵
	مجموع ارقام	۱/۰±۰۰/۰٦	۰/۰±۸۳/۲۳	۸/۸۱	۰/۸۱	۰/٤۲
	اترک	۱/۰±۲۱/۱۲	۰/۰±۲۵/٤۷	٤/٦۵	۰/۹۷	۰/۲۲
	بیات	۱/۰±۱٦/۱۹	۰/۰±۳۷/۷٦	٦/۸۵	۰/۹۲	۰/۳۳
	چمران	۱/۰±۰۸/۱۵	۰/۰±۷۰/٦۰	۵/۰۱	۰/۹٤	۰/۲٤
	چناب	۱/۰±۱۲/۲٤	۰/۰±۵٤/۹۳	۷/۷۳	۰/۸۸	۰/۳۸
	دز	۱/۰±۱۲/۱٤	۰/۰±٦۵/۵٤	٤/۷۱	۰/۹۵	۰/۲۳
	اینیاء	۰/۰±۹٤/۲۰	۱/۰±۳۰/۵۹	٦/۳۸	۰/۸۸	۰/۳۱
سال دوم	کویر	۱/۰±۰۷/۲۲	۰/۰±۷۲/۸٤	۷/۷۵	۰/۸۸	۰/۳٦
	مرودشت	۰/۰±۹۳/۱۳	۱/۰±۳۲/۵۰	٤/۱۳	۰/۹٤	۰/۲۰
	S78-18	۱/۰±۱۳/۱٤	۰/۰±٦۹/۵٦	٤/۷۷	۰/۹۵	۰/۲٤
	شیراز	۱/۰±۲٦/۲٦	۰/۱±۲۸/۰۰	۸/۱۹	۰/۸۹	۰/٤۰
	شوا-مالد (کرخه)	۱/۰±۲۰/۱۸	۰/۰±۱۸/۷۰	٦/۱۰	۰/۹٤	۰/۲۹
	استار	۱/۰±۲۷/۲٤	۰/۰±۳۵/۹۱	۷/۳۷	۰/۹۰	۰/۳۷
	ویریناک	۱/۰±۰٤/۲۰	۰/۰±۹۳/۷۹	٦/۸۷	۰/۸۹	۰/۳۳
	یاواروس	±۲۱/۱/۲۰	۰/۰±۱٦/۷۹	٦/۹۷	۰/۹۲	۰/۳۳
	زاگرس	۱/۰±۱۰/۲۹	۰/۰±۵٦/۷۰	۵/۹۳	۰/۹۳	۰/۳۳
	مجموع ارقام	۱/۰±۱۲/۰۵	۰/۰±٦۲/۱۷	۵/٦۹	۰/۹۰	۰/۲۸
	مجموع ارقام در دو سال آزمایش	۱/۰±۰۳/۰٤	۰/۰±۸۳/۱۵	۷/۸۹	۰/۸۳	۰/۳۸

همان‌طور که در جدول ۲ و شکل ۱ ملاحظه می‌شود رابطه نزدیکی بین سطح برگ و وزن خشک برگ بر مبنای معادله توانی ($y=ax^b$) به صورت تبدیل شده خطی [$ln(Y)=ln(a)+b*ln(X)$] در کلیه ارقام وجود دارد و شیب خط رگرسیون (b) که در واقع سطح ویژه برگ (SLA) را نشان می‌دهد تفاوتی را به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد نشان نمی‌دهد. برای ارقام مختلف جذر میانگین مربعات اشتباه (RMSE) بین ۰/۰۱ تا ۰/۲۰ بوده که بین ۰/۳ تا ٤/۲٦ درصد میانگین می‌باشد. جدول ۲ بیانگر این مطلب است که می‌توان به جای اینکه برای تک تک ارقام از معادله‌های جداگانه استفاده کرد، برای جمع ارقام بین سطح برگ و وزن خشک یک معادله کلی به صورت [$ln(X)$ ٥/۳۹+۰/۹٦] =$ln(Y)$یا شکل توانی آن $Y=۲۱۹/۲X^{۰/۹٦}$ استفاده نمود.

