دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره اول، شماره سوم، پاییز ۹۳
http://arpe.gonbad.ac.ir

بررسی شاخص سطح برگ، روند تجمع و تسهیم ماده خشک در دو رقم باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تأثیر فاصلهٔ بین ردیف و تاریخ‌کشت

محمد خادم‌پیر*[۱]، ابراهیم زینلی[۲]، افشین سلطانی[۳]، محمود تورانی[۴]
[۱]دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[۲]دانشیار، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[۳] استاد، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
[۴]دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۰۴/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۲

چکیده

برای بررسی اثر فاصله بین ردیف، تاریخ کاشت و رقم بر روند تغییرات شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و همچنین تسهیم ماده خشک در باقلا (*Vicia faba* L.)، آزمایشی در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاصله بین ردیف (۳۰، ۴۵ و۶۰ سانتی‌متر) به‌عنوان فاکتور اصلی و تاریخ کاشت (۲۴ آبان و ۲ دی ماه ۱۳۹۰) و رقم (برکت و فرانسه) به‌عنوان فاکتور فرعی انتخاب شدند. حداکثر وزن خشک باقلا در کشت ۲۴ آبان برای فاصله‌های بین ردیف ۳۰ ، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر به‌ترتیب برابر ۱۰۷۲/۶، ۸۹۲/۶ و ۷۳۳/۵ گرم در متر مربع بود که این مقدار در کشت ۲ دی به‌ترتیب به ۸۱۸/۴، ۵۹۳ و ۵۲۱/۷ گرم در متر مربع کاهش یافت. نتایج نشان داد که مراحل سبزشدن تا شروع رشد سریع بوته، شروع رشد سریع تا آغاز پر شدن دانه و آغاز پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه، سه مرحله متمایز در روند تغییرات ضرایب توزیع ماده خشک بودند. بیشترین ضریب توزیع برای برگ (۰/۸۴۷) در فاز اول و در تاریخ کشت ۲ دی و فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر (رقم برکت)، بیشترین ضریب توزیع برای ساقه (۰/۵۲۹) در فاز اول و در تاریخ کشت ۲۴ آبان و فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر (رقم فرانسه) و بیشترین ضریب توزیع برای دانه (۰/۶۳۸) در فاز سوم و در تاریخ کشت ۲ دی و فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر (رقم فرانسه) اتفاق افتاد.

***واژه‌های کلیدی*: آغاز پر شدن دانه، تجمع ماده خشک، ضرایب توزیع ماده خشک، نمو فنولوژیک**

*نویسنده مسئول: m.khadempir87@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

مقدمه

توزیع ماده خشک به معنی تخصیص آسیمیلات به‌دست‌آمده از فرآیند فتوسنتز به اندام‌های مختلف گیاه است. در واقع، این آسیمیلات‌ها به اندام‌های رویشی و ذخیره‌ای اختصاص می‌یابند. هرچند که معمولاً تمام قسمت‌های گیاه مصرف اقتصادی ندارند و برداشت نمی‌شوند؛ ولی برای شکل گرفتن بخش اقتصادی هر گیاه زراعی، وجود بخش‌های رویشی مثل برگ‌ها و ساقه‌ها قبل از تشکیل اندام ذخیره‌ای آن‌ها بسیار مهم است. تعیین پارامترهای مؤثر در تولید، از اهداف پژوهش‌گران اکولوژی تولید در دهه‌های اخیر بوده است. اهمیت تعیین این پارامترها در این است که کمّی‌سازی تولید با هدف جهت‌دار کردن مدیریت و مطالعه اثر عوامل محدودکننده عملکرد از ضروریات و اصول بنیادین رهیافت‌های سیستمی است. مدل‌سازی رشد و نمو گیاهان زراعی، یکی از رهیافت‌های ابزاری مفید در تحقیقات علمی و مدیریت زراعی به‌شمار می‌رود (Ahmadamini *et al.*, 2011).

در بیشتر مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی، مقدار رشد (ماده خشک) به‌صورت حاصل‌ضرب تشعشع دریافتی و کارایی استفاده از تشعشع تخمین زده می‌شود (Monteith, 1977). گام بعدی در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان این است که ماده خشک تولیدشده به اندام‌های مختلف تخصیص داده شود. این اختصاص با استفاده از ضرایب توزیع[۲] صورت می‌گیرد. ضرایب توزیع ماده خشک از دیرباز در مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی به‌کارگرفته شده است. در اغلب مدل‌های گیاهان زراعی مربوط به دانشگاه واگنینگن از همین روش استفاده شده است (Palta *et al.*, 1994). ویلکرسون و همکاران (Wilkerson *et al.*, 1983) در ساخت مدل SYGRO از ضرایب توزیع ماده خشک برای شبیه‌سازی رشد اندام‌های مختلف استفاده کردند. در مدل SPASS نیز از همین روش برای مدل‌سازی توزیع ماده خشک استفاده شده است (Wang and Engel, 2002; Galer *et al.*, 2002). اطلاعات درباره ضرایب توزیع ماده خشک به اندام‌های مختلف در باقلا بسیار اندک است. پوررضا و همکاران (Puorreza *et al.*, 2007) برای نخود، احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2009) برای گندم از ضرایب توزیع برای بررسی میزان توزیع ماده خشک بین اندام مختلف سود جستند.

به‌طورکلی، الگوی توزیع ماده خشک در طول فصل رشد به این صورت است که در ابتدای فصل رشد بیشترین سهم به برگ‌ها و ریشه‌ها، سپس به ساقه‌ها و در نهایت به اندام ذخیره‌ای می‌رسد (Penning *et al.*, 1989). توزیع ماده خشک فرآیندی است که در آن، مواد فتوسنتزی در دسترس برای رشد به برگ، ساقه، ریشه و اندام ذخیره‌ای اختصاص داده می‌شوند. اگر چه تنها بخشی از کل بیوماس برداشت می‌شود، تمامی اجزا برای اختصاص مواد خشک جدید حتی قبل از تشکیل محصول اقتصادی مهم هستند. پس از یک مرحله از رشد برگ، ساقه و ریشه، دوره‌ای آغاز می‌شود که این

1. Partitioning Coefficients

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

اندام‌ها و اندام زایشی یا ذخیره‌ای با هم رشد می‌کنند. در مرحله نهایی تنها وزن اندام ذخیره‌ای (زایشی) افزایش می‌یابد. مرحله حدواسط در غلات کوتاه است و در بقولات هم می‌تواند کوتاه باشد (Penning *et al.*, 1989).

از عوامل مهم تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی از جمله باقلا، استفاده از تراکم و آرایش کاشت مناسب و به عبارتی تنظیم فاصله بین و روی ردیف کاشت است. به گونه‌ای که کارآیی استفاده از عوامل محیطی به حداکثر برسد. از سوی دیگر، بایستی برای انجام عملیات داشت فضای کافی فراهم شود تا عملیات زراعی به‌سهولت و با کیفیت مناسب انجام شود. تراکم کاشت به عوامل مختلفی مانند خصوصیات گیاه زراعی وطول دوره رشد آن، زمان و روش کاشت، وضعیت حاصلخیزی خاک، هدف کاشت، عملیات مدیریتی در مزرعه و روش برداشت بستگی دارد. شاهین و همکاران (Shahin *et al.*, 1995) به این نتیجه رسیدند که تراکم بالا باعث کاهش تعداد گره در هر بوته، کاهش تعداد شاخه های فرعی و کاهش وزن بذرها می‌شود. به گزارش بورد و همکاران (Board *et al.*, 1992)، در باقلا با افزایش تراکم کشت با استفاده از فاصله‌ردیف‌های کم (۱۵ سانتی‌متر) تا فاصله ردیف‌های متوسط (۴۵ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ، رشد شاخه‌ها و وزن برگ و ساقه در بوته کاهش می یابد. مارول و همکاران (Marvel *et al.*, 1992) نیز نتیجه گرفتند که افزایش تراکم بوته باعث تشدید رقابت بین گیاهان مجاور و همچنین کاهش شاخص سطح برگ و کاهش تولید وزن خشک در بوته سویا می‌شود.

