



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی  
جلد بیستم، شماره چهارم، ۱۳۹۲  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## بررسی روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در باقلا

\*ابراهیم زینلی<sup>۱</sup>، افشین سلطانی<sup>۲</sup>، محمود تورانی<sup>۳</sup> و محمد خادم‌پیر<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱۰

### چکیده

این پژوهش با هدف یافتن روابط آلومتریک بین سطح برگ با وزن خشک برگ سبز، وزن خشک اجزای رویشی و ارتفاع بوته در باقلا انجام شد. به این منظور، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی گرگان اجرا شد. فاصله بین ردیف (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) به عنوان فاکتور اصلی و تاریخ کاشت (۲۴ آبان و ۲ دی‌ماه ۱۳۹۰) و رقم (برکت و فرانسه) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نمونه‌گیری از بوته‌ها برای اندازه‌گیری سطح برگ، ارتفاع بوته و وزن خشک برگ و ساقه به صورت جداگانه طی فصل رشد تا پایان دوره مؤثر تشکیل برگ هر ۱۵ روز یک‌بار انجام شد. برای توصیف روابط آلومتریک بین سطح برگ با صفات رویشی یاد شده، معادله‌های مختلف ارزیابی شدند و در نهایت معادله توانی به دلیل برازش بهتر به داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. روابط به دست آمده برای ارقام باقلا، فواصل بین ردیف و تاریخ‌های کشت ثابت و پایدار بود و فقط رابطه بین سطح برگ و وزن خشک اجزای رویشی تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. از این رو، برای هر یک از دو تاریخ روابط جداگانه‌ای برآورد شد. از آنجایی که رابطه سطح برگ،  $Y$ ، با وزن خشک برگ سبز،  $X$ ،  $(Y=176.77X^{0.935})$  دارای ضریب تبیین بالاتر و هم‌چنین جذر میانگین مربعات خطای کوچک‌تر نسبت به ارتفاع بوته بود، استفاده از آن در مدل‌های شبیه‌سازی و هم‌چنین برآورد سریع سطح برگ باقلا به‌ویژه در مواقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری دقیق سطح برگ در دسترس نیستند پیشنهاد می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** باقلا، روابط آلومتریک، سطح برگ، وزن خشک، ارتفاع بوته

\*مسئول مکاتبه: [e.zeinali@yahoo.com](mailto:e.zeinali@yahoo.com)

## مقدمه

روابط آلومتریک در گیاه تغییرات وابسته به شکل، نمو و ویژگی‌های رشد نسبی یک قسمت از گیاه را در مقایسه با کل گیاه بررسی می‌کند (ردی و همکاران، ۱۹۹۸). به‌طور کلی، همبستگی رشد بین اجزای تشکیل‌دهنده یک گیاه باعث می‌شود که آن گیاه شکل مخصوص به خود را کسب نمایند. محیط مناسب می‌تواند سرعت رشد را افزایش دهد، ولی شکل هندسی گیاه و اجزای آن تقریباً ثابت است. هنگامی که روابط آلومتریک برای یک گیاه خاص ثابت باشند از آن‌ها می‌توان برای پیش‌بینی صفات موردنظر با دقتی قابل قبول استفاده نمود (نیکلاس، ۱۹۹۵).

برگ‌های یک گیاه اندام‌های اصلی آن برای فتوسنتز هستند و شاخص سطح برگ بهترین معیار از ظرفیت یک گیاه زراعی برای تولید ماده خشک است که آن را سرمایه تولیدی می‌نامند. هم‌چنین، سطح برگ یکی از مهم‌ترین متغیرهایی است که در بررسی رشد و شبیه‌سازی و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و بوم‌شناختی از جمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، اندازه‌گیری دقیق سطح برگ برای درک اثر متقابل گیاه و محیط ضروری است (اکرم‌قادری، ۲۰۰۳). اندازه‌گیری سطح برگ نسبت به اندازه‌گیری‌های دیگر مانند ارتفاع بوته و وزن خشک اندام‌ها یا کل بوته در بیش‌تر گیاهان زراعی از جمله باقلا بسیار مشکل‌تر و وقت‌گیرتر بوده و نیاز به صرف هزینه بیش‌تر دارد. یکی از روش‌های برآورد شاخص‌هایی مثل سطح برگ، استفاده از روابط آلومتریک یا به‌عبارتی یافتن روابطی برای برآورد صفات با استفاده از ویژگی‌هایی است که اندازه‌گیری یا شبیه‌سازی آن‌ها آسان می‌باشد. از مهم‌ترین این ویژگی‌ها می‌توان به ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و وزن خشک اجزای رویشی اشاره نمود. از این معادله‌ها به‌طور موفقیت‌آمیزی برای گیاهان مختلف مانند نخود (راحی و همکاران، ۲۰۰۶)، پنبه (اکرم‌قادری و همکاران، ۲۰۰۳)، بادام‌زمینی (ما و همکاران، ۱۹۹۲)، یونجه (جوحانسون، ۱۹۶۷)، ارزن (پین و همکاران، ۱۹۹۱)، سورگوم (شیخ و همکاران، ۱۹۸۱)، نیشکر (شیخ و گازجو، ۱۹۸۰)، سویا (لیث و همکاران، ۱۹۸۶) و ذرت (دوایر و استوارات، ۱۹۸۶) استفاده شده است.

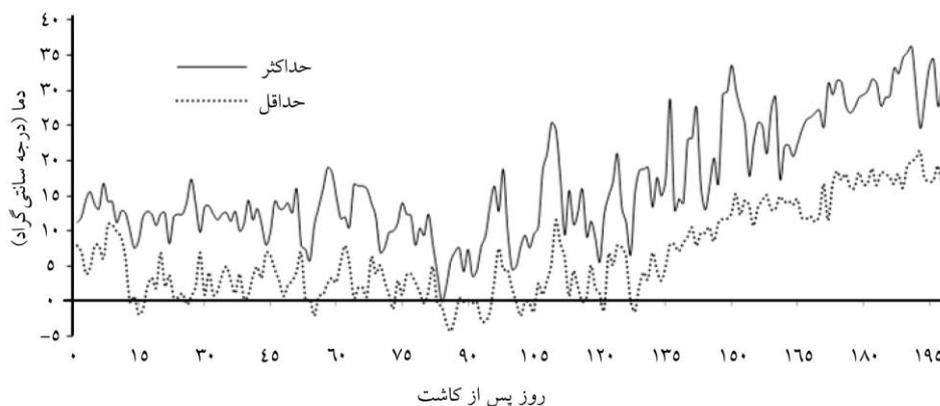
ردی و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که روابط آلومتریک بین ارقام مختلف سویا که در شرایط محیطی مختلف رشد کرده بودند، متفاوت بوده و تنش کم آبی می‌تواند یک عامل مؤثر و تغییردهنده این روابط باشد. به‌طور کلی، از روابط آلومتریک و اطلاعات به‌دست آمده از آن‌ها می‌توان برای بهبود مدیریت زراعی، افزایش کارایی به‌نژادی به‌دلیل درک بهتر از رشد گیاه و هم‌چنین تجزیه و تحلیل و تفسیر رفتارهای رشدی گیاه استفاده نمود.