در کلیه ارقام، سطح برگ اندازه‌گیری شده با سطح برگ برآورد شده به‌وسیله معادله خطی دارای رابطه مناسبی است (شکل ۲). شاخص‌های آماری مربوط به برازش مقادیر سطح برگ اندازه-گیری شده در مقابل سطح برگ برآورد شده در جدول ۱ ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد پیش‌بینی سطح برگ بر اساس وزن خشک برگ بر پایه معادله خطی [$ln (Y)=a+b*ln(X)$] برای کلیه ارقام دارای انحراف معنی‌داری نیست که به وسیله معنی‌دار نشدن ضرایب a و b در رگرسیون خطی بین سطح برگ مشاهده شده و سطح برگ پیش‌بینی شده نشان داده شد (جدول ۱). معنی‌دار نشدن ضریب b نشان می‌دهد که شیب خط رگرسیون نسبت به شیب خط ۱:۱ مطابقت دارد و دارای انحراف و اریب نیست؛ به عبارت دیگر، می‌توان با استفاده از وزن خشک برگ سطح برگ را با دقت بسیار بالایی برآورد کرد. در تحقیقاتی که شارت و بیکر (۱۹۸۵)، پین و همکاران (۱۹۹۱)، اکرم قادری و سلطانی (۲۰۰۷) و راحمی و همکاران (۱۳۸۵) روی یونجه، ارزن، پنبه و نخود انجام دادند بیان داشتند که مدل غیر خطی روابط بین سطح برگ و وزن خشک برگ را بهتر توصیف می‌کند؛ بنابراین نتایج تحقیق حاضر نیز این رابطه قوی بین سطح برگ با وزن خشک برگ را تأیید می‌کند.

در جدول ۳ روابط سطح برگ با وزن خشک کل اجزای رویشی برای تک تک ارقام و جمع ارقام در دو سال آزمایش آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در کلیه ارقام بین وزن خشک کل اجزای رویشی و سطح برگ رابطه مناسبی وجود دارد. مقدار RMSE برای ارقام مختلف بین ۰/۲۱ تا ۰/۵۱ متغیّر است که بین ٤/۲۱ تا ۱۰/۸۸ درصد میانگین می‌باشد (شکل ۱). از آنجا که خطای معیار (SE) ضریب معادله توانی در کلیه ارقام به هم خیلی نزدیک است لذا می‌توان به جای استفاده از ۱۵ معادله جداگانه برای ارقام، برای مجموعه ارقام از یک معادله به صورت $Y=۸٤/۷۷X^{۰/٦۰}$ [$ln(Y)=٤/۰+٤٤/٦ln(X)$] یا شکل توانی آن استفاده کرد.

در شکل ۳ مقادیر سطح برگ اندازه‌گیری شده با سطح برگ برآورد شده بر اساس وزن خشک کل اجزای رویشی برای مجموع ارقام نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود سطح برگ برآورد شده بر مبنای وزن خشک کل اجزای رویشی از دقت مناسبی برخوردار است. شاخص‌های آماری مربوط به برازش مقادیر سطح برگ اندازه‌گیری شده در مقابل سطح برگ برآورد شده بر اساس وزن خشک اجزای رویشی در جدول ۱ ارائه شده است. ملاحظه می‌گردد پیش‌بینی سطح برگ بر اساس وزن خشک اجزای رویشی بر پایه معادله خطی [$ln (Y)=a+b*ln(X)$] برای کلیه ارقام دارای انحراف معنی‌داری نبود که به وسیله معنی‌دار نشدن ضرایب a و b در رگرسیون خطی بین سطح برگ مشاهده شده و سطح برگ پیش‌بینی شده نشان داده شد (جدول ۱). پراکنش نقاط در اطراف خط ۱:۱ در شکل ۳ نسبت به شکل ۲ بیشتر بود؛ بنابراین دقت برآورد سطح برگ با استفاده از وزن خشک اجزای رویشی نسبت به برآورد سطح برگ با استفاده از وزن خشک برگ کمتر است (جدول ۱ و شکل‌های ۲ و ۳). از وزن خشک کل در بعضی از گیاهان برای توصیف سطح برگ استفاده می‌شود. از آنجا که اندازه‌گیری بیوماس در مقایسه با اندازه‌گیری سطح برگ ساده‌تر است و بدون استفاده از وسایل مجهز، به سرعت اندازه‌گیری می-شود، لذا از این ویژگی می‌توان برای برآورد سطح برگ استفاده کرد. ما و همکاران (۱۹۹۲)، لایس و همکاران (۱۹۸٦) و راحمی و همکاران (۱۳۸۵) در بادام زمینی، سویا و نخود از مدل غیر خطی برای توصیف سطح برگ از طریق وزن خشک کل استفاده کردند.