تاریخ کاشت مناسب، عامل مهم مدیریتی در تولید هر محصول است. دما، نور خورشید و سایر عوامل هواشناسی به شکل منفرد یا همراه با هم رشد و تولید گیاه را متأثر می‌سازند. زمان کشت، مراحل فنولوژیکی گیاه و کل تولید بیوماس را تحت تاثیر قرار می دهد و در کارایی تبدیل بیوماس به عملکرد مؤثر است (Khichar and Niwas, 2006). همچنین، تغییر عوامل اقلیمی همراه با تغییر تاریخ کاشت می‌تواند بر کیفیت توزیع ماده خشک نیز تأثیر بگذارد. کان و همکاران (Kane *et al.*, 1997) اظهار داشتند که تجمع ماده خشک در چهار رقم سویای مورد آزمایش، با تأخیر در کاشت از اوایل اردیبهشت تا اوایل تیرماه حدوداً ۱/۵ برابر شد. اندرسون و واسیلاس (Anderson and Vasilas, 1985) در سویا نشان دادند که تولید بیشتر ماده خشک در تاریخ کاشت‌های زودهنگام به خاطر طولانی‌تر بودن دوره رشد رویشی و زایشی است. بررسی های انجام شده نشان می‌دهد که تاخیر در کاشت، موجب کاهش تولید ماده خشک، دوام سطح برگ (LAD)، شاخص سطح برگ (LAI)، میزان رشد محصول (CGR)، میزان فتوسنتز خالص (NAR) و عملکرد در گیاهان مختلف می شود (Srivastava and Srivastava, 1996).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

این مطالعه به منظور مطالعه روند تجمع ماده خشک و سطح برگ، به‌دست آوردن ضرایب توزیع ماده خشک در باقلا و همچنین بررسی ثبات ضرایب توزیع، تحت شرایط مختلف محیطی از جمله تاریخ کشت، تراکم و ارقام باقلا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. شهرستان گرگان با میانگین درازمدت بارندگی سالانه ۶۰۷ میلی‌متر و ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه ۴۵ دقیقه شمالی 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. قبل از انجام آزمایش، از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک نمونه‌برداری شده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه تعیین گردید (نیتروژن کل برابر با ۰/۰۹ درصد، فسفر برابر با ۹/۸ ppm، پتاس برابر با ۱۶۰ ppm). خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی سیلتی، اسیدیته ۷/۹ و هدایت الکتریکی ۰/۶ دسی زیمنس بر متر بود. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد و شامل سه فاکتور بود؛ فاصله بین ردیف (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) به‌عنوان فاکتور اصلی و فاکتوریل تاریخ کاشت (۲۴ آبان و ۲ دی‌ماه ۱۳۹۰) و رقم (برکت و فرانسه) به‌عنوان فاکتور فرعی درنظرگرفته شد. هر کرت آزمایشی از شش ردیف کاشت به طول ۵ متر تشکیل شده بود.

زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش، زیر کاشت گندم بود و پس از عملیات معمول برای آماده‌سازی زمین از قبیل شخم با گاوآهن برگرداندار، دیسک 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 به‌عنوان آغازگر به خاک اضافه و بعد از مخلوط کردن کود با خاک، کاشت باقلا انجام شد. در تاریخ‌های یادشده، کاشت با دست و برای اطمینان از حصول تراکم موردنظر به صورت دو بذر در هر نقطه انجام شد و پس از استقرار کامل، بوته‌های اضافی حذف گردید. مبارزه با علف‌های هرز در طول فصل رشد در مواقع لازم به صورت وجین دستی انجام شد. در این آزمایش، با توجه به بارش‌های کافی و پراکندگی مناسب در طول فصل رشد آبیاری در طول فصل رشد انجام نشد.
صفات اندازه‌گیری شده در این مطالعه شامل مراحل فنولوژیک روز تا گلدهی (R1)، روز تا غلاف دهی (R3)، روز تا دانه‌بندی (R5)، روز تا شروع رسیدگی (R7) و روز تا رسیدگی کامل (R8) بود که در فصل رشد روی ۱۰ بوته مشخص براساس روش فهر و کاوینس (Fehr and Caviness, 1977) انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک تا مرحله گلدهی با فاصله ۱۵ روز و از گلدهی

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

تا رسیدگی برداشت هر ۷ روز یک‌بار نمونه‌گیری انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه در هر نمونه‌برداری، بوته‌ها به تفکیک برگ (سبز + زرد)، ساقه و دانه (غلاف + دانه) در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. در هر مرحله از پنج بوته باقلا برای اندازه‌گیری سطح برگ، از دستگاه سطح‌برگ‌سنج (Area Meter AM 300 ADC Bio scientific Ltd) استفاده، سپس به سطح موردنظر تعمیم داده شد.

ضریب توزیع ماده خشک در اندام‌های مختلف گیاه و در فواصل بین دو نمونه‌گیری از رابطه یک به دست آمد (Rizzalli *et al.*, 2002):

$$PCi = \Delta DMi / \Delta Dmtot$$ معادله (۱)

که در این رابطه PCi ضریب تخصیص مواد به اندام موردنظر در فاصله بین دو نمونه‌گیری و متغیرهای ΔDMi و ΔDMtot به ترتیب، وزن خشک اندام i و وزن خشک کل گیاه در این دوره را نشان می‌دهند.

در این مطالعه، برای آنالیز تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ در مقابل زمان، مدل‌های رگرسیونی غیرخطی مختلفی برازش داده شد که درنهایت، مدل لجستیک و نمایی خطی بریده (Ghadirian *et al.*, 2011) به‌دلیل برازش بهتر به داده‌های آزمایش به کار رفت.

مدل لجستیک زیر (رابطه دو) برای توصیف روند تغییرات شاخص سطح برگ (y) در طول دوره رشد گیاه (x) استفاده شد:

$$y = \frac{ae^{-a(x-b)(c)}}{\left(1+e^{-a(x-b)}\right)^2}$$ معادله (۲)

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

مدل رگرسیونی نمایی خطی بریده (رابطه سه) برای توصیف روند تغییرات ماده خشک (w) در برابر زمان پس از کاشت (x):

$$w=\begin{cases}\frac{c_m}{r_m}\ln\left[1+e^{r_m(x-t_o)}\right] & if \quad x<t_o+w_{\max}/c_m \\ w_{\max} & if \quad x\geq t_o+w_{\max}/c_m\end{cases}$$ معادله (۳)

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

که در آن W_{max} حداکثر مقدار تجمع ماده خشک، C_m حداکثر سرعت رشد محصول در فاز خطی رشد، r_m حداکثر سرعت رشد نسبی در فاز نمایی رشد و t_0 زمان از دست رفته تا شروع فاز خطی رشد می‌باشد. براساس این مدل در زمان $t_o + w_{\max} / c_m$ رشد گیاه به پایان می‌رسد (طول دوره رشد) و پس از آن، رشد به‌طور ناگهانی وارد فاز سوم می‌شود. که در واقع این مدل پس از فاز نمایی اولیه یک دوره رشد خطی طولانی قبل از پایان دوره رشد پیش‌بینی می‌کند و سپس به‌طور ناگهانی رشد را به پایان می‌رساند.

تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و برازش مدل به داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و تخمین پارامترهای هر مدل با روش مطلوب‌سازی تکراری به کمک رویه PROC NLIN صورت گرفت (Soltani, 2007). در روش مطلوب‌سازی تکراری با هر بار وارد کردن مقادیر اولیه پارامترها، مقادیر نهایی آن با روش کمترین توان‌های دوم تخمین زده می‌شود. کلیه مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی: بیشترین میزان بارندگی برای اسفندماه با حدود ۸۰ میلی‌لیتر ثبت شد. براساس میانگین‌های درازمدت، حداقل و حداکثر دمای این شهرستان در دی‌ماه به‌ترتیب ۴ و ۱۱ درجه سانتی-گراد است و بعد از این ماه حداقل و حداکثر دما افزایش می‌یابد. فصل رشد باقلا در این مطالعه ۱۸۴ روز در کشت ۲۴ آبان و ۱۶۰ روز در کشت ۲ دی (۲۴ آبان تا ۲۵ اردیبهشت و ۲ دی تا ۱۰ خرداد ماه) میانگین حداکثر دمای روزانه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل دمای روزانه ۶/۶ درجه سانتی‌گراد، ۶۲ روز بارانی، ۳۹ روز با بارندگی کمتر از ۵ میلی‌لیتر، ۱۲ روز با بارندگی ۵ تا ۱۰ میلی‌متر و ۱۱ روز بارندگی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر وجود داشت، اما اختلاف قابل توجهی در این متغیرها در ۱۰ سال گذشته مشاهده نشد. عدم اختلاف در میزان دمای هوا و بارش‌های جوی در سال زراعی ۹۱-۹۰ نسبت به سال‌های گذشته، امکان تعمیم و استفاده از روابط به‌دست آمده در این مطالعه را برای شرایط عادی در منطقه افزایش می‌دهد (Zeinali *et al.*, 2012).

بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ: پارامترهای مدل لجستیک و همچنین حداکثر شاخص سطح برگ به‌دست آمده به‌منظور انجام مقایسه میانگین، در هر بلوک به صورت جداگانه برآورد شد و برای مقایسه تیمارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان می-دهد بین دو تاریخ کاشت از نظر حداکثر شاخص سطح برگ اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد، اما بین رقم‌ها در هر تاریخ کاشت از نظر حداکثر شاخص سطح برگ اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود ندارد (جدول ۱). در تاریخ کاشت ۲۴ آبان حداکثر شاخص سطح برگ (۴/۸۰) در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر در رقم فرانسه و در تاریخ کاشت ۲ دی حداکثر شاخص

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

سطح برگ (۲/۷۸) در رقم برکت و فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۱). در تمام تیمارها، بعد از سبز شدن، شاخص سطح برگ (LAI) در ابتدا با سرعت کم و سپس با گرم‌تر شدن هوا از ۵ فروردین‌ماه به بعد به صورت خطی با شیبی تند افزایش یافت (شکل ۱). با این حال، در تاریخ کاشت دوم به دلیل مواجههٔ سریع‌تر گیاه با روزهای گرم و آفتابی دورهٔ توسعهٔ کند شاخص سطح برگ کوتاه‌تر بوده و گیاه سریع‌تر وارد فاز خطی افزایش LAI شد (شکل ۱، الف). با توجه به شکل ۱، مشاهده می‌شود که LAI در تاریخ کاشت ۲۴ آبان تا ۱۵۹ روز و در تاریخ کاشت ۲ دی تا ۱۳۰روز پس از کاشت، روند افزایشی داشته و پس از رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد. درضمن، در هر دو تاریخ کاشت (شکل ۱) پس از رسیدن به حداکثر LAI، شیب کاهش آن در تراکم‌های بالاتر بیشتر می‌باشد. 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 سایه بیاندازد، افزایش می‌یابد. بعد از این مرحله، نور کمتری به برگ‌های تحتانی نفوذ کرده و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی آن‌ها کاهش خواهد یافت. به این دلیل 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 به ویژه برگ‌های پایینی و در نتیجه کاهش بیشتر شاخص سطح برگ می‌شود. مارول و همکاران (Marvel *et al.*, 1992) نیز طی آزمایشی در استرالیا مشاهده کردند که با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ سریع‌تر افزایش یافته و کانوپی گیاه سریع‌تر بسته می‌شود و همچنین در پایان فصل رشد کاهش شاخص سطح برگ در تراکم‌های بالاتر زودتر اتفاق افتاد. محققان دیگری نیز بیان کردند که روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد از مدل لجستیک تبعیت کرده و با افزایش تراکم بوته در متر مربع کانوپی سریعتر بسته می‌شود، که از آن جمله می‌توان به نهبندانی و همکاران (Nehbandani *et al.*, 2013) در گیاه سویا و مداح و همکاران (Maddah *et al.*, 2008) در گیاه گندم اشاره کرد.

حداکثر شاخص سطح برگ در فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر در کشت ۲۴ آبان به‌ترتیب ۴/۸، ۳/۶۵ و ۳/۰۱ و در کشت ۲ دی به‌ترتیب ۲/۷۴، ۲/۰۱ و ۱/۷۵ بود (جدول ۱). حداکثر LAI در هر دو تاریخ کاشت در حدود اول اردیبهشت‌ماه (۱۵۹روز پس از کاشت ۲۴ آبان و ۱۳۰ روز پس از کاشت ۲دی) مشاهده شد. گلدهی نیز 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) (شکل ۱).

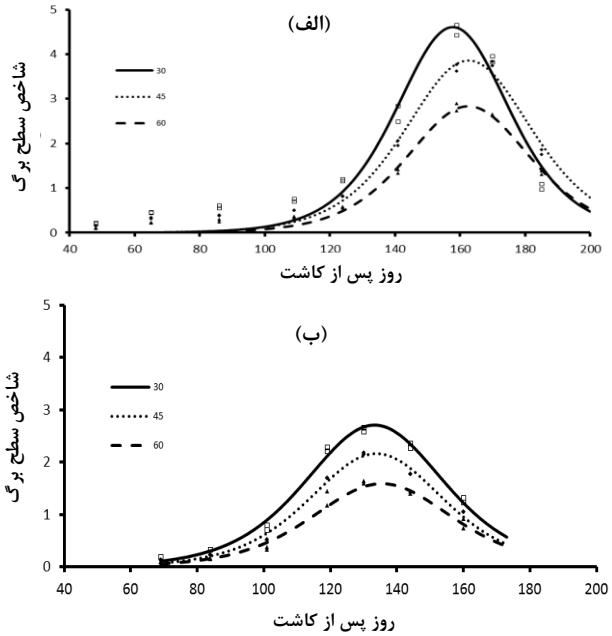
با بلند شدن روزها در اواخر زمستان و اوایل بهار، صرف‌نظر از زمان کاشت، باقلا به‌عنوان یک گیاه روز بلند به گل رفته و دورهٔ مؤثر تولید برگ در تاریخ کشت باتأخیر کوتاه‌تر می‌شود. در نتیجه تاریخ وقوع حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ‌های مختلف یکسان است؛ اما با تأخیر در کاشت حداکثر شاخص سطح برگ کوچک‌تر می‌شود (Zeinali *et al.*, 2012).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۱- مقایسه میانگین ضرایب مدل لجستیک در دو تاریخ کاشت ۲۴ آبان و ۲ دی در باقلا رقم برکت و فرانسه در فواصل بین ردیف مختلف

تاریخ‌کاشت	رقم	فاصله‌ردیف (سانتی‌متر)	LAI_{max}	b	a±SE	c±SE	R^2
۲۴ آبان	برکت	۳۰	۴/۷۶ a	۱۵۷/۵ b	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۹	۲۲۳/۶ ± ۲۰/۱۱	۰/۹۷
		۴۵	۳/۷۸ b	۱۶۲/۵ a	۰/۰۶ ± ۰/۰۰۸	۲۰۲/۲ ± ۱۳/۰۱	۰/۹۸
		۶۰	۲/۹۹ bc	۱۶۲/۷ a	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۵	۱۴۴/۱ ± ۸/۵۱	۰/۹۹
	فرانسه	۳۰	۴/۸۰ a	۱۵۷/۹ b	۰/۰۹ ± ۰/۰۱۰	۲۰۷/۸ ± ۱۸/۸۷	۰/۹۷
		۴۵	۳/۵۳ b	۱۶۱/۹ a	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۶	۲۰۰/۵ ± ۱۳/۴۱	۰/۹۸
		۶۰	۳/۰۲ bc	۱۶۱/۶ a	۰/۰۸ ± ۰/۰۰۶	۱۴۳/۳ ± ۸/۴۳	۰/۹۹
۲ دی	برکت	۳۰	۲/۷۸ c	۱۳۳/۳ c	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۳	۱۵۶/۱ ± ۵/۷۸	۰/۹۹
		۴۵	۲/۰۱ d	۱۳۳/۸ c	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۴	۱۱۷/۱ ± ۵/۷۲	۰/۹۹
		۶۰	۱/۷۰ e	۱۳۵/۷ c	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۴	۹۱/۱ ± ۴/۴۶	۰/۹۸
	فرانسه	۳۰	۲/۷۰ c	۱۳۳/۲ c	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۳	۱۴۸/۱ ± ۶/۱۷	۰/۹۹
		۴۵	۱/۹۹ d	۱۳۲/۶ c	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۴	۱۱۷/۱ ± ۵/۷۱	۰/۹۹
		۶۰	۱/۷۹ de	۱۳۴/۸ c	۰/۰۷ ± ۰/۰۰۷	۹۶/۴ ± ۸/۲۷	۰/۹۸

a و c ضرایب ثابت مدل بوده و میزان چرخش منحنی را نشان می‌دهند. 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 منحنی می‌باشد. میانگین‌ها با حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ باقلا در فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر؛ الف) تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ب) تاریخ کاشت ۲ دی در مدل لجستیک.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