شاهین و همکاران (۱۹۹۵) در آزمایش خود روی تراکم کشت باقلا گزارش کردند که تراکم بالا باعث کاهش تعداد گره در ساقه، کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک می‌شود. بررسی‌ها بر روی تأثیر تراکم‌های مختلف بوته نشان می‌دهد که تغییر تراکم از طریق تغییر در مقدار تشعشع قابل استفاده گیاهان و رقابت بین بوته‌ها، بر روی عملکرد و صفات رویشی تأثیرات زیادی دارد به این صورت که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، ارتفاع و وزن خشک تولیدی در مترمربع بیش‌تر شده و در نتیجه جذب نور و کارایی استفاده از تشعشع افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با بالارفتن تراکم، سطح برگ بوته، وزن خشک برگ در بوته، تعداد گره در ساقه، تعداد شاخه‌های فرعی هر بوته، تعداد غلاف در بوته و عملکرد تک‌بوته کاهش یافته اما عملکرد در واحد سطح افزایش می‌یابد (بورد و همکاران، ۱۹۹۲؛ بیضایی، ۲۰۰۰؛ رضوانی‌مقدم و رحیمیان‌مشهدی، ۲۰۰۰؛ سروش و همکاران، ۱۹۹۹). سریواستاوا و سریواستاوا (۱۹۹۶) نیز گزارش کرد که تأخیر در کاشت موجب کاهش تولید ماده خشک، دوام سطح برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت فتوسنتز خالص در ماش می‌شود.

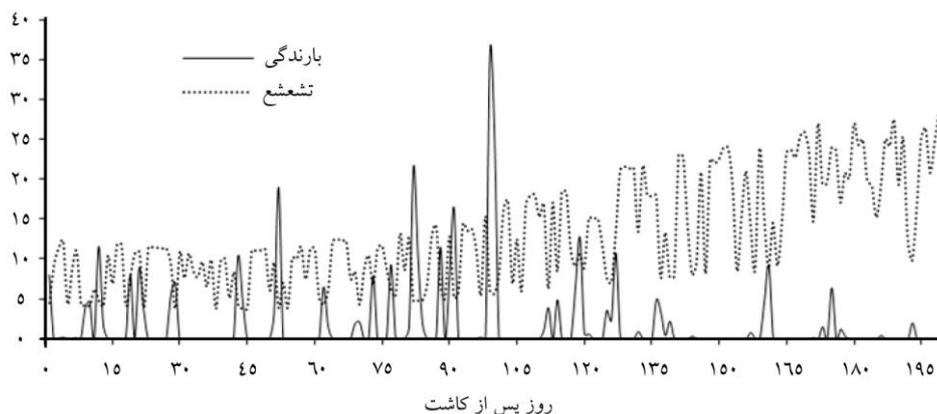
این آزمایش با هدف یافتن روابط آلومتریک بین سطح برگ (سانتی‌مترمربع در بوته) با وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته)، وزن خشک کل اجزای رویشی (ساقه + برگ) (گرم در بوته) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در گیاه باقلا انجام شد. به‌علاوه، اثر تراکم بوته، تاریخ کاشت و رقم بر این روابط مورد ارزیابی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با بافت خاک لوم رسی سیلتی انجام شد. شهرستان گرگان با میانگین درازمدت بارندگی سالانه ۶۰۷ میلی‌لیتر و ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا در عرض جغرافیایی ۳۶/۸۵ درجه و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی قرار دارد. میزان کل بارندگی در محل آزمایش در طول فصل رشد باقلا در این مطالعه ۳۴۸ میلی‌متر بود و کاشت به‌صورت دیم انجام شد. شکل‌های دوم وضعیت برخی از متغیرهای اقلیمی را در طی دوره رشد گیاه نشان می‌دهند. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد که شامل ۳ عامل بود، فاصله بین ردیف (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل اصلی و تاریخ کاشت (۲۴ آبان و ۲ دی‌ماه ۱۳۹۰) و رقم (برکت و فرانسه) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی متشکل از ۶ ردیف کاشت به طول ۵ متر بود.



شکل ۱- میزان حداقل و حداکثر دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد) منطقه در طی دوره کاشت (داده‌ها توسط ایستگاه هواشناسی هم‌دیدنی هاشم‌آباد گرگان ثبت شده‌اند).



شکل ۲- میزان بارندگی (میلی‌متر) و تشعشع خورشیدی روزانه ( $\text{MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ) منطقه در طی دوره کاشت (داده‌ها توسط ایستگاه هواشناسی هم‌دیدنی هاشم‌آباد گرگان ثبت شده‌اند).

زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش زیر کاشت گندم بود. پس از عملیات معمول برای آماده‌سازی زمین مانند شخم با گاوآهن سوکدار، دیسک زدن و تسطیح زمین، براساس نتیجه آزمایش تجزیه خاک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به خاک اضافه و بعد از مخلوط کردن کود با خاک، کاشت باقلا

انجام شد. کاشت در تاریخ‌های یادشده با دست و برای اطمینان از حصول تراکم موردنظر به صورت دو بذر در هر نقطه انجام شد و پس از استقرار کامل بوته‌ها نسبت به حذف بوته‌های اضافی اقدام شد. مبارزه با علف‌های هرز در طول فصل رشد در مواقع لازم به صورت وجین دستی انجام شد.

در این مطالعه برای اندازه‌گیری سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام‌های گیاه، نمونه‌گیری با فاصله ۱۵ روز انجام شد. بعد از اندازه‌گیری سطح برگ و ارتفاع بوته، اندام‌های گیاه به صورت جداگانه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه خشک و سپس توزین شدند. تعداد نمونه در فواصل ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر به ترتیب ۶، ۵ و ۴ بوته بود. میانگین صفات اندازه‌گیری شده در این بوته‌ها به عنوان میانگین کرت آزمایشی استفاده شد.

در این مطالعه به منظور تجزیه و تحلیل تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ در مقابل زمان، مدل‌های رگرسیونی غیرخطی مختلفی برازش داده شد که در نهایت، مدل لجستیک و نمایی خطی بریده (غدیریان و همکاران، ۲۰۱۱) به دلیل برازش بهتر به داده‌های آزمایش مورد استفاده قرار گرفت و نتایج به دست آمده از تجزیه رگرسیون توضیح و تفسیر شد.

مدل لجستیک برای توصیف روند تغییرات شاخص سطح برگ (Y) در طول دوره رشد گیاه (X):

$$y = \frac{ae^{-a(x-b)(c)}}{(1+e^{-a(x-b)})^2}$$

که در آن، a ضریب ثابت است و میزان چرخش منحنی را نشان می‌دهد، b: زمان پس از کاشت که در آن حداکثر شاخص سطح برگ اتفاق می‌افتد و c ضریب ثابت می‌باشد. پس از برازش این مدل، سایر متغیرهای مرتبط با پویایی شاخص سطح برگ مثل حداکثر شاخص سطح برگ با حل عددی به دست می‌آیند.

برای توصیف روابط آلومتریک بین سطح برگ با وزن خشک برگ، وزن خشک اجزای رویشی و ارتفاع بوته معادله‌های مختلفی برازش داده شد و در نهایت معادله توانی ( $Y=aX^b$ ) به دلیل برازش بهتر به داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت که در آن a عرض از مبدأ و b شیب خط (ضریب آلومتریک) می‌باشد. برازش معادله و بررسی آن برای تمامی فواصل بین ردیف، تاریخ‌های کاشت و دو رقم موردنظر به شکل جداگانه انجام شد و در نهایت با بررسی حدود اطمینان ضرایب به دست آمده در تیمارها، در صورت نبود اختلاف معنی‌دار، داده‌های آن‌ها ادغام شده و برای کل داده‌های به دست آمده از تیمارهای مختلف، یک معادله برازش داده شد. در غیر این صورت برای تیمارهایی که تفاوت

معنی‌دار داشتند، روابط جداگانه برآورد شد. برای مقایسه دقت معادلات از ضریب تبیین ( $R^2$ ) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر و جذر میانگین مربعات خطای پایین‌تر نشان‌دهنده دقت بالاتر معادله در توصیف روابط آلومتریک است.

برازش معادله با استفاده از نرم‌افزار SAS و تخمین پارامترهای هر معادله با روش مطلوب‌سازی تکراری با کمک رویه PROC NLIN صورت گرفت (سلطانی، ۲۰۰۷). برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار اکسل<sup>۱</sup> استفاده شد.

