



تجزیه و تحلیل رشد ارقام باقلا (*Vicia faba L.*) با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی لجستیک با انجام سرزنی

عارفه علی پور قاسم آباد سفلی^۱، علی راحمی کاریزکی^{۲*}، علی نخزری مقدم^۲ و عباس بیابانی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۲/۱۶

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۱۱/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۱۱

چکیده

آنالیز رشد روش با ارزشی در بررسی کمی رشد و نمو و تولید محصولات به شمار می‌رود. با توجه به این که پارامترهای مدل‌های رگرسیونی غیرخطی از لحاظ فیزیولوژیکی پرمعنا می‌باشند، بنابراین، به منظور بررسی تأثیر سرزنی و رقم بر روی شاخص‌های رشد با استفاده از مدل رگرسیون غیرخطی لجستیک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در فصل زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس با سه تکرار اجرا گردید. عامل سرزنی در دو سطح شامل سرزنی و عدم سرزنی و عامل رقم در پنج سطح شامل زهره، شامی، شش‌بند، سرازیری و برکت بودند. نتایج نشان داد که مدل رگرسیون غیرخطی لجستیک به خوبی روند تغییرات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را در برابر زمان توصیف می‌کند و از این مدل می‌توان در آنالیزهای رشد استفاده کرد. نتایج استفاده از این مدل نشان داد که ارقام از نظر زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و مدت‌زمان رسیدن تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر تفاوت معنی‌دار نداشتند. اثر رقم روی حداکثر شاخص سطح برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. ارقام برکت، زهره و سرازیری از شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول بالاتری نسبت به ارقام شامی و شش‌بند برخوردار بودند که باعث عملکرد بالاتر این ارقام شد. شاخص سطح برگ باقلا در تمامی ارقام از نوع بحرانی بود. متوسط شاخص برگ بحرانی در ارقام باقلا ۱/۳۷ برآورد شد. حداکثر و حداقل سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد به ترتیب ۰/۰۶۶ و ۰/۰۵۵ گرم بر گرم در روز به ارقام سرازیری و برکت تعلق داشتند.

واژگان کلیدی: تجمع ماده خشک، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

۳- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.

مقدمه

باقلا (*Vicia faba* L.) یکی از محصولات مهم زمستانه جهت مصرف انسان و به عنوان یک منبع غنی از پروتئین (به طور متوسط ۲۳/۴ درصد) به شمار می رود و در تهیه غذا، ساخت صابون، سبزیجات سبز، سالاد و علوفه کاربرد دارد. باقلا گیاهی یک ساله، ایستاده، مستحکم و قوی بنیه، صاف (بدون کرک) و پر برگ به ارتفاع ۳۰ الی ۱۸۰ سانتی متر است. این گیاه با دارا بودن پتانسیل تثبیت نیتروژن می تواند نقش اساسی را در افزایش و حفظ حاصل خیزی خاک داشته باشند (Bakry et al., 2011; Daur et al., 2008). سرزنی به معنی قطع یا حذف جوانه ها و برگ های انتهایی ساقه گیاه می باشد و معمولاً به منظور از بین بردن چیرگی جوانه های رأسی که به موجب تولید تنظیم کننده رشد اکسین از آنها ایجاد می شود و کاهش رشد رویشی و طولی انجام می شود. در حالت عادی جوانه های انتهایی به دلیل این که محل فعالیت های متابولیکی و تولید اکسین هستند کربوهیدرات بیشتری دریافت می کنند و مواد تولیدی کمتری در دسترس جوانه های جانبی قرار می گیرد (Mirshakari and Esfarm meshkin shahr, 2013). در بررسی نخزری مقدم (Nakhzari Moghadam, 2013) سرزنی با جلوگیری از ادامه رشد رویشی، شرایط را برای انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به غلاف فراهم کرد. سرزنی پس از شروع رشد زایشی مطلوب بود.

صفات فیزیولوژیک نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه دارند ولی اندازه گیری بسیاری از این صفات آسان نیست از این رو، در برنامه های به نژادی کم تر مورد توجه قرار گرفته اند (Malek et al., 2012). آنالیز رشد روش با ارزشی در

بررسی کمی رشد و نمو و تولید گیاهان زراعی به شمار می رود و نیز یک روش پر قدرت برای تخمین بلند مدت تولید خالص فتوسنتزی است (Kouchaki and Sarmadnia, 2011). مفهوم اساسی و کاربردهای فیزیولوژیک آنالیز رشد در اوایل دهه ۱۹۰۰ ارایه شد (Rahman et al., 2000).