روابط سطح برگ با تعداد کل برگ در بوته برای ارقام مختلف گندم در جدول ٤ آورده شده است. نتایج نشان داد-رابطه نزدیکی بین سطح برگ و تعداد کل برگ در بوته بر مبنای معادله توانی به شکل تبدیل شده خطی در ارقام مختلف وجود دارد. مقدار RMSE برای ارقام مختلف بین ۰/۰۵ تا ۰/۳۸ متغیّر بود که بین ۱/۱۱ تا ۸/۰۵ درصد میانگین می‌باشد. از آنجایی که بین ارقام مختلف از نظر شیب خط رگرسیون (b) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ بنابراین می‌توان به جای اینکه برای هر رقم از معادله های

جداگانه استفاده کرد، از یک معادله کلی برای مجموع ارقام جهت توصیف رابطه سطح برگ و تعداد کل برگ به صورت [ln(Y)=۰/۱+۲۹/۵۷ln(X)] یا شکل توانی آن $Y=۱/۳٤X^{۱/۵۷}$ استفاده کرد.

رسم مقادیر سطح برگ پیش‌بینی شده در مقابل سطح برگ مشاهده شده بر مبنای تعداد کل برگ در بوته با استفاده از مدل خطی [ln(y)=ln(a)+b*ln(x)] و برازش مدل خطی به این داده‌ها و مقایسه آن‌ها با خط ۱:۱ در شکل ٤ نشان داده شد. معنی-دار شدن ضرایب a و b (جدول ۱) نشان می‌دهد که این ضرایب به ترتیب با عرض از مبدأ و شیب خط رگرسیونی ۱:۱ مطابقت ندارند، به عبارت دیگر خط رگرسیون نسبت به خط ۱:۱ دارای اریب می-باشد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦؛ اکرم‌قادری و همکاران، ۲۰۰۸؛ ترابی و سلطانی، ۲۰۱۲)؛ بنابراین ملاحظه می‌شود که سطح برگ برآورد شده بر اساس تعداد کل برگ در بوته از دقت کمتری برخوردار است و با توجه به معنی‌دار شدن ضرایب a و b استفاده از چنین رابطه‌ای پیشنهاد نمی‌گردد. اگرچه در سایر مطالعات همر و همکاران (۱۹۹۳) و سلطانی و همکاران (۲۰۰٦) با استفاده از یک معادله توانی سطح برگ سورگوم و نخود را از تعداد کل برگ روی ساقه اصلی پیش‌بینی نمودند ولی در این تحقیق یک رابطه قوی بین سطح برگ و تعداد کل برگ در بوته یافت نشد.

روابط بین سطح برگ و ارتفاع بوته در ارقام گندم در جدول ٤ آورده شده است. مقدار RMSE برای ارقام مختلف بین ۰/۲۰ تا ۰/٦۸ متغیّر بود که بین ٤/۱۳ تا ۱۲/۲۵ درصد میانگین می‌باشد. شکل ۵ نشان دهنده سطح برگ اندازه‌گیری شده با سطح برگ برآورد شده به‌وسیله ارتفاع است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود نقاط موجود در این شکل پراکندگی بیشتری حول خط ۱:۱ دارند، به علاوه معنی‌دار شدن ضرایب a وb (جدول ۱) خط رگرسیونی رابطه موجود بین سطح برگ برآورد شده و سطح برگ مشاهده شده بر اساس ارتفاع بوته و نداشتن انطباق با خط ۱:۱، گویای دقت پایین پیش‌بینی سطح برگ بر مبنای ارتفاع بوته می‌باشد. در تحقیقات لایس و همکاران (۱۹۸٦) و اکرم قادری و همکاران (۱۳۸۲) روی سویا و پنبه انجام دادند بیان داشتند که ارتفاع گیاه برآورد کننده مناسبی برای سطح برگ نیست.