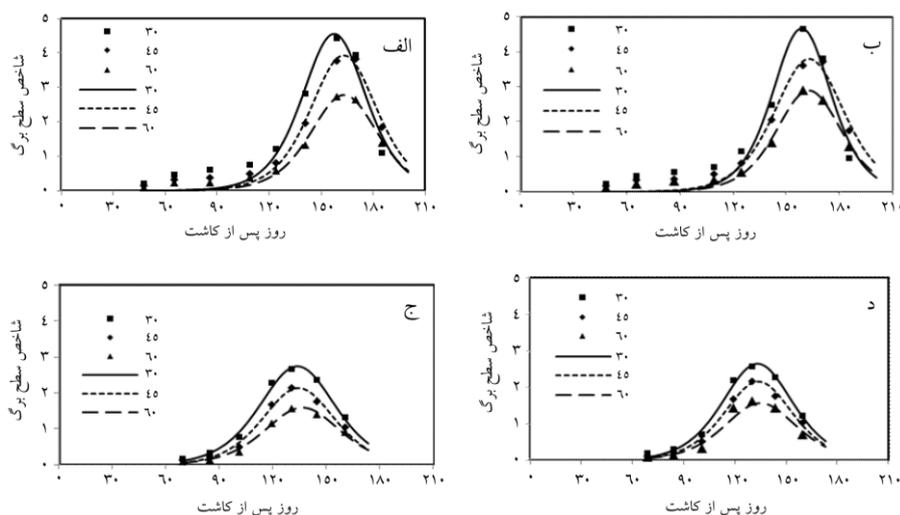
### نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی: کل بارندگی در طی فصل رشد باقلا در سال انجام این آزمایش ۳۴۸ میلی‌لیتر بود. بیش‌ترین میزان بارندگی برای اسفندماه با حدود ۸۰ میلی‌لیتر ثبت شد (شکل ۲). براساس میانگین‌های درازمدت پایین‌ترین حداقل و حداکثر دمای این شهرستان در دی‌ماه به ترتیب ۴ و ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و بعد از این ماه حداقل و حداکثر دما افزایش می‌یابد. طی فصل رشد باقلا در این مطالعه میانگین حداکثر دمای روزانه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل دمای روزانه ۶/۶ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۱). متغیرهای تعداد روز با بارندگی (۶۲ روز)، روزهای با بارندگی کم‌تر از ۵ میلی‌لیتر (۳۹ روز)، روزهای با بارندگی ۱۰-۵ میلی‌متر (۱۲ روز) و روزهای با بارندگی بیش‌تر از ۱۰ میلی‌متر (۱۱ روز) در مقایسه با ۱۰ سال گذشته بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در این متغیرها در ۱۰ سال گذشته بود. نبود اختلاف در میزان دمای هوا و بارش‌های جوی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ نسبت به سال‌های گذشته، امکان تعمیم و استفاده از روابط به‌دست آمده در این مطالعه برای برآورد سطح برگ باقلا برای شرایط عادی در منطقه را افزایش می‌دهد.

شاخص سطح برگ: روند تغییرات شاخص سطح برگ با استفاده از مدل لجستیک (غدیریان و همکاران، ۱۳۹۰) بررسی شد و ضرایب این مدل در جدول ۱ آمده است. بین ارقام مورد استفاده اختلافی در میزان حداکثر شاخص سطح برگ وجود نداشت و این مقدار (میانگین رقم‌ها) در فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر در تاریخ کاشت ۲۴ آبان به ترتیب ۴/۸، ۳/۷ و ۳/۰ و در تاریخ کاشت ۲ دی به ترتیب ۲/۷، ۲/۰ و ۱/۸ بود (جدول ۱). حداکثر LAI در هر دو تاریخ کاشت در حدود در اول اردیبهشت‌ماه (۱۵۹)

1- Excel

روز پس از کاشت ۲۴ آبان و ۱۳۰ روز پس از کاشت ۲ دی) مشاهده شد. اثر فواصل بین ردیف در تاریخ‌های کاشت ۲۴ آبان و ۲ دی بر زمان رسیدن به حداکثر LAI، متفاوت بود به طوری که در کاشت ۲۴ آبان در هر دو رقم برکت و فرانسه، در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر (بیشترین تراکم بوته) کانوپی باقلا سریع‌تر بسته شده و رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ زودتر از دیگر تراکم‌ها اتفاق افتاد (جدول ۱). این در حالی بود که در کاشت ۲ دی از نظر زمان کاشت تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اعمال شده وجود نداشت (جدول ۱).



شکل ۳- روند تغییرات شاخص سطح برگ دو رقم باقلا در فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر؛ الف) تاریخ کاشت ۲۴ آبان، رقم برکت، ب) تاریخ کاشت ۲۴ آبان، رقم فرانسه، ج) تاریخ کاشت ۲ دی، رقم برکت، د) تاریخ کاشت ۲ دی، رقم فرانسه.

در تمام تیمارها، بعد از سبز شدن، شاخص سطح برگ (LAI) در ابتدا با سرعت کم (به صورت نمایی) و سپس با گرم‌تر شدن هوا از ۵ فروردین‌ماه به بعد به صورت خطی با شیب تند افزایش یافت (شکل ۳). با این حال، در تاریخ کاشت دوم به دلیل مواجهه سریع‌تر گیاه با روزهای گرم و آفتابی دوره توسعه نمایی شاخص سطح برگ کوتاه‌تر بوده و گیاه سریع‌تر وارد مرحله خطی افزایش LAI شد. با افزایش LAI، دریافت نور و سرعت افزایش تولید ماده خشک نیز تا زمانی که شاخ و برگ به قدر کافی متراکم شود و روی یکدیگر سایه‌اندازی نماید افزایش می‌یابد. بعد از این مرحله، نور کم‌تری به برگ‌های

تحتانی نفوذ کرده و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی آن‌ها کاهش خواهد یافت. با توجه به شکل ۳، مشاهده می‌شود که LAI تا ۱۵۹ روز در تاریخ کاشت ۲۴ آبان و ۱۳۰ روز پس از کاشت ۲ دی روند افزایشی داشته و سپس کاهش می‌یابد. در ضمن، این نکته قابل توجه است که پس از رسیدن به حداکثر LAI، شیب کاهش آن در تراکم‌های بالاتر بیشتر می‌باشد (جدول ۱). دلیل این امر را چنین می‌توان توجیه نمود که با افزایش تراکم، برگ‌های بیش‌تری در سایه قرار گرفته است و هم‌چنین افزایش شدت نور و دما در آخر فصل باعث ریزش زیادتر برگ‌ها به‌ویژه برگ‌های پایینی و در نتیجه کاهش بیش‌تر شاخص سطح برگ می‌گردد. مارول و همکاران (۱۹۹۲) نیز طی آزمایشی در استرالیا مشاهده نمودند که با افزایش تراکم سویا، شاخص سطح برگ سریع‌تر افزایش یافته و کانوی گیاه سریع‌تر بسته می‌شود و هم‌چنین در پایان فصل رشد کاهش شاخص سطح برگ در تراکم‌های بالاتر زودتر اتفاق افتاد.

گل‌دهی در همه شرایط اعمال شده در حدود پنجم فروردین‌ماه اتفاق افتاد (۱۳۲ روز پس از کاشت در تاریخ کشت ۲۴ آبان و ۹۲ روز بعد از کشت ۲ دی). با بلند شدن روزها در اواخر زمستان و اوایل بهار، باقلا به‌عنوان یک گیاه روزبلند صرف‌نظر از زمان کاشت به گل رفته و دوره مؤثر تولید برگ در تاریخ کشت با تأخیر کوتاه‌تر می‌شود در نتیجه تاریخ وقوع حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ‌های مختلف یکسان است اما با تأخیر در کاشت حداکثر شاخص سطح برگ کوچک‌تر می‌شود.