تجمع ماده خشک در واحد سطح: براساس پارامترهای مدل نمایی بریده اختلاف بین تاریخ‌های کاشت و فواصل بین ردیف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در فاصله‌های بین ردیف ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۱۰۷۵ و ۷۳۱ گرم ماده خشک در متر مربع تولید شد. در کشت ۲ دی بین فواصل ردیف ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ اما با کاهش فاصله بین ردیف به ۳۰ سانتی‌متر، وزن خشک تولید شده در واحد سطح به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. به‌طوری‌که حداکثر تجمع ماده خشک از ۵۲۱/۷ (گرم در متر مربع) در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و ۵۹۳ (گرم در مترمربع) در فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر به ۸۱۸/۴ (گرم در مترمربع) در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر رسید (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین پارامترهای مدل نمایی خطی بریده در توصیف روند تجمع ماده خشک باقلا در واحد سطح در تاریخ کشت‌های ۲۴ آبان و ۲ دی، ارقام برکت و فرانسه با فواصل بین ردیف متفاوت

تاریخ کاشت	رقم	فاصله ردیف (سانتی‌متر)	t_0	r_m	c_m	w_{max}	R^2
۲۴ آبان	برکت	۳۰	۱۲۵ a	۰/۱۱۸ c	۲۳/۶ a	۱۰۷۵/۷ a	۰/۹۶
		۴۵	۱۲۵ a	۰/۱۶۲ abc	۱۸/۷ bc	۸۸۷/۱ bc	۰/۹۴
		۶۰	۱۲۵ a	۰/۱۷۴ ab	۱۵/۹ cd	۷۳۵/۵ de	۰/۹۲
	فرانسه	۳۰	۱۲۵ a	۰/۱۳۱ bc	۲۳/۱ a	۱۰۶۹/۹ a	۰/۹۵
		۴۵	۱۲۵ a	۰/۱۵۴ abc	۱۸/۷ bc	۸۹۸/۲ b	۰/۹۷
		۶۰	۱۲۵ a	۰/۱۸۳ a	۱۶/۲ cd	۷۳۱/۳ e	۰/۹۳
۲ دی	برکت	۳۰	۱۰۳/۴ cd	۰/۱۲۲ c	۲۰/۱ ab	۸۲۶/۹ bcd	۰/۹۲
		۴۵	۱۰۵/۱ cd	۰/۱۱۷ c	۱۵/۳ d	۶۰۷/۱ f	۰/۹۶
		۶۰	۱۰۹/۱ b	۰/۱۲۹ bc	۱۴/۲ d	۵۱۲/۹ g	۰/۹۴
	فرانسه	۳۰	۱۰۲/۵ cd	۰/۱۲۸ bc	۱۹/۵ b	۸۰۹/۹ cde	۰/۹۵
		۴۵	۱۰۱/۸ d	۰/۱۴۷ abc	۱۴/۴ d	۵۷۸/۹ fg	۰/۹۵
		۶۰	۱۰۷/۳ bc	۰/۱۲۳ c	۱۳/۴ d	۵۳۰/۵ fg	۰/۹۳

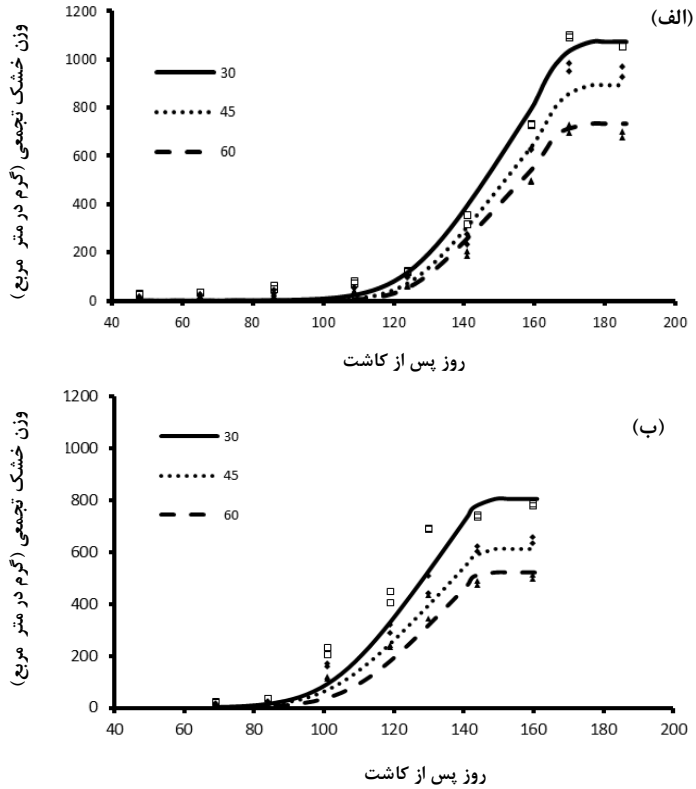
W_{max} حداکثر مقدار تجمع ماده خشک، c_m حداکثر سرعت رشد محصول (CGR) در فاز خطی رشد، r_m حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR) در فاز نمایی رشد، t_0 زمان تا شروع فاز خطی رشد و R^2 ضریب تبیین را نشان می‌دهد. میانگین‌ها با حروف یکسان در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

بر اساس نتایج به دست آمده، حداکثر وزن خشک باقلا در واحد سطح در کشت ۲۴ آبان برای فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر به‌ترتیب برابر ۱۰۷۲/۶، ۸۹۲/۶ و ۷۳۳/۵ گرم در متر مربع بود. بر این اساس، کاهش فاصله بین ردیف از ۶۰ به ۴۵ و ۳۰ سانتی‌متر به‌ترتیب سبب افزایش ۱۸ و ۳۲ درصدی در وزن خشک زیست توده باقلا در واحد سطح شد. در حالی که این مقدار با کاهش فاصله بین ردیف از ۴۵ به ۳۰ سانتی‌متر به ۱۷ درصد رسید. همچنین، حداکثر ماده خشک تولیدی در واحد سطح در کشت ۲ دی به‌ترتیب به ۸۱۸/۴، ۵۹۳ و ۵۲۱/۷ گرم در مترمربع رسید و کاهش فاصله ردیف (افزایش تراکم) از ۶۰ به ۴۵ و ۳۰ سانتی‌متر و نیز ۴۵ به ۳۰ سانتی‌متر به‌ترتیب سبب افزایش ۱۳، ۳۷ و ۲۸ درصدی در این مقدار شد (جدول ۲). نتایج آزمایش نشان داد که تغییر در تاریخ کشت باعث ایجاد اختلاف در C_m (حداکثر سرعت رشد محصول (CGR)) در فاز خطی رشد شد و فواصل بین ردیف و همچنین ارقام باقلای بکار رفته در این آزمایش تاثیر معنی‌داری روی C_m نداشت. با وجود این، بالاترین سرعت رشد محصول (۲۳/۶ گرم در روز در متر مربع) در فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر در کشت ۲۴ آبان و پایین‌ترین سرعت رشد محصول (۱۳/۴ گرم در روز در متر مربع) در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر در کشت ۲ دی بدست آمد. بر اساس شکل ۲ در هر دو تاریخ کاشت فاصله بین ردیف ۳۰سانتی‌متر دارای بیشترین سرعت رشد و فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر مربع دارای کمترین سرعت رشد می‌باشند، به نظر می‌رسد با افزایش سرعت تشکیل بیومس (شیب فاز خطی در شکل ۲ برابر با CGR می‌باشد) و ترمیم فضای موجود در اختیار هر بوته، بوته‌ها از شرایط محیطی استفاده بیشتری می‌کنند. بر این اساس با افزایش تراکم (کاهش فاصله بین ردیف) و انتخاب رقم مناسب می‌توان شرایط را برای جبران کاهش دوره رشدی باقلا در تاریخ کشت‌های دیرهنگام و با تأخیر مهیا کرد. همچنین بر اساس شکل ۲ زمان شروع فاز خطی تا پایان آن که نقش اصلی در تشکیل بیومس کل بوته دارد در تاریخ کاشت ۲۴ آبان بیشتر از تاریخ کاشت ۲ دی می‌باشد، که در نهایت باعث تشکیل بیومس بیشتر در تاریخ کاشت ۲۴ آبان نسبت به تاریخ کاشت ۲ دی می‌شود.