تجزیه و تحلیل شاخص های رشد به منظور تفسیر چگونگی عکس العمل گونه های گیاهی به شرایط محیطی حایز اهمیت زیادی است (Lebaschy et al., 2004) در این راستا مهم ترین شاخص های رشد که در گیاهان زراعی کاربرد فراوان دارد شاخص سطح برگ^۱ (LAI)، سرعت رشد محصول^۲ (CGR)، سرعت رشد نسبی^۳ (RGR) و میزان جذب و تحلیل خالص^۴ (NAR) می باشند (Modarresi et al., 2004).

نسبت سطح برگ به سطح زمین که روی آن سایه می اندازد شاخص سطح برگ (LAI) گویند (Basimfar et al., 2016). کوچکی و بنیاد اول (Kouchaki and Banaeian Avval, 2004) بیان کردند که شاخص سطح برگ در تعیین درصد تابش خورشیدی جذب شده به وسیله هر گیاه مهم است و بنابراین رشد گیاه و عملکرد نهایی ماده خشک را تحت تأثیر قرار می دهد. شاخص سطح برگ از طریق تأثیر در جذب تابش خورشیدی، در مقدار جذب تابش گیاهی اثر تعیین کننده ای دارد به طوری که در بسیاری از گیاهان با به حداکثر رسیدن سطح برگ در کانوپی، جذب تابش و به دنبال آن تولید ماده خشک به حداکثر خواهد رسید (Liu et al.,

۱- Leaf Area Index

۲- Crop Growth Rate

۳- Relative Growth Rate

۴- Net Assimilation Rate

مطالعه‌ی رشد و تجمع ماده‌ی خشک در گیاهان زراعی مختلف نشان داده است که تولید ماده‌ی خشک به شاخص سطح برگ و مقدار تشعشع دریافت شده در طول دوره‌ی رشد و کارایی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده وابسته است (Yano *et al.*, 2007). لباسچی و همکاران (Lebaschy *et al.*, 2004) گزارش نمود که وزن خشک گیاه بستگی به مقدار تشعشع تجمعی جذب شده در طول دوره رشد دارد. از طرفی، میزان تشعشع جذب شده به‌وسیله گیاه بستگی به شاخص سطح برگ و رشد تاج پوشش گیاه دارد. در بیشتر گیاهان هنگامی که شاخص سطح برگ به ۴ تا ۵ برسد بیش از ۸۰ درصد تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گیاه جذب می‌شود. نتایج تحقیقات در گیاهان زراعی نشان می‌دهد که با افزایش سن گیاه در مرحله رویشی وزن خشک اندام‌های گیاهی و شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد اما پس از ورود به مرحله زایشی به‌علت مسن شدن و ریزش برگ‌ها، هر دو شاخص کاهش می‌یابد (Alinaghizadeh *et al.*, 2010).

یکی از شاخص‌های مناسب برای تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی شاخص سرعت رشد محصول (CGR) می‌باشد که نمایان‌گر میزان تجمع ماده خشک در گیاه در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح برگ می‌باشد. سرعت رشد جوامع گیاهی در هر گونه معمولاً به میزان دریافت تشعشع نور خورشید بستگی دارد (Kouchaki and Sarmadnia, 2011). سرعت رشد محصول به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت تولید وزن خشک را در واحد سطح زمین مشخص می‌کند و در نهایت اثر متقابل گیاه و فتوسنتز را نشان می‌دهد. شکل منحنی CGR در اکثر مطالعات به‌صورت یک تابع

(2005). با افزایش شاخص سطح برگ و جذب بیشتر تشعشع خورشیدی، فتوسنتز بیشتری انجام و در نهایت عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد (Ghanbari *et al.*, 2013). دو نوع رابطه بین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول وجود دارد شاخص سطح برگ مطلوب^۱ (LAIO) که در آن حداکثر سرعت رشد محصول حاصل می‌شود (یعنی ۹۵ درصد نور رسیده به کانوپی جذب می‌شود) و از آن به بعد سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد و شاخص سطح برگ بحرانی^۲ (LAIC) که در آن ۹۵ درصد تشعشع خورشیدی جذب می‌شود که معمولاً در این حالت حداکثر سرعت رشد محصول حاصل می‌شود و بعد از آن با افزایش LAI، سرعت رشد محصول ثابت است. مارتینی و همکاران (Martini *et al.*, 2012) متوسط شاخص سطح برگ باقلا را از نوع بحرانی نشان دادند و بیان کردند که شاخص سطح برگ بحرانی باقلا ۳/۸۴ بود.