جدول ۱- مقایسه میانگین ضرایب مدل لجستیک، A و C ضرایب ثابت مدل، B زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (روز) می‌باشد و  $LAI_{max}$  (حداکثر شاخص سطح برگ) با حل عددی به‌دست آمده است.  $R^2$  نیز ضریب تبیین را در دو تاریخ کاشت ۲۴ آبان و ۲ دی در باقلای برکت و فرانسه در فواصل بین ردیف مختلف (سانتی‌متر) نشان می‌دهد.

تاریخ کاشت	رقم	فاصله ردیف	$LAI_{max}$	B±SE	A±SE	C±SE	$R^2$
۲۴ آبان	برکت	۳۰	۴/۷۶ <sup>a</sup>	۱۷۵/۵ <sup>b</sup>	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۸	۲۰/۱۱ ± ۲۲۳/۶	۰/۹۷
		۴۵	۳/۷۸ <sup>b</sup>	۱۶۲/۵ <sup>a</sup>	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۸	۲۰/۲۲ ± ۱۳/۰۱	۰/۹۸
		۶۰	۲/۹۹ <sup>bc</sup>	۱۶۲/۷ <sup>a</sup>	۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰۷	۸/۵۱ ± ۱۴۴/۱	۰/۹۹
	فرانسه	۳۰	۴/۸۰ <sup>a</sup>	۱۵۷/۹ <sup>b</sup>	۰/۰۱۰ ± ۰/۰۰۹	۱۸/۸۷ ± ۲۰۷/۸	۰/۹۷
		۴۵	۳/۵۳ <sup>b</sup>	۱۶۱/۹ <sup>a</sup>	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۸	۱۳/۴۱ ± ۲۰۰/۵	۰/۹۸
		۶۰	۳/۰۲ <sup>bc</sup>	۱۶۱/۶ <sup>a</sup>	۰/۰۰۶ ± ۰/۰۰۸	۸/۴۳ ± ۱۴۳/۳	۰/۹۹
۲ دی	برکت	۳۰	۲/۷۸ <sup>c</sup>	۱۳۳/۳ <sup>c</sup>	۰/۰۰۳ ± ۰/۰۰۷	۵/۷۸ ± ۱۵۶/۱	۰/۹۹
		۴۵	۲/۰۱ <sup>d</sup>	۱۳۳/۸ <sup>c</sup>	۰/۰۰۴ ± ۰/۰۰۷	۵/۷۲ ± ۱۱۷/۱	۰/۹۹
		۶۰	۱/۷۰ <sup>e</sup>	۱۳۵/۷ <sup>c</sup>	۰/۰۰۴ ± ۰/۰۰۷	۴/۴۶ ± ۹۱/۱	۰/۹۸
	فرانسه	۳۰	۲/۷۰ <sup>c</sup>	۱۳۳/۲ <sup>c</sup>	۰/۰۰۳ ± ۰/۰۰۷	۶/۱۷ ± ۱۴۸/۱	۰/۹۹
		۴۵	۱/۹۹ <sup>d</sup>	۱۳۲/۶ <sup>c</sup>	۰/۰۰۴ ± ۰/۰۰۷	۵/۷۱ ± ۱۱۷/۱	۰/۹۹
		۶۰	۱/۷۹ <sup>de</sup>	۱۳۴/۸ <sup>c</sup>	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۷	۸/۲۷ ± ۹۶/۴	۰/۹۸

ابراهیم زینلی و همکاران

جدول ۲- مقادیر دامنه، انحراف معیار و میانگین سطح برگ و وزن خشک برگ ارقام باقلای برکت و فرانسه در دو تاریخ کاشت و سه فاصله بین ردیف (سانتی متر).

میانگین	انحراف معیار	دامنه	فاصله بین ردیف	رقم	تاریخ کاشت	صفت
۶۶۱/۴۴	۱۴۳/۳۳	۵۲/۵۰-۲۷۸۱	۶۰			
۶۲۳/۹۲	۱۳۰/۱۱	۵۵/۴۰-۲۱۸۷	۴۵	برکت		
۵۷۴/۴۱	۱۰۸/۳۱	۴۲/۶۰-۱۸۹۸	۳۰		۲۴ آبان	
۶۹۴/۳۳	۱۵۱/۹۱	۷۴/۹۰-۲۷۶۵	۶۰			
۶۲۳/۱۱	۱۲۶/۴۱	۶۹/۳۰-۲۰۸۱	۴۵	فرانسه		
۵۶۰/۵۱	۱۰۹/۹۴	۷۲/۳۰-۱۹۲۱	۳۰			سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته)
۵۶۱/۳۳	۱۲۲/۳۱	۷۰/۶۰-۱۶۴۵	۶۰			
۵۲۲/۹۱	۱۰۶/۷۲	۶۵/۲۰-۱۴۲۸	۴۵	برکت		
۴۸۰/۴۱	۹۱/۳۳	۶۵/۶۰-۱۰۵۵	۳۰		۲ دی	
۶۰۶/۳۳	۱۳۳/۴۴	۶۹/۳۰-۱۷۴۶	۶۰			
۵۲۵/۹۵	۱۰۷/۵۵	۶۵/۵۰-۱۲۹۴	۴۵	فرانسه		
۴۶۲/۷۳	۸۹/۷۲	۵۴/۱۰-۱۱۴۴	۳۰			
۵۸۲/۸۲	۳۵/۵۱	۴۲/۶-۲۷۸۱		مجموع		
۴/۱۶	۰/۹۲	۰/۴۲-۱۷/۶	۶۰			
۳/۵۵	۰/۷۲	۰/۳۵-۱۲/۹	۴۵	برکت		
۳/۷۷	۰/۶۹	۰/۵۵-۱۲/۵	۳۰		۲۴ آبان	
۴/۲۶	۰/۹۱	۰/۵۳-۱۴/۴	۶۰			
۳/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۶-۱۴/۵	۴۵	فرانسه		
۳/۴۴	۰/۷۰	۰/۴۶-۱۲/۹	۳۰			
۳/۸۱	۰/۸۵	۰/۴۰-۱۰/۷	۶۰			وزن خشک برگ (گرم در بوته)
۳/۳۱	۰/۶۹	۰/۴۶-۹/۷	۴۵	برکت		
۳/۱۲	۰/۶۰	۰/۴۶-۸/۱	۳۰		۲ دی	
۴/۲۴	۰/۹۵	۰/۴۰-۱۲/۴	۶۰			
۳/۵۳	۰/۷۵	۰/۴۰-۱۰/۱	۴۵	فرانسه		
۳/۱۱	۰/۶۱	۰/۴۷-۷/۵	۳۰			
۳/۷۱	۰/۲۲	۰/۳۵-۱۷/۶		مجموع		

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی (۲۰)، شماره (۴) ۱۳۹۲

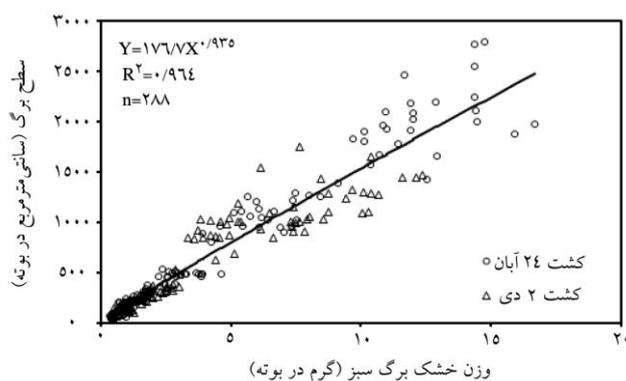
ادامه جدول ۲- مقادیر دامنه، انحراف معیار و میانگین وزن خشک اجزای رویشی و ارتفاع بوته ارقام باقلای برکت و فرانسه در دو تاریخ کاشت و سه فاصله بین ردیف (سانتی‌متر).