بر اساس روابط استفاده شده برای برآورد سطح برگ با برخی ویژگی‌های رویشی، مدل یا مدل‌های خطی که در آن‌ها مقادیر ضرایب a و b آن‌ها به ترتیب با صفر و یک اختلاف معنی‌داری نداشته و RMSE کمتر و R^2 بالاتری داشته باشد به عنوان مدل‌های مناسب برای برآورد سطح برگ ارقام گندم بر مبنای ویژگی رویشی مورد نظر انتخاب شدند. از آنجا که جذر میانگین مربعات اشتباه نسبت به میانگین سطح برگ در بوته بر مبنای وزن خشک برگ در بوته ۲/۱۷ درصد، بر مبنای وزن خشک کل اجزای رویشی ۵/۳۰ درصد، بر مبنای تعداد کل برگ در بوته ٦/۱۹ درصد و بر مبنای ارتفاع بوته ۷/۸۹ درصد بود و همچنین ضریب تبیین روابط سطح برگ از طریق وزن خشک برگ نسبت به ویژگی‌های رویشی دیگر بیشتر بود (۹۹ درصد در سطح برگ با وزن خشک برگ، در مقابل ۹۲، ۸۹ و ۸۳ درصد در وزن خشک کل اجزای رویشی، تعداد کل برگ در بوته و ارتفاع) و معنی‌دار نشدن ضرایب a و b (داشتن انطباق با خط ۱:۱) بنابراین در کلیه ارقام روابط سطح برگ با وزن خشک برگ نسبت به روابط دیگر از دقت بالاتری برخوردار است. بر مبنای همین ضرایب، سطح برگ برآورد شده بر اساس وزن خشک کل اجزای رویشی نسبت به تعداد کل برگ در بوته و ارتفاع بوته از دقت بالاتری برخوردار است؛ به عبارت دیگر، بین سطح برگ با وزن خشک برگ رابطه قوی، بین سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی رابطه خوب و رابطه بین سطح برگ با تعداد کل برگ رابطه متوسط و بین سطح برگ با ارتفاع رابطه ضعیفی وجود دارد.

بنابراین می‌توان از این معادلات هم در مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی و هم در مواقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ وجود ندارد، در برآورد سطح برگ گندم استفاده کرد، معادلات به دست آمده از وزن خشک برگ با اطمینان بیشتری نسبت به معادلات به دست آمده از طریق تعداد کل برگ در بوته، وزن خشک کل اجزای رویشی و ارتفاع بوته، سطح برگ را برآورد می‌کنند.

منابع

ترابی، ب و ا. سلطانی. ۱۳۹۱. کمی کردن واکنش سبز شدن نخود نسبت به دما. مجله‌ی تولید و فراوری زراعی، ۲ (٦): ۱۰۹-۱۱۹.

راحمی-کاریزکی، ع.، ا. سلطانی.، ج. پوررضا.، ا. زینلی و ر. سرپرست. ۱۳۸۵. روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در گیاه نخود. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. جلد ۱۳، شماره ۵: صفحات ٥٦-٤٥

سلطانی، ا. ۱۳۷۷. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱٦٦ صفحه.

قادری‌فر، ف.، ا .سلطانی و ح .صادقی‌پور .۱۳۸۸. ارزیابی مدلهای رگرسیون غیرخطی در کمی سازی جوانه‌زنی کدوی تخم کاغذی، براگر و سیاه دانه به دما. مجله‌ی پژوهشهای گیاهی، ٤ (۱٦): ۱-۱۹.

Akram-Ghaderi, F. and A. Soltani. 2007. Leaf area relationships to plant vegetative characteristics in cotton (Gossypium *hirsutum*, L.) grown in a temperate sub-humid environment. Int. J. Plant Product. 1: 63-71.

De Jesus, W. C., F. X. R. Dovale and L. C. Costa. 2001. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. Agron. J. 93: 989-991.

Dwyer, L.M., and D. W. Stewart. 1986. Leaf area development in field-grown maize. Agron. J. 78: 334-343.

Gardner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State Univ. Press, Ames, USA.

Hammer, G. L., P. S. Carberry and R. C. Muchow. 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. Field Crops Res. 33: 293-310.

Johnson, R.E. 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. Agron. J. 59: 493-494.

Lenton, J. R. and P. G. Heddon. 1978. Gibberellins Insensitivity and Development in Wheat-Consequences for development. In: Hoad, C. V., J. R. Lenton, M. B. Jackson, and R. K. Atkins. (Eds.) Hormone Action in Plant Development. P: Butterworth, London 145-160.

Lieth, J. H., J. F. Reynolds and H. H. Rogers. 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. Field Crops Res. 13: 193-203.