میزان ماده‌ی خشک کل^۳ (TDM) نتیجه‌ی کارایی جامعه‌ی گیاهی از نظر استفاده از تابش نور خورشید در طول فصل رویشی است در این ارتباط، جامعه‌ی گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد که با پوشش یکنواخت و کامل حداکثر جذب نوری را فراهم آورد (Ouzuni Douji *et al.*, 2008). از بین خصوصیات وابسته به رشد، میزان ماده‌ی خشک به‌دلیل اهمیت اقتصادی بیشتر به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده‌ی محسوب می‌شود. الگوی توزیع ماده‌ی خشک بین اندام‌های مختلف تابع مراحل نمو گیاهان زراعی است (Khouchehi and Khajeh Hosseini, 2008).

۱- Optimal Leaf Area Index

۲- Critical Leaf Area Index

۳- Total Dry Matter

(Navabpour *et al.*, 2011). نصراله زاده و همکاران (Nasrollahzade *et al.*, 2011a) در بررسی که بر روی باقلا انجام داد حداکثر و حداقل سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد را به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۰۴ در ارقام سرازیری و HBP-B گزارش کرد. علت کاهش سرعت رشد نسبی را در انتهای مرحله‌ی رشد زایشی، سایه‌اندازی برگ‌ها، ریزش برگ‌ها و کاهش ماده‌ی خشک گیاه بیان کرد. سرعت رشد نسبی با افزایش رشد و سن گیاه به دلیل افزایش بافت‌های نگهدارنده ساختمانی و سایه‌اندازی کاهش می‌یابد.

برخی محققان معتقدند که تخمین رشد گیاه بدون مدل‌سازی سطح برگ بعید به نظر می‌رسد (Rahman *et al.*, 2000). از مدل‌های رگرسیونی مختلفی (خطی و غیرخطی) می‌توان برای توصیف تغییرات رابطه ماده خشک و سطح برگ نسبت به زمان استفاده کرد (Ghadiryani *et al.*, 2011). در روش رگرسیونی تجزیه و تحلیل رشد، پارامترها با استفاده از مدل‌های رگرسیونی که بر تغییرات سطح برگ و وزن خشک یا لگاریتم آنها نسبت به زمان برازش داده شده است، محاسبه می‌شوند. معادله‌های زیادی برای توصیف الگوهای رشد سیگموئیدی پیشنهاد شده‌اند (Bagheri *et al.*, 2014). مدل‌های رشد رگرسیونی و غیرخطی که به‌طور گسترده استفاده شده‌اند، لجستیک، گومپرتز، ریچاردز، ویبول، نمایی خطی، نمایی خطی بریده، نمایی خطی متقارن و بتا می‌باشند (Muller; Yin *et al.*, 2003; Timmermans *et al.*, 2006; *et al.*, 2007) این مدل‌ها بر تیمارهای مختلف در آزمایش برازش می‌شوند، پارامترهای آنها به دست می‌آید و به کمک برآورد پارامترها می‌توان تیمارها را مقایسه کرد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی

درجه دوم است (Navabpour *et al.*, 2011). در محصولات زراعی، سرعت رشد محصول بستگی بالایی با سرعت جذب خالص و شاخص سطح برگ دارد (Kouchaki and Sarmadnia, 2011). عالی‌زاده و همکاران (Alizade *et al.*, 2010) در آزمایشی بر روی گیاه زراعی نخود سفید بیان کردند که سرعت رشد محصول در اوایل مرحله‌ی رویش کند ولی با شروع گل‌دهی سریعاً افزایش یافته و بعد از مرحله‌ی تشکیل ۵۰٪ نیام‌ها شروع به کاهش نمود. صادقی و همکاران (Sadeghi *et al.*, 2003) با بررسی شاخص‌های رشد سویا گزارش دادند که روند افزایش سرعت محصول در تمامی تیمارها به طور نسبی مشابه بود، سرعت رشد محصول در ابتدای فصل به کندی افزایش یافت و سپس با شتاب بیشتری به حداکثر خود رسید و پس از آن روند نزولی پیدا کرد. سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و جذب درصد کمی از نور خورشید پایین است و در ادامه با نمو گیاه، توسعه سطح برگ و نفوذ کمتر نور از لابه‌لای جامعه گیاهی به سطح خاک CGR سریعاً افزایش می‌یابد. نصراله‌زاده و همکاران (Nasrollahzade *et al.*, 2011a) حداکثر سرعت رشد محصول در باقلا را حدود ۶ گرم بر مترمربع در روز گزارش کردند. شاخص سرعت رشد نسبی (RGR) تابعی از سطح فتوسنتز کننده است (Arvin *et al.*, 2009) و با تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد به همین دلیل با گذشت زمان و با افزایش سن گیاه و افزایش تنفس در اواخر دوره رشد، منفی می‌گردد. میزان رشد نسبی بیان‌کننده مقدار ماده خشک تجمع یافته در گیاه در واحد زمان است. سرعت رشد نسبی در گیاهان زراعی در دوره زندگی گیاه روند کاهشی دارد

سانتی‌متری کشت شدند. پس از سبز شدن بذور در مرحله ۴ تا ۶ برگگی، عمل تنک کردن انجام شد.

نمونه‌برداری از تمام کرت‌ها از مرحله‌ی سبز شدن تا پایان مرحله رشد در فاصله زمانی ۱۵ تا ۲۰ روز (بسته به شرایط آب و هوایی) در ۷ مرحله انجام شد. در هر مرحله، نمونه‌برداری، سطح برگ و وزن خشک بوته‌ها اندازه‌گیری شد. برای تعیین سطح برگ از دستگاه سطح برگ‌سنج DELTA-T استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، بوته‌ها، در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت درون آن قرار گرفتند و پس از آن وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. تمام اندازه‌گیری‌ها روی نمونه گیاهی که شامل پنج بوته بودند انجام شد.

برای تعیین عملکرد بعد از رسیدگی کامل بوته‌ها و تغییر رنگ غلاف، سطحی معادل سه متر مربع از هر کرت در تاریخ ۱۳/۲/۱۳۹۴ به‌صورت یک‌جا برداشت شد. برای این کار، دو ردیف حاشیه و سه بوته از دو طرف سه ردیف باقیمانده حذف و مابقی برداشت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت درون آن قرار گرفتند و صفات وزن خشک بوته و وزن خشک دانه اندازه‌گیری شد. بررسی تعیین درصد شاخص برداشت، وزن دانه بر وزن کل بوته تقسیم و در ۱۰۰ ضرب گردید

با توجه به این‌که معادله‌ی مربوط به شاخص سطح برگ از معادله لجستیک پیروی می‌کند، برای توصیف روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت از معادله مدل لجستیک زیر استفاده شد. (Arabameri, 2008; Rahemi-karizaki, 2005).

اثر سرزنی بر تجزیه و تحلیل بر ارقام باقلا با استفاده از مدل رگرسیون غیر خطی لجستیک است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس در شرایط دیم و عاری از آفات، علف‌های هرز و بیماری‌های باقلا اجرا گردید. گنبد کاووس در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول جغرافیایی، ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا قرار دارد. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد که بر اساس نتایج حاصله بافت خاک لوم رسی سیلتی، هدایت الکتریکی ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته‌ی آن ۷/۶ بود.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو عامل رقم در پنج سطح شامل زهره، شش‌بند، برکت، شامی و سرازیری و سرزنی در دو سطح شامل عدم سرزنی و سرزنی در زمان غلاف‌دهی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کشت در تاریخ ۱۳۹۳/۹/۷ به‌صورت ردیفی انجام شد. هر کرت شامل ده ردیف به‌طول چهار متر، فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۲/۵ سانتی‌متر بود. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش زیر کشت گندم بود و در مهر ماه سال ۱۳۹۳ با انجام عملیات شخم برگردانده شد. میزان کود توصیه شده در زمان کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود. بذور قبل از کاشت با سم کربوکسی‌تیرام به‌میزان دو در هزار ضد عفونی شده و در ردیف‌های ایجاد شده در عمق ۵