میانگین	انحراف معیار	دامنه	فاصله بین ردیف	رقم	تاریخ کاشت	صفت
۷/۷۹	۱/۸۲	۰/۵۷-۳۲/۶	۶۰			
۶/۸۳	۱/۴۹	۰/۴۷-۲۵/۵	۴۵	برکت		
۶/۳۱	۱/۲۸	۰/۶۶-۲۴/۵	۳۰		۲۴ آبان	
۷/۹۳	۱/۸۱	۰/۷۴-۳۱/۵	۶۰			
۷/۰۴	۱/۵۴	۰/۷۸-۲۷/۱	۴۵	فرانسه		
۶/۰۸	۱/۳۱	۰/۵۸-۲۵/۱	۳۰			وزن خشک
۷/۲۱	۱/۷۷	۰/۵۶-۲۱/۳	۶۰			اجزای رویشی
۶/۵۱	۱/۵۳	۰/۶۸-۱۹/۹	۴۵	برکت		(گرم در بوته)
۶/۱۵	۱/۳۷	۰/۶۶-۱۷/۷	۳۰		۲ دی	
۷/۹۱	۱/۹۱	۰/۶۵-۲۴/۵	۶۰			
۶/۴۳	۱/۴۶	۰/۵۶-۱۸/۸	۴۵	فرانسه		
۵/۹۹	۱/۳۳	۰/۶۳-۱۶/۵	۳۰			
۶/۸۷	۰/۴۵	۰/۴۷-۳۲/۶		مجموع		
۲۸/۳	۴/۵۶	۵/۱۶-۸۴/۵	۶۰			
۲۸/۶	۴/۳۱	۵/۳۳-۷۸/۷	۴۵	برکت		
۲۹/۱	۴/۵۳	۵/۵۴-۸۱/۵	۳۰		۲۴ آبان	
۲۷/۹	۴/۲۷	۶/۱۸-۷۹/۸	۶۰			
۳۰/۱	۴/۷۳	۵/۳۳-۸۵/۷	۴۵	فرانسه		
۲۸/۱	۴/۳۴	۶/۱۱-۸۲/۰	۳۰			
۳۱/۵	۴/۷۱	۶/۳۸-۶۴/۵	۶۰			ارتفاع بوته
۳۲/۴	۴/۸۷	۶/۵۳-۶۸/۱	۴۵	برکت		(سانتی‌متر)
۳۲/۶	۴/۹۳	۶/۷۱-۶۸/۸	۳۰		۲ دی	
۳۲/۳	۴/۷۴	۷/۰۲-۶۳/۰	۶۰			
۳۲/۵	۴/۹۱	۶/۵۱-۶۵/۳	۴۵	فرانسه		
۳۳/۷	۵/۱۲	۶/۵۵-۷۳/۲	۳۰			
۳۰/۳	۱/۳۲	۵/۱۱-۸۵/۷		مجموع		

رابطه سطح برگ و وزن خشک برگ سبز: وزن خشک برگ سبز در طی مراحل نمو بوته از ۱۷/۶-۰/۳۵ گرم در بوته متغیر بود (جدول ۲). برای توصیف رابطه بین سطح برگ و وزن خشک برگ سبز برای هر یک از ۱۲ تیمار در این مطالعه، روابط جداگانه‌ای برازش داده شد اما با بررسی حدود اطمینان مدل برازش داده شده، بین ارقام برکت و فرانسه، فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر و دو تاریخ کاشت از نظر ضریب آلومتریک (b) اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. در نتیجه، به جای استفاده از روابط جداگانه برای هر تیمار، برای مجموع تیمارها از یک رابطه (رابطه ۱) برای توصیف رابطه بین سطح برگ در برابر وزن خشک برگ سبز در بوته استفاده شد (جدول ۳).

$$Y=176\sqrt{X}^{0.935} \quad R^2=0.96 \quad (1)$$

که در آن، X: وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته) و Y: سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) می‌باشد. مقدار ضریب آلومتریک (شیب خط) از ۰/۸۰ در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر در تاریخ کاشت ۲ دی تا ۰/۹۹ در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر در تاریخ کاشت ۲۴ آبان متغیر بود. ضریب تبیین ( $R^2$ ) بالای ۰/۹۶ در تراکم‌ها، تاریخ‌های کاشت، ارقام و مراحل مختلف نمو باقلا نشان‌دهنده رابطه بسیار قوی بین سطح برگ و وزن خشک برگ در بوته است. بنابراین از آنجا که اندازه‌گیری سطح برگ کاری دشوار بوده و مستلزم دستگاه خاص اندازه‌گیری سطح برگ و هم‌چنین صرف وقت و هزینه می‌باشد، می‌توان با اندازه‌گیری وزن خشک برگ سبز در بوته که به آسانی قابل انجام است، سطح برگ در بوته را با معادله به‌دست آمده در این مطالعه (رابطه ۱) با دقت بالایی برآورد کرد.



شکل ۴- برازش معادله توانی  $Y=176\sqrt{X}^{0.935}$  برای توصیف رابطه بین سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) و وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته).

در پژوهش‌هایی که راحمی و همکاران (۲۰۰۶) درباره نخود انجام دادند برای توصیف روابط آلومتریک بین سطح برگ و اجزای رویشی از یک مدل خطی استفاده کردند، شارت و بیکر (۱۹۸۵) در یونجه و پین و همکاران (۱۹۹۱) درباره ارزن گزارش کردند که مدل غیرخطی، روابط بین سطح برگ و وزن خشک برگ را بهتر توصیف می‌کند. هم‌چنین هم و همکاران (۱۹۹۳) برای پیش‌بینی سطح برگ با استفاده از تعداد برگ در بوته از یک معادله توانی ( $Y=aX^b$ ) استفاده کردند. البته لازم به یادآوری است که معادله توانی به‌دست آمده در این مطالعه برای پیش‌بینی سطح برگ سبز در بوته با استفاده از وزن خشک برگ سبز به رابطه خطی بسیار نزدیک است اما با توجه به ماهیت رابطه بین این دو صفت از معادله توانی استفاده شد.

جدول ۳- ضرایب (a و b) در معادله  $y=ax^b$  برای پیش‌بینی سطح برگ در بوته (سانتی‌متر مربع) با استفاده از وزن خشک برگ در بوته (گرم)، وزن خشک اجزای رویشی در بوته (گرم) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر) در مراحل مختلف نمو در دو تاریخ کاشت ۲۴ آبان و ۲ دی.  $R^2$  ضریب تبیین و RMSE جذر میانگین مربعات خطا را نشان می‌دهد.