اثر تاریخ کشت و فواصل مختلف بین ردیف باعث ایجاد اختلاف قابل توجه در میزان r_m ، (حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR)) شد اما بین ارقام فرانسه و برکت اختلافی مشاهده نشد. این مقدار در کشت ۲۴ آبان و فواصل بین ردیف مختلف از ۰/۱۱۸ تا ۰/۱۸۳ گرم بر گرم ماده خشک تولیدشده در روز متغیر بود. اما در کشت ۲ دی در فواصل بین ردیف اعمال شده تفاوتی در حداکثر سرعت رشد نسبی مشاهده نشد. نتایج پژوهشگران دیگر از جمله مالک و همکاران در گیاه سویا (Malek *et al*., 2012)، پوری و همکاران در گیاه باقلا (Puri *et al*., 2013) و پوررضا و همکاران در گیاه نخود (Purreza *et al*., 2008) با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۲- روند تغییرات وزن خشک تجمعی دو رقم باقلا در فواصل بین ردیف ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی متر؛ الف) تاریخ کاشت ۲۴ آبان، مجموع دو رقم برکت و فرانسه، ب) تاریخ کاشت ۲ دی، مجموع دو رقم برکت و فرانسه در مدل نمایی بریده.

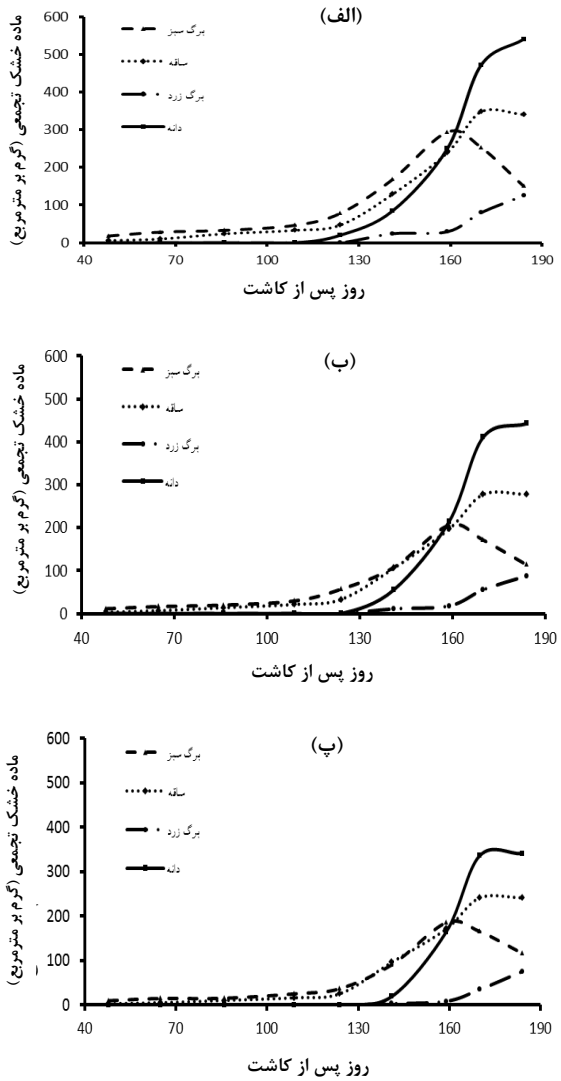
روند تجمع ماده خشک و ضرایب توزیع ماده خشک بین اندام‌های مختلف: تغییرات تجمع ماده خشک در اندام‌های گیاه و نحوه توزیع ماده خشک بین اندام‌ها در گیاه باقلا از سه فاز مشخص تبعیت کرد. فاز اول، سبزشدن تا شروع رشد سریع بوته؛ در این دوره به دلیل پایین بودن دما و کم بودن تشعشع در فصل زمستان و همچین ناچیز بودن سطح دریافت کنندهٔ نور و فتوسنتز، رشد گیاه بسیار کند بود. فاز دوم، از آغاز رشد سریع بوته تا آغاز پر شدن دانه باقلا؛ گیاه در این بازه زمانی به‌دلیل تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به ساقه و همچنین برگ سرعت رشد بالایی داشت. فاز سوم نیز از مرحله آغاز پر شدن تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه را شامل می‌شود. در این مرحله، دانه و غلاف‌ها بیشترین درصد تخصیص را داشتند.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

براساس شکل ۳ تجمع ماده خشک در طول فصل رشد برای اندام‌های مختلف گیاه از جمله برگ، ساقه و دانه دارای روند سیگموئیدی می‌باشد، با این تفاوت که زمان شروع و پایان روند سیگموئیدی در اندام‌های مختلف متفاوت است که این باعث می‌شود تخصیص ماده خشک به اندام های مختلف در یک بازه زمانی مشخص در طول فصل رشد زیاد و در بازه زمانی دیگر کم باشد. در ابتدای رشد (فاز اول) بیشتر ماده خشک به تولید برگ‌ها اختصاص می‌یابد (شکل ۳) تا گیاه بتواند در شرایط تشعشع کم، فتوسنتز خود را افزایش دهد و از حداکثر تشعشع استفاده نماید. با ادامه رشد گیاه و شروع شاخه‌دهی بوته، همچنان که ماده خشک زیادی به برگ‌ها اختصاص می‌یابد، ارسال ماده خشک به‌سوی ساقه بیشتر می‌شود (فاز دوم) (شکل ۳). با ادامهٔ رشد و نمو و ورود گیاه به فاز زایشی به تدریج از ماده خشک اختصاص یافته به برگ‌ها و ساقه ها کم شده و ماده خشک بیشتری به غلاف‌ها (دانه+غلاف) تخصیص می‌یابد (شکل ۳). همچنین با توجه به شکل ۳ در تاریخ کاشت ۲۴ آبان میزان ماده خشک بیشتری به اندام مختلف نسبت به تاریخ کاشت ۲ دی اختصاص می‌یابد، که این امر در نهایت باعث تولید ماده خشک بیشتری در کل بوته می‌شود.