زرعی ۹۴-۱۳۹۳ در دوره رشد باقلا از ایستگاه هواشناسی گنبد گاووس تهیه شد (شکل ۱) که بر اساس نتایج، کمترین حداقل درجه حرارت ماهانه در دی ماه و بیشترین در خرداد و همچنین کمترین حداکثر درجه حرارت ماهانه در بهمن و بیشترین در خرداد ماه مشاهده شد. کمترین و بیشترین میانگین بارندگی به ترتیب مربوط به ماههای خرداد با یک میلی متر و اسفند با ۷۶/۹ میلی متر بارندگی بود. با توجه به جدول (۱) سرزنی و اثر متقابل رقم در سرزنی بر روی صفات عملکرد، شاخص سطح برگ و حداکثر تجمع ماده خشک اثر معنی داری نداشت. اما اثر رقم بر روی عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. به نظر می رسد از آن جایی که شرایط محیطی آزمایش به صورت دیم بود و همچنین پایین بودن میزان بارندگی به مقدار ۱۴/۹ میلی متر در زمان بعد غلاف دهی یعنی زمانی که سرزنی انجام شد و از طرفی میانگین حداکثر درجه حرارت حدود ۳۰ درجه سلسیوس در همین مرحله باعث شد باقلا رشد رویشی خوبی نداشته باشد و به عبارتی باعث تسریع در رشد گیاه گردیده است و این باعث شده که بین تیمارهای سرزنی و عدم سرزنی تفاوتی مشاهده نشود. بنابراین شاخص های رشدی تنها بر روی ارقام باقلا بررسی گردید.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین نشان داد که رقم سرازیری، زهره و برکت به ترتیب با ۲۶۲/۲، ۲۵۸/۵ و ۲۲۷/۶ گرم در مترمربع دارای بیشترین عملکرد دانه بودند (جدول ۲). نصراله زاده و همکاران (Nasroallah zadeh et al., 2011b) با بررسی روی سه رقم باقلا بیان کرد ارقام برکت و

$$LAI = \frac{a \times e^{-a \times (x-b \times c)}}{1 + p^{-a \times (x-b)^4}} \quad \text{معادله ۱}$$

که در این معادله ضرایب a، b و c به ترتیب مربوط به سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم رسیدن به حداکثر سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ است.

روند تجمع ماده خشک در طول زمان که از یک معادله لجستیک پیروی کرد (Yin et al., 2003).

$$TDM = \frac{DM_{max}}{1 + p^{-a \times (t-b)}} \quad \text{معادله ۲}$$

که در این معادله a ضریب معادله، b مدت زمانی که در آن تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می رسد DM_{max} حداکثر ماده خشک تولید شده (گرم در مترمربع)، t روز پس از کاشت و TDM تجمع ماده خشک می باشد. مشتق معادله تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول را نشان می دهد.

$$CGR = \frac{b \times e^{-b \times (t-c) \times a}}{1 + p^{-b \times (t-c)^2}} \quad \text{معادله ۳}$$

همچنین برای محاسبه RGR از معادله ۴ استفاده شد.

$$RGR = \frac{CGR}{TCM} \quad \text{معادله ۴}$$

تجزیه و تحلیل صفات مورد بررسی در این تحقیق با استفاده از نرم افزارهای SAS (Soltani, 2015) و رسم شکل ها با استفاده از نرم افزار ۲۰۱۰ Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

مشخصه های اقلیمی از جمله میانگین حداقل درجه حرارت ماهانه، میانگین حداکثر درجه حرارت ماهانه و بارندگی ماهانه در سال