صفت	تاریخ کاشت	a ± SE	b ± SE	RMSE	$R^2$
وزن خشک برگ (گرم در بوته)	۲۴ آبان	۱۷۶/۷ ± ۱۰/۰	۰/۹۶ ± ۰/۰۲	۱۵۲/۷	۰/۹۷
	۲ دی	۲۰۶/۴ ± ۱۵/۹	۰/۸۲ ± ۰/۰۴	۱۵۸/۶	۰/۹۵
	مجموع	۱۷۶/۷ ± ۸/۷	۰/۹۳ ± ۰/۰۲	۱۶۵/۱	۰/۹۶
وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته)	۲۴ آبان	۱۱۴/۴ ± ۷/۰	۰/۹۰ ± ۰/۰۲	۱۳۶/۸	۰/۹۸
	۲ دی	۱۵۳/۸ ± ۱۴/۷	۰/۷۳ ± ۰/۰۳	۱۶۶/۲	۰/۹۵
	مجموع	۱۱۸/۱ ± ۷/۴	۰/۸۶ ± ۰/۰۲	۱۵۳/۲	۰/۹۶
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۲۴ آبان	۶/۹ ± ۱/۲	۱/۳۱ ± ۰/۰۴	۱۸۰/۴	۰/۹۶
	۲ دی	۲/۷ ± ۰/۹	۱/۴۷ ± ۰/۰۹	۱۶۱/۸	۰/۹۵
	مجموع	۳/۷ ± ۰/۷	۱/۴۳ ± ۰/۰۵	۲۰۱/۸	۰/۹۴

رابطه سطح برگ و وزن خشک اجزای رویشی گیاه: در طول دوره آزمایش، وزن خشک کل اجزای رویشی در دامنه ۰/۴۷-۳۲/۶ گرم در بوته متغیر بود (جدول ۲). بررسی حدود اطمینان ضرایب مدل برآورد شده نشان داد که بین ارقام برکت و فرانسه و فواصل بین ردیف کاشت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما مقدار ضریب آلومتریک در تاریخ کاشت ۲۴ آبان (۰/۸۹) بیش‌تر از کاشت ۲ دی

(۰/۷۲) بوده و در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد، در نتیجه می‌توان به‌جای استفاده از معادله‌های جداگانه برای هر یک از ارقام و فواصل بین ردیف، برای توصیف این رابطه از یک معادله برای تاریخ کاشت ۲۴ آبان (رابطه ۲) و یک معادله برای تاریخ کاشت ۲ دی (رابطه ۳) باقلا استفاده کرد (جدول ۳).

$$Y=114/4X^{0/898} \quad R^2=0/98 \quad (2)$$

$$Y=153/8X^{0/726} \quad R^2=0/95 \quad (3)$$

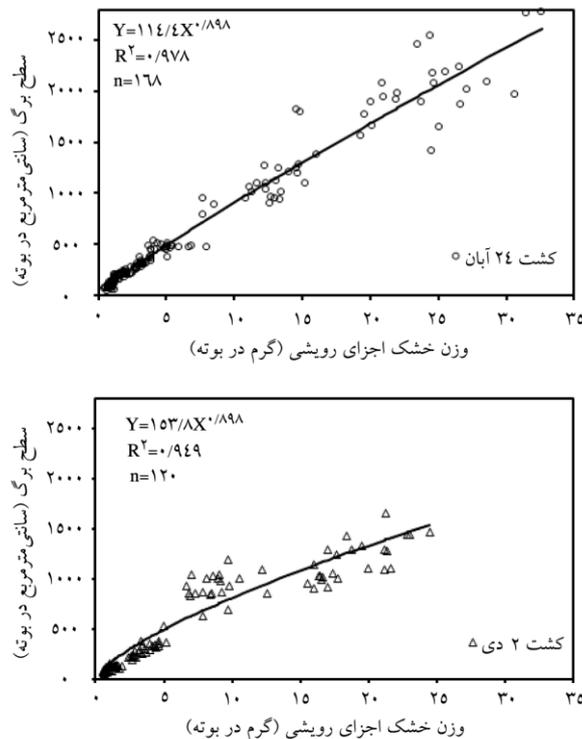
که در آن‌ها،  $Y$ : سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) و  $X$ : وزن خشک کل اجزای رویشی (گرم در بوته) می‌باشد. مقادیر ضریب تبیین بالای ۰/۹۵ و جذر میانگین مربعات خطای ۱۳۶/۸-۱۶۶/۲ نشان‌دهنده وجود رابطه بسیارخوب بین سطح برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی در باقلا می‌باشد. میزان سطح برگ در تاریخ کاشت ۲۴ آبان از ۲۷۸۱-۴۲/۶ سانتی‌مترمربع در بوته و وزن خشک اندام رویشی نیز بین ۳۲/۶-۰/۴۶ گرم در بوته متغیر بود اما این تغییر در کاشت ۲ دی در بازه کوچک‌تری اتفاق افتاد به‌طوری‌که سطح برگ از ۱۷۴۶-۵۴ سانتی‌مترمربع در بوته و وزن خشک اندام رویشی از ۲۴/۵-۰/۵۶ گرم در بوته متغیر بود. براساس نتایج به‌دست آمده میزان افزایش سطح برگ به‌ازای هر واحد افزایش در وزن خشک اجزای رویشی (شیب خط) در تاریخ کاشت ۲۴ آبان بیش‌تر از ۲ دی بوده است.

با توجه به‌نتایج به‌دست آمده، در هر دو تاریخ کاشت، در مراحل اولیه رشد به‌ازای هر واحد افزایش در وزن خشک کل اجزای رویشی، سطح برگ در باقلا با سرعت بیش‌تری افزایش یافت حال آن‌که در مراحل بعدی با افزایش بیوماس بوته باقلا، سرعت گسترش سطح برگ به‌ازای افزایش در وزن خشک اجزای رویشی کاهش یافت (شکل ۵). افزایش سریع‌تر سطح برگ در مراحل اول را می‌توان به تخصیص بیش‌تر ماده خشک به برگ‌ها در مراحل اولیه رشد در مقایسه با مراحل بعدی نسبت داد. با گذشت زمان و پیشرفت نمو گیاه تخصیص ماده خشک به برگ‌ها به‌طور نسبی کاهش یافته و بر تخصیص ماده خشک به ساقه‌ها افزوده می‌شود. افزایش آهسته‌تر سطح برگ در مرحله دوم را نیز می‌توان با شروع رشد ساقه‌های جانبی و تولید گل و غلاف در باقلا مرتبط دانست.

در طی فصل رشد گیاه و با افزایش میزان ماده خشک کل، پراکندگی نقاط در اطراف خط رگرسیونى بیش‌تر می‌شود که این موضوع را می‌توان به زوال برگ‌های پایینی باقلا با افزایش ماده خشک تولیدی، کاهش سرعت تولید برگ‌های جدید و تخصیص بیش‌تر ماده خشک به رشد ساقه‌ها، به‌ویژه در تراکم‌های بالاتر در مراحل پیشرفته نمو نسبت داد (شکل ۵).

ضریب آلومتریکی (b) در تاریخ کشت ۲۴ آبان (۰/۸۹۸) بیش‌تر از ضریب برآورد شده در تاریخ کشت ۲ دی بود که نشان‌دهنده شیب بیش‌تر افزایش سطح برگ در برابر وزن خشک اجزای رویشی بوته در این تاریخ کشت است. این تفاوت در تاریخ کشت‌ها را می‌توان به خاتمه سریع‌تر دوره رشد رویشی و در نتیجه کوچک‌تر شدن اندازه بوته‌ها و همین‌طور کوتاه‌تر شدن دوره توسعه مؤثر سطح برگ در بوته در تاریخ کشت ۲ دی (باتأخیر) نسبت داد.

از وزن خشک کل در بعضی گیاهان برای توصیف سطح برگ استفاده می‌شود. با توجه به این‌که اندازه‌گیری کل بیوماس در مقایسه با سطح برگ بسیار ساده‌تر است و بدون استفاده از وسایل مجهز، به‌راحتی و به‌سرعت انجام می‌شود، از این صفت می‌توان برای پیش‌بینی سطح برگ استفاده کرد. ما و همکاران (۱۹۹۲) در بادام‌زمینی، اوال و همکاران (۲۰۰۴) در نخل روغنی، تسیالتاس و ماسلاریس (۲۰۰۸) در چغندر، رتا و همکاران (۲۰۰۰) در چند گونه کشیده برگ با استفاده از معادلات رگرسیون خطی و غیرخطی همبستگی بسیار بالایی را بین سطح برگ و وزن خشک برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی گزارش کردند. هم‌چنین، تعداد زیادی از پژوهش‌گران از معادله‌های غیرخطی برای توصیف روابط سطح برگ با وزن خشک برگ و یا وزن خشک کل اجزای رویشی استفاده کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به اکرم‌قادری و سلطانی (۲۰۰۳) در پنبه، بخشنده و همکاران (۲۰۱۱) در سویا و گندم، و راحمی و همکاران (۲۰۰۶) در نخود اشاره کرد.