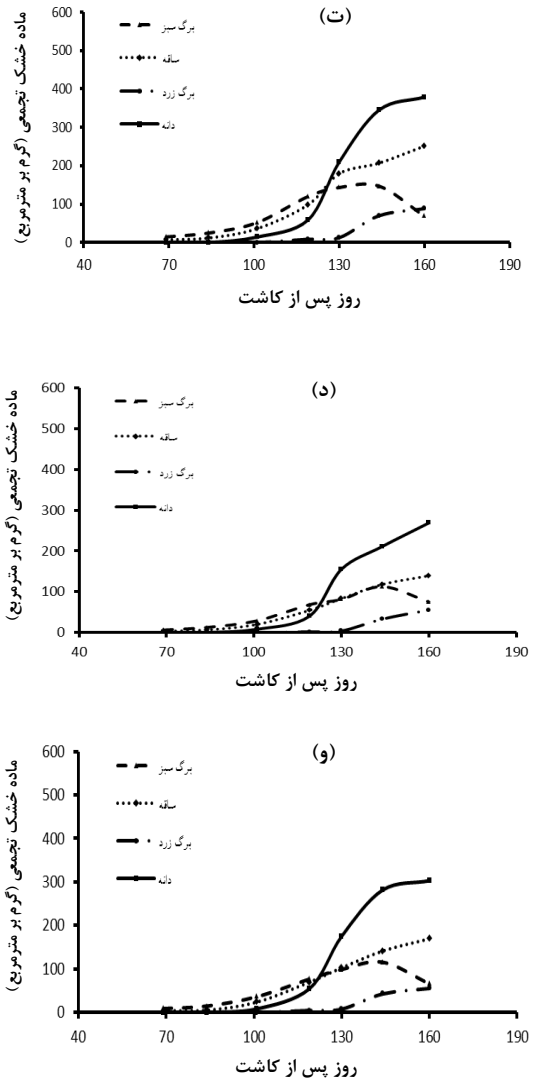
نتایج این مطالعه نشان داد که با تأخیر در کاشت، طول دوره تجمع ماده خشک کاهش یافت؛ به‌نحوی که طول دوره رشد گیاه در کشت ۲ دی (۱۶۵ روز) نسبت به کشت ۲۴ آبان (۱۸۴ روز) ۱۹ روز کوتاه‌تر بود. همچنین، حداکثر تولید ماده خشک نیز با تأخیر در کاشت به‌شدت کاهش یافت (جدول ۲). زمان طی شده برای مرحله اول (فاز یک) در کشت ۲۴ آبان (۱۲۵ روز) بیشتر از کشت ۲ دی (۱۰۴ روز) بود (جدول ۲). در نتیجه در کشت ۲۴ آبان به دلیل دمای پایین‌تر در مراحل اولیه، سرعت نمو پایین بوده و گیاه فرصت بیشتری برای گسترش سیستم ریشه‌ای و برگ‌های خود داشته است. در فاز دوم یا مرحله رشد خطی میزان ماده خشک تولید شده در واحد زمان (شیب خط) افزایش یافت (شکل ۳). در این مرحله سرعت رشد محصول به حداکثر مقدار خود رسید. در فاز سوم، با شروع مرحله پرشدن دانه‌ها، ضریب تخصیص ماده خشک به برگ‌ها و ساقه‌ها کاهش یافت. در این مرحله رشد ساقه و برگ‌ها متوقف شده و تاحدودی انتقال مجدد از ساقه به دانه‌ها انجام می‌شود و بیشترین ضریب تخصیص آسیمیلات‌های فتوسنتزی مربوط به دانه بود (جدول ۳).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۳- روند تغییرات وزن خشک تجمعی به تفکیک اندام در طول فصل رشد در دو رقم باقلا. الف) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ب) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، پ) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ت) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، د) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، و) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



ادامه شکل ۳- روند تغییرات وزن خشک تجمعی به تفکیک اندام در طول فصل رشد در دو رقم باقلا. الف) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ب) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، پ) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ت) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، د) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، و) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

با توجه به جدول ۳ در تمام شرایط اعمال‌شده در این مطالعه، نسبت برگ به ساقه در فاز اول افزایش یافت و در فاز دوم با شروع شاخه‌دهی بوته‌های باقلا، تخصیص ماده خشک به ساقه افزایش پیدا کرد. با توجه به اهمیت این دوره از نظر افزایش سطح برگ، همگام با افزایش تشعشع در منطقه، انتخاب تاریخ کاشت و مدیریت مناسب مزرعه می‌تواند سهم به‌سزایی در افزایش کارایی مصرف نور و در نتیجه افزایش تولید را داشته باشد. تخصیص ماده خشک به برگ در کشت ۲۴ آبان و فاز اول از ۰/۴۷ تا ۰/۵۶ در شرایط مختلف تغییر کرد. درحالی‌که این مقدار در کشت ۲ دی از ۰/۵۷ تا ۰/۸۴ متغیر بود (جدول ۳). اگرچه سهم برگ با تأخیر در کاشت افزایش یافت؛ اما به آن معنی نیست که گیاه در این تاریخ کاشت (۲ دی)، سطح برگ بیشتری داشته است، بلکه علت آن،کوتاه شدن ساقه‌ها و کاهش سهم آن‌ها از کل ماده خشک است (جدول ۳). براین اساس، ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه در کشت ۲۴ آبان بیشتر از کشت ۲ دی بود. این مساله نشان می‌دهد که رشد رویشی بیشتر از طریق شاخه‌دهی بیشتر در کشت ۲۴ آبان است، اما با تأخیر در کاشت تا ۲ دی‌ماه، شاخه‌دهی و رشد رویشی بوته‌ها به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. نتایج به دست‌آمده، گویای تاثیر زیاد عوامل اقلیمی به‌ویژه دما و طول روز بر میزان تولید ماده خشک و همچنین نحوه توزیع ماده خشک در اندام مختلف گیاه است.

در فاز دوم ضریب تخصیص ماده خشک به ساقه افزایش یافت و این افزایش در کشت ۲۴ آبان بیشتر از کشت ۲ دی بود (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد با تأخیر در کاشت، افزایش سهم ساقه در فاز دوم کوچک‌تر بوده است. کاهش ضریب تخصیص به ساقه در کشت ۲ دی نسبت به کشت ۲۴ آبان، گویای این است که توزیع ماده خشک در شرایط مواجهه با دماهای بالا در طی فاز رویشی (به دلیل تأخیر در کاشت) منجر به کاهش سهم ساقه شده است. این کاهش در نسبت ماده خشک تخصیص یافته به غلاف‌ها نیز مشهود است که تاییدی بر مواجهه گیاه با محدودیت احتمالی منبع است.

فاز سوم که مرحله تعیین شاخص برداشت است، از مرحله آغاز پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه تعیین شد. نتایج نشان داد که با ورود گیاه به فاز سوم، ماده خشک تخصیص یافته به برگ به‌شدت کاهش یافت، به‌نحوی‌که بیش از ۸۰ درصد آن به ساقه و دانه (مجموع دانه و غلاف) اختصاص یافت (جدول ۳). تغییرات ضریب تخصیص ماده خشک به اندام زایشی از روند مشخصی تبعیت نکرد. با وجود این، اختصاص ماده خشک به اندام زایشی در کشت ۲۴ آبان بین ۰/۵۴ تا ۰/۶۲ و در کشت ۲ دی بین ۰/۵۶ تا ۰/۶۳ متغیر بود (جدول ۳). این مسأله بیانگر اهمیت تغییر تاریخ کاشت بر نحوه توزیع ماده خشک به اندام زایشی است. ذکر این نکته لازم است که ضریب تخصیص بالاتر به اندام زایشی به معنی عملکرد بالاتر نیست. تفاوت فاحش تولید ماده خشک نهایی (شکل ۴) در تاریخ کاشت‌های مختلف نشان می‌دهد که توفیق در تولید ماده خشک علاوه بر تولید کل، به ضرایب تخصیص آن نیز وابسته است. به نحوی که کاهش سهم اندام رویشی در کشت ۲ دی با کاهش سهم اندام زایشی نیز همراه شده است. در حالی که در کشت ۲۴ آبان، سهم بالاتر اندام رویشی که سبب