شدن رو به کاهش نهاده است. بررسی ضرایب a, b و c که به ترتیب مربوط به سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم رسیدن به حداکثر سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ است، نشان می‌دهد که ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌دار نداشته و به‌طور کلی از روند رشد یکسانی در طول فصل رشد پیروی کرده‌اند. معمولاً قسمت اعظم رشد گونه‌های پربازده در ابتدای فصل رویش در جهت توسعه سطح برگ صورت می‌گیرد. در نتیجه آن، تشعشع خورشیدی نیز با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً این ویژگی باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌گردد (Alinaghizadeh, et al., 2010). نتایج ملک و همکاران (Malek et al., 2012) نیز نشان داد که ارقام سویا از روند رشد یکسانی در طول فصل رشد بودند. ارقام از نظر حداکثر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری داشتند به نحوی که رقم برکت و زهره به ترتیب با شاخص سطح برگ ۱/۵۸ و ۱/۴۳ نسبت به سایر ارقام از برتری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بود و کمترین شاخص سطح برگ با ۱/۲۳ به رقم شامی تعلق داشت (شکل ۲) که این امر منجر به افزایش دریافت تشعشع، افزایش توان فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت گردید. حداکثر مقدار شاخص سطح برگ در این آزمایش نسبت به مقدار ۳/۷۱ در شرایط آبی که توسط حسن‌زاده و همکاران (Hassanzade et al., 2013) گزارش شده تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشت که به دلیل شرایط دیم و تقریباً سال کم بارش آزمایش بود.

ماده خشک تجمعی (TDM)

در استفاده از معادله لجستیک (معادله ۲) که با هدف محاسبه زمان حصول ۵۰ درصد

سرازیری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و برتری رقم HBP-B به دلیل تعداد دانه بیش‌تر نسبت به دو رقم دیگر می‌باشد. صادقی‌پور و همکاران (Sadeghipour et al., 2006) بیان کردند که تأثیر رقم بر عملکرد دانه در ارقام لوبیا قرمز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

شاخص برداشت

حداکثر شاخص برداشت مربوط به رقم سرازیری با ۳۲/۳۲ درصد بود که اختلاف معنی‌داری با ارقام زهره، برکت و شش‌بند به ترتیب با ۳۱/۸۰، ۲۹/۳۶ و ۲۸/۵۲ درصد نداشت. رقم شامی نیز تفاوت معنی‌داری با رقم شش‌بند نداشت (جدول ۲) با توجه به معنی‌دار نشدن عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت تنها تحت تأثیر عملکرد دانه قرار گرفت. اختلاف بین ارقام باقلا در شاخص برداشت توسط میتیکو و ولد (Mitiku and Wolde, 2015) و عبدالله و همکاران (Abdallah et al., 2015) بیان شده است.

شاخص سطح برگ (LAI)

استفاده از معادله لجستیک (معادله ۲) که به‌منظور سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم رسیدن به حداکثر سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ به کار برده شد، توصیف خوبی از شاخص سطح برگ به دست آمد به طوری که ضریب تبیین ارقام به جز زهره بالای ۹۰ درصد بود (جدول ۳). تغییرات شاخص سطح برگ دارای سه مرحله اصلی بود (شکل ۲). مرحله اول که در آن سرعت تغییرات کند و از کشت تا ۵۰ روز پس از کشت ادامه داشت. روند تغییرات پس از این مرحله نشان داد که سطح برگ تا ۱۳۰ روز بعد از کاشت در تمام ارقام به‌طور خطی افزایش یافت. شیب نزولی نمودار مذکور نشان داد که شاخص سطح برگ تا انتهای فصل به علت پیری و خشک

دریافت و از آن استفاده کند. کاهش میزان رشد در مرحله بلوغ به عوامل متعددی نسبت داده می‌شود، با زیاد شدن سن گیاه قسمت زیادی از ساختمان گیاه غیرفعال می‌شود، برگ‌های تحتانی در سایه قرار گرفته و یا به علت پیری قدرت فتوسنتز خود را از دست می‌دهند. چنین برگ‌هایی ریزش می‌کنند و این امر نشان‌دهنده از دست دادن وزن خشک است. قسمت‌های زیادی از گیاه شامل ساقه و سایر بافت‌ها، فعالیت متابولیکی کمی دارند و لذا سهم مهمی در رشد ندارند. به‌علاوه، هنگامی که گیاه در مزرعه بزرگ‌تر می‌شود، رقابت با گیاهان مجاور برای آب، مواد غذایی و نور نیز می‌تواند باعث کاهش رشد شود (Derini et al., 2009). خادم‌پیر (Khadempir et al., 2014) با مقایسه بین دو رقم باقلا برکت و فرانسه نتایج مشابهی مبنی بر عدم اختلاف بین ارقام را بیان کردند، هم‌چنین گزارش کردند که حداکثر تجمع ماده خشک با ۱۰۷۵/۷ گرم ماده خشک در متر مربع مربوط به رقم برکت بود.