Ma, L., F. P. Gardener and A. Selamat. 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. Crop Sci. 32: 461-471.

Marvel, J. N., C. A. Beyrouty and E. E. Gbur. 1992. Response of soybean growth to root and canopy competition. Crop Sci. 32: 797-801.

Montgomery, E.G. 1911. Correlation studies in corn. 24th Annual Report, Agricultural Experiment Station of Nebraska. Pp. 59-109.

Niklas, K. J. 1994. Plant allometry: The scaling of form and process. University of Chicago Press. 81: 339-344.

Niklas, k.J. 1995. Plant height and the properties of some herbaceous stem. Ann. Bot. 75: 133-142

Payne, W.A., C. W. Went., L. R. Hossner and C. E. Gates. 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. Agron. J. 83: 937-941.

Reddy, V. R., B. Acock., D. N. Baker and M. Acock. 1989. Seasonal leaf area-leaf weight relationships in the cotton canopy. Agron. J. 81:1-4.

Reddy, V. R., Y. A. Pachepsky and F. D. Whislers. 1998. Allometric relationships in field-grown soybean. Ann. Bot. 82: 125-131.

Romas, J.M., L. F. Gareiadel Moral and L. Reelade. 1983. Dry matter and leaf area relationship in winter barley. Agron. J. 75: 308-310.

Sharrett, B.S and D. G. Baker. 1985. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Sci. 26: 1040-1042.

Shih, S.F and G. J. Gascho. 1980. Relationship among stalk length, leaf area, and dry biomass of sugarcane. Agron. J. 72: 309-313.

Sinclair, T.R., and P.D. Jamieson. 2006. Grain number, wheat yield, and bottling beer: An analysis. Field Crops Res. 98: 60-67.

Slafer, G. A., and H. M. Rawson. 1995. Base and optimum temperatures vary with genotype and stage of development in wheat. Plant Cell and Environment. 18: 671-679.

Soltani, A, M. J. Robertson,. Y. Mohammad Nejad and A. Rahemi Karizaki. 2006. Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. Field Crops Res. 99:14-23.

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M., and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as affected by temperature and sowing depth. Agri. Forest. Met. 138: 156-167.

Stewart, D.W and L. M. Dwayer. 1999. Mathematical characterization of leaf shape area of maize hybrids. Crop Sci. 39, 422-427.

Estimating leaf area using vegetative characteristics in some bread and durum wheat cultivars

J. Pourreza[1], A. Soltani[2], A. Bahrani[3]

Recieved: 2015-8-24 Accpeted: 2016-1-19

Abstract

In order to investigate the relationships between leaf area (LA) with leaf dry weight (LDW), total dry weight of vegetative organs (leaf + stem)(TDWV), total plant leaf number (TPLN) and plant height (PH); two field experiments were conducted at Research Farm of Islamic Azad University, Ramhormoz Branch during 2006-2008 with 13 bread wheat cultivars (Atrak, Bayat, Chamran, Chenab, Dez, Ineia, Kavir, Marvdasht, Shiraz and S78-18) and two durum wheat (Yavaroos and shova-Mald) cultivars. The experimental design was randomized complete blocks with four replications. Various equations including linear and none-linear equations were used to describe relationships between leaf area and mentioned characteristics. The best results were obtained with linear form power equation {ln(Y)=ln(a)+bln(x)}. Results showed that there was no significant difference between cultivars in respect to coefficients of allometric relationships. Therefore, one equation was used for all cultivars in both years. $Y=219.2X^{0.96}$(R^2=0.99) equation showed very good description of the estimation of leaf area (Y) Using LDW (X). Also according to $Y=84.77X^{0.6}$ (R^2=0.92) equation, leaf area using data of TDWV (X) was well estimated. Although relationship between LA and PTLN was suitable but LA was estimated with less precision compared to LDW and TDWV ($Y=1.34X^{1.57}$, R^2=0.89). Estimation of leaf area using data of PH was not well estimated. It was concluded that the equations could be used for estimation of leaf area especially when the leaf area meter device is not available or can be used in simulation models of wheat.

Keywords: Leaf area, leaf dry weight, power function, vegetative traits, wheat cultivars.

1- Department of Agriculture, Rmhormoz branch, Islamic Azad University , Ramhormoz, Iran
2- Department ofAgronomy and Plant Breeding, GorganUniversityof Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
3- Khozestan Agriculture Research Center, Ahvaz, Iran