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

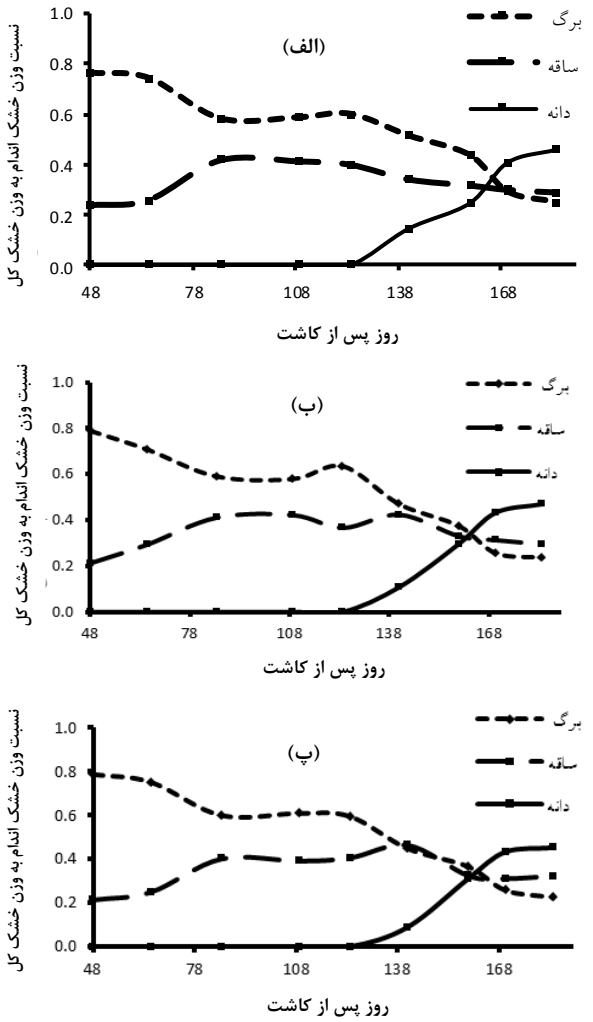
غنای منبع می شود، به حمایت بیش‌تر از تولید اندام زایشی نیز می‌انجامد. بر همین اساس و با توجه به شکل ۴ در تاریخ کاشت ۲۴ آبان زمان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه (شروع پر شدن دانه‌ها) بسیار دیرتر اتفاق می‌افتد نسبت به تاریخ کاشت ۲ دی، این امر باعث می‌شود در تاریخ کاشت ۲۴ آبان بوته باقلا زمان بیشتری را صرف تخصیص ماده خشک به برگ‌ها و ساقه‌ها کند در نتیجه هنگام ورود به فاز زایشی از سطح برگ بیشتری برخوردار باشد که در نهایت باعث تولید ماده خشک بیشتر در بوته شود. همچنین با توجه به شکل ۴ نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک کل در تاریخ کاشت ۲۴ آبان در تمام فاصله بین ردیف‌ها در شروع فاز رشد خطی (۱۲۵ روز پس از کاشت) در مقایسه با نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک کل در تاریخ کاشت ۲ دی در تمام فاصله بین ردیف ها در شروع فاز رشد خطی (۱۰۴ روز پس از کاشت) بیشتر است، بنابراین بوته‌های کاشته شده در تاریخ کاشت ۲۴ آبان می‌توانند در این فاز با توجه به سطح برگ بیشتر ماده خشک بیشتری را تولید کنند.

پوری و همکاران (Puri *et al*., 2013) در باقلا گزارش کردند درصد تخصیص ماده خشک به برگ در اوایل فصل رشد بین ۴۹ تا ۶۱ درصد بوده که با گذشت زمان کاهش یافته و در مرحله شروع غلاف-دهی به ۲۸ تا ۳۷ درصد می‌رسد. این مقادیر برای ساقه در اوایل فصل رشد بین ۳۸ تا ۴۹ درصد و در شروع غلاف‌دهی بین ۵۶ تا ۷۱ درصد می‌باشد که حاکی از کاهش تخصیص ماده خشک به برگ‌ها و افزایش تخصیص ماده خشک به ساقه با پیشرفت نمو گیاه باقلا است. نهبندانی و همکاران (Nehbandani *et al*., 2013) در گیاه سویا نیز به نتایج مشابه به نتایج این مطالعه دست یافتند.

جدول ۳- ضرایب توزیع (pc) ماده خشک به برگ، ساقه و دانه در فازهای اول (از سبز شدن تا شروع رشد سریع بوته)، فاز دوم (از آغاز رشد سریع بوته تا آغاز پر شدن دانه) و فاز سوم (از آغاز پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه) برای دو رقم باقلا در تراکم و تاریخ کشت‌های مختلف

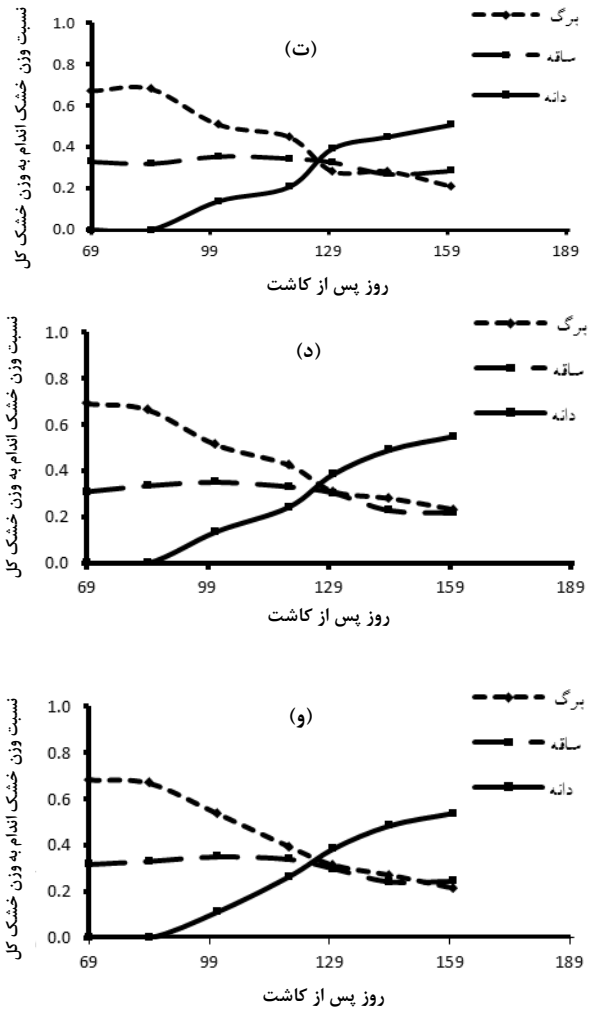
مرحله رشدی	تاریخ کشت ۲۴ آبان						تاریخ کشت ۲ دی					
	رقم برکت			رقم فرانسه			رقم برکت			رقم فرانسه		
	۳۰	۴۵	۶۰	۳۰	۴۵	۶۰	۳۰	۴۵	۶۰	۳۰	۴۵	۶۰
فاز اول												
برگ	۰/۵۰۲	۰/۵۱۹	۰/۵۶۱	۰/۵۲۲	۰/۴۷۱	۰/۵۰۳	۰/۷۷۲	۰/۸۴۷	۰/۵۷۰	۰/۶۳۲	۰/۸۲۸	۰/۷۰۷
ساقه	۰/۴۹۸	۰/۴۸۱	۰/۴۳۹	۰/۴۷۸	۰/۵۲۹	۰/۴۹۷	۰/۲۲۸	۰/۱۵۳	۰/۴۳۰	۰/۳۶۸	۰/۱۷۲	۰/۲۹۳
دانه	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
فاز دوم												
برگ	۰/۵۳۵	۰/۳۶۹	۰/۳۹۰	۰/۴۶۷	۰/۵۰۸	۰/۴۲۶	۰/۳۹۴	۰/۳۶۶	۰/۳۹۸	۰/۴۳۶	۰/۳۶۱	۰/۳۹۲
ساقه	۰/۳۰۲	۰/۴۸۷	۰/۴۹۴	۰/۳۶۵	۰/۳۶۲	۰/۴۶۸	۰/۳۴۶	۰/۳۴۱	۰/۳۲۴	۰/۳۴۹	۰/۳۴۸	۰/۳۳۶
غلاف	۰/۱۶۳	۰/۱۴۴	۰/۱۱۶	۰/۱۶۸	۰/۱۳۰	۰/۱۰۶	۰/۲۶۰	۰/۲۹۳	۰/۲۷۸	۰/۲۱۵	۰/۲۹۰	۰/۲۷۲
فاز سوم												
برگ	۰/۱۶۰	۰/۱۸۸	۰/۱۹۴	۰/۲۱۱	۰/۱۲۱	۰/۱۷۹	۰/۱۹۸	۰/۲۰۴	۰/۲۲۷	۰/۱۶۷	۰/۲۰۶	۰/۲۰۲
ساقه	۰/۲۹۸	۰/۲۳۶	۰/۲۵۸	۰/۲۴۳	۰/۲۶۰	۰/۲۵۰	۰/۲۳۹	۰/۲۱۸	۰/۱۷۳	۰/۲۰۷	۰/۱۵۶	۰/۱۸۴
(دانه+غلاف)	۰/۵۴۲	۰/۵۷۵	۰/۵۴۷	۰/۵۴۶	۰/۶۲۰	۰/۵۷۰	۰/۵۶۲	۰/۵۷۷	۰/۶۰۰	۰/۶۲۶	۰/۶۳۸	۰/۶۱۴