شکل ۵- برازش معادله آلومتریک برای توصیف رابطه بین سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته) در برابر وزن خشک اجزای رویشی (گرم در بوته).

رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته: با کاهش فاصله بین ردیف‌ها از ۶۰ به ۳۰ سانتی‌متر، ارتفاع بوته از ۶۷/۸ سانتی‌متر به ۷۱/۱ سانتی‌متر افزایش یافت. با این وجود، براساس نتایج تجزیه واریانس، فقط اثر تاریخ کاشت بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. خلیل و همکاران (۲۰۱۰) و استرینگی و همکاران (۱۹۸۸) افزایش ارتفاع بوته با کاهش فاصله بین ردیف را در باقلا گزارش کردند.

میانگین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت ۲۴ آبان ۷۸/۱ و در تاریخ کاشت ۲ دی ۶۰/۹ سانتی‌متر بود. به نظر می‌رسد دلیل اصلی کاهش ارتفاع بوته در تاریخ کاشت دیرهنگام، کوتاه‌تر بودن فصل رشد در این تاریخ کاشت نسبت به تاریخ کاشت به‌موقع (۲۴ آبان) و در نتیجه کاهش طول میان‌گره‌ها و

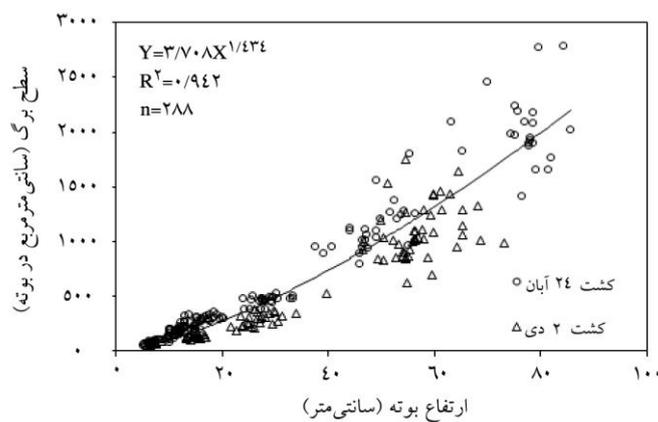
همین‌طور کاهش تعداد گره در ساقه در این تاریخ کاشت باشد. در تاریخ کاشت ۲۴ آبان به‌طور متوسط ۱۶/۲ گره در ساقه تولید شد درحالی‌که در کاشت ۲ دی به ۱۴/۹ گره در ساقه کاهش یافت. گزارش‌های سایر پژوهش‌گران نیز بر ارتفاع بیش‌تر بوته در کاشت‌های زودتر نسبت به کاشت‌های دیرتر دلالت دارد (باستیداس و همکاران، ۲۰۰۸؛ ترایان و همکاران، ۲۰۰۴).

در بررسی حدود اطمینان ضرایب برآورد شده برای رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته در فواصل مختلف بین ردیف در ارقام باقلای برکت و فرانسه اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. بنابراین، ضرایب معادله، ضریب تبیین و جذر میانگین مربعات خطا برای دو تاریخ کاشت جداگانه آورده شد (جدول ۳). ضریب آلومتریک (b) با وجود تغییر از ۱/۳۱ در کشت ۲۴ آبان به ۱/۴۷ در کشت ۲ دی، اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳). در نتیجه، از یک معادله (رابطه ۴) برای مجموع داده‌ها به‌منظور توصیف رابطه بین سطح برگ در بوته (سانتی‌متر مربع در بوته، Y) و ارتفاع بوته (سانتی‌متر، X) استفاده شد (جدول ۳).

$$Y = 3/70.8X^{1/434} \quad R^2 = 0/94 \quad (4)$$

براساس نتایج به‌دست آمده، در شرایط محیطی آزمایش رابطه بسیار خوبی بین سطح برگ و ارتفاع بوته در باقلا وجود دارد و سطح برگ با افزایش ارتفاع بوته در شرایط مختلف رقم، تراکم و تاریخ کاشت براساس رابطه ۴ افزایش می‌یابد (شکل ۶). در مراحل اولیه رشد باقلا شیب نمودار کم‌تر از مراحل بعدی بود که نشان می‌دهد در مراحل اولیه رشد میزان افزایش سطح برگ در بوته به‌ازای هر واحد افزایش ارتفاع بوته از مراحل بعدی کم‌تر بود. این نتیجه را می‌توان تا حد زیادی به کوچک‌تر بودن برگ‌های تولید شده در اوایل فصل رشد باقلا نسبت داد، در باقلا برگ‌های تولید شده در ابتدای فصل رشد دو برگچه‌ای هستند اما با گذشت فصل رشد بر تعداد برگچه‌ها در هر برگ افزوده شده و حتی به ۶ برگچه در هر برگ می‌رسد. علاوه بر این، با گذشت زمان بر تعداد شاخه‌های فرعی نیز افزوده می‌شود. در نتیجه، با گذشت زمان، سطح برگ تولید شده به‌ازای هر واحد افزایش در ارتفاع بوته (شیب خط رگرسیون) به‌طور قابل‌اعتنایی افزایش می‌یابد. بدیهی است، مناسب‌تر شدن شرایط محیطی (افزایش دما و شدت تشعشع) از اواخر زمستان به بعد نیز در افزایش شیب خط رگرسیون افزایش سطح برگ در مقابل افزایش ارتفاع مؤثر است.

از آنجایی که اندازه‌گیری ارتفاع بوته در مقایسه با اندازه‌گیری سطح برگ امری بسیار ساده‌تر، سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر است از این صفت می‌توان برای برآورد سطح برگ استفاده نمود. البته دقت برآورد سطح برگ با استفاده از ارتفاع به دلیل ضریب تبیین پایین (۰/۹۴) و جذر میانگین مربعات خطا بالاتر (۲۰۱/۶) نسبت به دیگر روش‌ها کمی پایین‌تر می‌باشد. بر خلاف این مطالعه، در پژوهش‌هایی که لایس و همکاران (۱۹۸۶) بر روی سویا و اکرم‌قادری و همکاران (۲۰۰۳) روی پنبه انجام دادند، مشاهده کردند که ارتفاع گیاه توصیف‌کننده مناسبی برای سطح برگ نیست.



شکل ۶- برازش معادله  $Y=3/70.8X^{1/434}$  برای توصیف رابطه بین سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته) در برابر ارتفاع (سانتی‌متر).

### نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش بیانگر وجود روابط آلومتریک بسیار قوی بین سطح برگ با وزن خشک برگ سبز، وزن خشک اجزای رویشی گیاه و ارتفاع بوته (به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۶، ۰/۹۶ و ۰/۹۴) در دوره توسعه مؤثر سطح برگ است. روابط به‌دست آمده در ارقام باقلای برکت و فرانسه، فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر و تاریخ‌های کشت ۲۴ آبان و ۲ دی ثابت و پایدار بود و فقط رابطه سطح برگ در برابر وزن خشک اجزای رویشی تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت (با این وجود ضرایب معادله در هر دو تاریخ کشت برای صفات مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است). در نتیجه برای تاریخ کاشت ۲۴ آبان و ۲ دی ماه روابط جداگانه‌ای برای سطح برگ و وزن خشک اجزای رویشی بوته معرفی شد. از آنجایی که رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ سبز در بوته دارای ضریب

تبیین بالاتر و همچنین جذر میانگین مربعات کوچک‌تر نسبت به ارتفاع بود پیشنهاد می‌شود از این رابطه برای استفاده در مدل‌های شبیه‌سازی باقلا و همچنین برآورد سریع و آسان سطح برگ در مواقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ در دسترس نیستند، استفاده شود.