سرعت رشد محصول (CGR)

با توجه به شکل ۴، روند تغییرات سرعت رشد در اوایل فصل رشد در پنج رقم باقلا تفاوت چندانی نداشتند و روند تغییرات به صورت کند بود با افزایش سطح برگ، این روند به‌صورت خطی افزایش یافت و وارد مرحله‌ی رشد سریع (مرحله‌ی دوم) شد که رقم شش‌بند در ۱۳۷ روز بعد از کاشت کمی زودتر از سایر ارقام و رقم زهره با ۱۴۵ روز پس از کاشت به حداکثر سرعت رشد نسبی رسیدند. در ادامه، سرعت رشد محصول تا مرحله‌ی برداشت روند نزولی را طی کرد. رقم سرازیری با ۱۶/۴۸ گرم در مترمربع دارای بالاترین حداکثر سرعت رشد نسبت به سایر ارقام بود و

عملکرد ماده خشک و حداکثر ماده خشک تولیدی استفاده شد، توصیف خوبی از تجمع ماده خشک به‌دست آمد به‌طوری‌که مقادیر ضرایب تبیین همگی بالاتر از ۹۷ درصد بودند (جدول ۴). اختلاف ارقام از نظر مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر ماده خشک و هم‌چنین حداکثر ماده خشک تولید شده در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود. تولید ماده خشک انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است. ماده خشک تولیدی یا به مصرف گیاه رسیده و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد، که می‌تواند تعیین‌کننده‌ی عملکرد گیاهان زراعی باشد. حداکثر و حداقل ماده خشک جمعی به ترتیب به رقم زهره با ۱۱۲۱/۸ و رقم شامی با ۸۴۸/۷ گرم ماده خشک بر مترمربع تعلق داشت. روند تغییرات ماده خشک ارقام مختلف باقلا در طول فصل رشد دارای دو مرحله بود مراحل اولیه رشد و هنگامی که گیاه هنوز بسیار کوچک بود، افزایش واقعی وزن خشک در روز نیز اندک و ناچیز بود ولی هم‌زمان با بزرگ‌تر شدن گیاه، وزن گیاه در روز نیز افزایش یافت (شکل ۳). البته، افزایش لگاریتمی رشد نمی‌تواند به‌طور نامحدود ادامه یابد و با فرا رسیدن مرحله رسیدن به‌علت تکمیل چرخه زندگی، رشد متوقف می‌شود. میزان رشد کم در مراحل اولیه را می‌توان مربوط به تعداد نسبتاً کم سلول‌هایی که تقسیم می‌شوند، کوچک بودن سطح برگ برای دریافت نور و انجام دادن فتوسنتز و شاید درصد نسبتاً زیاد مواد فتوسنتزی که به ریشه‌ها منتقل می‌شوند، دانست در ادامه رشد گیاه، مناطق مرستمی بیش‌تری در گیاه ایجاد می‌شود و برگ‌های بیش‌تری به‌عنوان منبع انرژی فتوسنتز وارد عمل خواهند شد. بنابراین، هر گیاهی ضمن بزرگ شدن، قادر خواهد بود انرژی بیش‌تری را

گزارش کردند و بیان کردند که در شاخص سطح برگ ۳/۸۴، ۹۵ درصد تشعشع خورشیدی توسط باقلا جذب می‌شود.

سرعت رشد نسبی (RGR)

بر اساس شکل ۶، حداکثر و حداقل سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد به ترتیب مربوط به رقم سرازیری و برکت ۰/۰۶۶ و ۰/۰۵۵ گرم بر گرم در روز بود که تا حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت ادامه داشت. اما در ادامه فصل رشد با افزایش وزن گیاه و به دنبال آن افزایش بافت‌های غیرفعال در فتوسنتز سرعت رشد نسبی روند کاهشی داشت. سرعت رشد نسبی بیان‌کننده‌ی میزان افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن خشک فعال موجود در واحد زمان است (Kouchaki and Sarmadnia, 2011). در واقع، RGR تغییرات وزن خشک گیاه را نسبت به وزن اولیه در واحد زمان نشان می‌دهد. در ابتدای فصل، به دلیل بالا بودن فتوسنتز نسبت به تنفس، سرعت رشد نسبی در اوج خود است اما پس از آن روند نزولی طی می‌کند. علت کاهش یافتن سرعت رشد نسبی نسبت به زمان، تولید اندام‌هایی است که در تعیین وزن دخالت می‌کنند، اما در تولید نقشی ندارند. طالعی و همکاران (Talei et al., 2000) بیان کردند که با افزایش رشد گیاه در مراحل پایانی به علت کاهش نسبت اندام‌های فتوسنتز کننده به اندام‌های غیرفتوسنتز کننده، سایه‌اندازی اندام‌های بالایی بر روی اندام پایینی، کاهش توان فتوسنتزی در واحد سطح و افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند، میزان سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد. با گذشت زمان نسبت بافت‌های تقسیم شونده به بافت‌های تقسیم نشده کمتر می‌شود و سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد (Alizade et al.,