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



شکل ۴- نسبت تغییرات وزن خشک در اندام‌های مختلف (برگ، ساقه و دانه (غلاف + دانه)) به وزن خشک کل در طول فصل رشد در دو رقم باقلا. الف) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ب) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ب) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبانظ، ت) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، د) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، و) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]



ادامه شکل ۴- نسبت تغییرات وزن خشک در اندام‌های مختلف (برگ، ساقه و دانه (غلاف + دانه)) به وزن خشک کل در طول فصل رشد در دو رقم باقلا. الف) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ب) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی‌متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبان، ب) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲۴ آبانظ، ت) فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، د) فاصله بین ردیف ۴۵ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی، و) فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی متر و تاریخ کاشت ۲ دی.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

نتیجه‌گیری

سطح برگ یکی از مهمترین متغیرهایی است که در بررسی رشد و شبیه‌سازی و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و اکولوژیک ازجمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی، استفاده می‌شود. بنابراین، اندازه‌گیری دقیق سطح برگ برای درک اثر متقابل گیاه و محیط، ضروری است. براساس نتایج، با کاهش فاصله بین ردیف تا ۳۰ سانتی‌متر و تاریخ کاشت مناسب (۲۴ آبان‌ماه در این مطالعه)، کانوپی گیاهی سریع‌تر بسته شد، کارایی استفاده از نور افزایش یافت و در نتیجه تولید ماده خشک در واحد سطح نیز افزایش پیدا کرد.

نقاط عطف یا نقاط تعیین تخصیص ماده خشک شامل مرحله شروع رشد سریع بوته و آغاز پر شدن دانه بود. به‌نحوی‌که الگوی تخصیص ماده خشک در تمام شرایط اعمال شده در سه محدوده سبزشدن تا شروع رشد سریع بوته، از شروع رشد سریع بوته تا آغاز پر شدن دانه و از آغاز پر شدن دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه، تعیین شد. بدیهی است که با توجه به این که عملکرد کل ماده خشک و عملکرد دانه در مدل‌های روزانه مشخص می‌شوند، محاسبه میزان تخصیص ماده خشک به‌ویژه به برگ (برای محاسبه کسرجذب نور روزانه از رابطه مانسی- سایکی) و دانه (جهت محاسبه مقدار نهایی عملکرد دانه)، نیازمند تعریف ضرایب تخصیص و نیز زمانی از مرحله نمو گیاه است که تغییر ضرایب رخ می‌دهد. اطلاعات به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند در این زمینه به کار رود. همچنین، فواصل بین ردیف و تاریخ‌های کشت مختلف دارای ضرایب تخصیص متفاوتی بودند. این مسأله ضرورت توجه به این تفاوت‌ها را به‌ویژه در مدل‌سازی گیاهان زراعی روشن می‌سازد. همچنین محاسبه این ضرایب می‌تواند در توجیه تأثیرپذیری عملکرد تحت تأثیر عوامل مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

Ahmadamini T., Kamkar B., Soltani A. 2011. The effect of planting date on partitoning coefficient in some species of wheat. Electronic Journal of Crop Production, 4: 131 -150. (In Persian).

Ahmadi A., Joudi M., Tavakoli A., Ranjbar M. 2009. Investigation of yield and its related morphological traits responses in wheat genotypes under irrigation conditions. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, 46: 155-165. (In Persian).

Anderson L.R., Vasilas B.I. 1985. Effects of planting date on two soybean cultivars: seasonal dry matter accumulation and seed yield. Crop Science, 25: 999-1004.

Board I.E., Harville B.G., Saxton A.M. 1992. Branch dry weight in relation to yield increases in narrow-row faba bean. Agronomy Journal, 82: 540-544.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

Fehr W.R., Caviness C.E. 1977. Stage of soybean development. Special Report. Cooperative Extension Service, Iowa State University, Ames, Iowa, 80 p.

Galer S., Wang E., Priesanck E., Schaf T., Moudl T.X. 2002. Modeling biomas growth, N-uptake and phonological development of potato crop. Global Journal of Soil Science, 105:367-383.

Ghadirian R., Soltani A., Zeinali E., Kalate A., Bakhshandeh E. 2011. Evaluation of non-linear regression models for growth analysis. Electronic Journal of Crop Production, 4(3): 55-77. (In Persian).

Kane M.V., Steele C.C., Grabau L.J. 1997. Early maturing soybean cropping system: yield responses to planting date. Agronomy Journal, 89: 454-458.

Khichar M.L., Niwas R. 2006. Microclimatic profiles under different sowing environments in wheat. Journal of Agrometeorology, 8: 201-209.

Maddah M., Soltani A., Kamkar B., Zeinali E. 2008. Physiology A comparison of wheat and pea: LAI, receive and use of radiation and distribution of dry matter in the leaf. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15: 55-45. (In Persian).

Malek M.M., Galeshi S., Zeinali A., Ajamnorozi H. Malek M. 2012. Investigation of leaf area index, dry matter and crop growth rate on the yield and yield components of soybean cultivars. Electronic Journal of crop production, 5: 1-17. (In Persian).

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

Monteith J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of Royal Society, 281: 277-294.

Nehbandani A., Soltani A., Zeinali E., Raeisi S., Rajabi R. 2013. Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in soybean. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6: 1127-1136.

Palta J.A., Kobota T., Turner N.C., Fillery I.R. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. Crop Science, 34: 118-124.

PenningdeVries F.W.T., Jansen D.M., TenBerge H.F.M., Bakema A. 1989. Simulation of ecological processes of several annual crops. Ph.D. Thesis in Simulation Monograph. University of Wageningen and International Rice Research Institue, Manila, 156 p.

Pourreza J., Soltani A., Rahemi A., Galeshi S., Zainali E. 2007. Allometric relation between plant height and vegetative characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14: 191-199. (In Persian)

Pourreza1 J., Soltani A., Rahemi A., Galeshi S., Zainali E. 2008. Investigation of dry matter partitioning amount between different organs in chickpea (*Cicer*

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

arietinum). Journal of Agricultural Science Natural Resource, 14: 163-178. (In Persian).

Puri K., Zeinali E., Golchin E. 2013. Effect of distance between the rows of dry matter accumulation and distribution of Fababean (*Vicia faba*). Iranian Journal of Field Crops Research. 11: 524-531.

Rizzalli R.H., Villalabos F.J., Orgaz F. 2002. Radiation interception, radiation use efficiency and dry matter partitioning in garlic *(Allium sativum* L.). European Journal of Agronomy, 18: 33-43.

Shahein A.H., Agwah E.M.R., EL- Shammah H.A. 1995. Effect of plant density as well as nitrogen and phosphorus fertilizer rate on growth, green pods and dry seed yield and quality of broad bean. Annals of Agricultural Science, Moshtohor Journal, 33: 371-388.

Soltani A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. JMD Press, Mashhad, Iran, 182 p. (In Persian).

Srivastava G.P., Srivastava V.C. 1996. Varieties and date of sowing of mung bean (*Phaseolus radiate* L.) in Bihar Plateau. Journal of Research of Faculty of Agriculture, Birsa University, 8: 17-19.

Wang E., Engel T. 2002. Simulation of growth water and nitrogen uptake of a wheat crop using the SPASS model. Environmental Modelling and Software Journal, 17:387-402.

Wilkerson G.G., Jones J.W., Boote K.J., Ingram K.T., Moishoe W. 1983. Modeling soybean growth for crop management trans. American Society of Agricultural Engineers journal, 26:63-73.

Zainali A., Soltani A., Torani M., Khadempir M. 2012. Allometric relationship between leaf area and growth characteristics of the bean. Journal of Plant Production, 4:32- 54. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]