#### منابع

1. Akramghaderi, F., Soltani, A. and Rezayi, J. 2003. Estimating the leaf area in cotton cultivars using vegetative characteristics. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 11: 1. 15-23. (In Persian)
2. Awal, M.A., Ishak, W., Endar, J. and Haniff, M. 2004. Determination of specific leaf area and leaf area-leaf mass relationship in oil palm plantation. *Asian J. Plant Sci.* 3: 264-268.
3. Bakhshandeh, E., Soltani, A., Zeinali, E., Kalate, M. and Ghadirian, R. 2011. Evaluating the allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in bread and durum wheat cultivars. *J. Iran. Crop Sci.* 13: 3. 642-657. (In Persian)
4. Bastidas, A.M., Setiyono, T.D., Dobermann, A., Cassman, K.G., Elmore, R.W., Grea, G.L. and Specht, J. 2008. Soybean sowing date: The vegetative, reproductive and agronomic impacts. *Crop Sci.* 48: 727-740.
5. Beizai, A. 1999. Compare the yield of white beans, red and pinto. Central Agriculture Research Center, Project Final Report. (In Persian)
6. Board, J.E., Harville, B.G. and Sayton, A. 1992. Explanation for greater light interception in narrow- row and wide- row of soybean, *Agron. J.* 32: 198-202.
7. Ghadirian, R., Soltani, A., Zeinali, E., Kalate, M. and Bakhshandeh, E. 2011. Evaluation of non-linear regression models for growth analysis. *Elec. J. Crop Prod.* 4: 3. 55-77. (In Persian)
8. Hammer, G.L., Carberry, P.S. and Muchow, R.C. 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. *Field Crops Res.* 33: 293-310.
9. Hun, J.R. 1973. Visual qualification of wheat development. *Agron. J.* 65: 116-119.
10. Johnson, R.E. 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. *Agron. J.* 59: 493-494.
11. 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. *Agric. For Meteorol.* 121: 19-35.
12. Lieth, J.H., Reynolds, J.F. and Rogers, H.H. 1986. Estimation of leaf area of soybeans grown under elevated carbon dioxide levels. *Field Crops Res.* 13: 193-203.

13. Ma, L., Gardener, F.P. and Selamat, A. 1992. Estimation of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. *Crop Sci.* 32: 461-471.
14. Marvel, J.N., Beyrouthy, C.A. and Gbur, E.E. 1992. Response of soybean growth to root and canopy competition. *Crop Sci.* 32: 797-801.
15. Niklas, K.J. 1995. Plant height and the properties of some herbaceous stem. *Ann. Bot.* 75: 133-142.
16. Payne, W.A., Went, C.W., Hossner, L.R. and Gates, C.E. 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. *Agron. J.* 83: 937-941.
17. Rahemi, A., Soltani, A., Purreza, J., Zainali, E. and Sarparast, R. 2006. Allometric relationship between leaf area and vegetative characteristics in field-grown chickpea. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.* 13: 5. 49-59. (In Persian with English abstract)
18. Reddy, V.R., Pachepsky, Y.A. and Whislers, F.D. 1998. Allometric relationships in field-grown soybean. *Ann. Bot.* 82: 125-131.
19. Retta, A., Armbrust, D.V., Hagen, L.J. and Skidmore, E.L. 2000. Leaf and stem area relationship to masses and their height distributions in native grasses. *Agron. J.* 92: 225-230.
20. Rezvani Moghadam, P., and Mashhadi, H. 2000. Density and row spacing on yield and yield components of mungbean. Abstract Proceedings of the Sixth Congress of Agronomy and Plant Breeding. (In Persian)
21. Shahein, A.H., Agwah, E.M.R. and E.L. Shammah, H.A. 1995. Effect of plant density as well as nitrogen and phosphorus fertilizer rate on growth green pods and dryseed yield and quality of broad bean. *Ann. Agri. Sci. Moshtohor.* 33: 1, 371-388.
22. Sharrett, B.S. and Baker, D.G. 1985. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. *Crop Sci.* 26: 1040-1042.
23. Shih, S.F., Gascho, G.J. and Rahi, G.S. 1981. Modeling biomass production of sweet sorghum. *Agron. J.* 73: 1027-1032.
24. Sinclair, T.R. 1984. Leaf area development in field-grown soybeans. *Agron. J.* 76: 141-146.
25. Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis, JMD Press, Mashhad, Iran. 182p. (In Persian)
26. Soroush, S. 1999. Effects of planting pattern on growth and yield of faba bean cultivar sarziri in the northern Khuzestan. M.Sc. Thesis of Islamic Azad University of Dezul. 85 p. (In Persian)
27. Srivastava, G.P. and Srivastava, V.C. 1996. Varieties and date of sowing of mung bean (*Phaseolus radiate* L.) in Bihar Plateau. *J. Res. Fac. Agric. Birsa Univ.* 8: 17-19.
28. Stringi, L., Amato, G.S., and Gristina, L. 1988. The effect of plant density on faba bean in semi-arid mediterranean conditions: 1. *Vicia faba* L. var. equine (C.V. Gemini). *Rivista di Agron.* 22: 293-301.

29. Truyen, N.Q., Hanh, T.M.N., Andrew, T.J. and Long, D.T. 2004. Effects of genotype and sowing time on growth of soybean in the mountain region of northern Vietnam. [www.Cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/3/488](http://www.Cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/3/488).
30. Tsialtas, J.T. and Maslaris, N. 2008. Leaf allometry and prediction of specific leaf area (SLA) in a sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. *Photosynthetica*, 46: 351-355.



## **Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in faba bean**

**\*E. Zeinali<sup>1</sup>, A. Soltani<sup>2</sup>, M. Toorani<sup>3</sup> and M. Khadempir<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Professor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>M.Sc. Student, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 05/03/2013 ; Accepted: 10/02/2013

### **Abstract**

this study was conducted to find allometric relationships between green leaf area and green leaf dry weight, vegetative dry weight and plant height in faba bean. To this, a randomized complete block design as split plot-factorial experiment with four replications was carried out at the research field of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during 2010-2011 growing season. inter-row spacing (30, 45 and 60 cm) and factorial of sowing date (15 Nov. and 24 Dec 2011) and cultivar (Barakat and French) were placed in main-and sub-plots as main plots, respectively. Plant samplings were carried out during growing season with 15 days intervals up to end of the effective leaf formation. At each sampling, leaf area, leaf dry weight, above ground vegetative dry weight and plant height were measured. To describe the relationships between leaf area and the above mentioned vegetative characteristics, different equations were evaluated and a power equation ( $Y=aX^b$ ) was chosen due to a better fit to the data, finally. Relationships obtained for faba bean cultivars, inter-row spacings and planting dates were consistent and only the relationship between leaf area and dry weight of vegetative components was affected by planting date. Hence, two separate equations were estimated for each of tow sowing dated. Since the relationship between leaf area. Y. and green leaf dry weight, X, ( $Y=176.7X^{0.935}$ ) has a higher determination coefficient and a smaller root mean square error than the plant height, using it can be proposed in the simulation models and quick estimation of green leaf area of faba bean, especially when accurate measuring device for measuring leaf area are not available.

**Keywords:** Faba bean, Allometric relationships, Leaf area, Dry weight, Plant height

---

\* Corresponding Author; Email: e.zeinali@yahoo.com