کم‌ترین حداکثر سرعت رشد محصول به رقم شامی با ۱۲/۹۴ گرم بر مترمربع در روز تعلق داشت. به نظر می‌رسد در ارقام شامی با کاهش شاخص سطح برگ و تجمع ماده‌ی خشک و همچنین، سایه‌اندازی بیش‌تر برگ‌ها و خارج شدن برگ‌های زیر کانوپی از چرخه‌ی تولید، فتوسنتز کاهش یافته و به تبع آن سرعت رشد محصول نیز کاهش یافت. نصراله‌زاده و همکاران (Nasrollah zade et al., 2011a) در بررسی روی سه رقم باقلا برکت، سرازیری و HBP-B بیان کردند که حداکثر و حداقل CGR به ترتیب مربوط به رقم سرازیری و HBP-B بود.

رابطه شاخص سطح برگ و سرعت رشد

محصول

با توجه به شکل (۵) شاخص سطح برگ باقلا در تمامی ارقام از نوع بحرانی بود. متوسط شاخص برگ در ارقام باقلا ۱/۳۷ بود. رقم برکت نسبت به سایر ارقام در شاخص سطح برگ بالاتری ۱/۵۷، ۹۵ درصد تشعشع خورشیدی را جذب می‌کند. کم‌ترین شاخص سطح برگ بحرانی با ۱/۲۳ به رقم شامی تعلق داشت. در جوامع گیاهی با شاخص سطح برگ بحرانی مقدار CGR با افزایش LAI افزایش می‌یابد تا این که به شاخص سطح برگ می‌رسیم که حداکثر تشعشع خورشیدی را دریافت می‌کنند. پس از آن حداکثر CGR به دست می‌آید پس از این مرحله برگ‌های جوان در معرض تابش آفتاب قرار گرفته (برگ‌های جوان در بخش‌های بالای جامعه گیاهی قرار گرفته) که این امر باعث بالا رفتن فتوسنتز و ثابت ماندن تنفس شده، این باعث شده که با افزایش LAI، CGR ثابت بماند. مارتینی و همکاران (Martini et al., 2012) متوسط شاخص سطح برگ باقلا را از نوع شاخص سطح برگ بحرانی

رشد استفاده کرد. نتایج استفاده از این مدل نشان داد که ارقام از نظر زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و مدت زمان رسیدن تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر تفاوت معنی دار نداشتند. اما با این حال ارقام برکت، زهره و سرازیری از شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول بالاتری نسبت به ارقام شامی و شش بند برخوردار بودند که باعث عملکرد بالاتر این ارقام شد. شاخص سطح برگ باقلا در تمامی ارقام از نوع بحرانی بود که با افزایش LAI، CGR ثابت ماند. رقم برکت نسبت به سایر ارقام در شاخص سطح برگ بالاتری، ۹۵ درصد تشعشع خورشیدی را جذب کرد. حداکثر ماده خشک تجمعی به رقم زهره و برکت تعلق داشت. حداکثر و حداقل سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد به ترتیب مربوط به رقم سرازیری و برکت ۰/۰۶۶ و ۰/۰۵۵ گرم بر گرم در روز بود که تا حدود ۱۰۰ روز پس از کاشت ادامه داشت، تعلق داشت.

(2010). باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2014) با بررسی ارقام عدس، حداکثر سرعت رشد نسبی را ۰/۱۸ گرم بر گرم در روز بیان کردند. ارقام مورد بررسی آنان دارای اختلاف در سرعت رشد نسبی در ابتدای رشد بودند.

نتیجه گیری کلی

از آنجایی که شرایط محیطی آزمایش به صورت دیم بود و هم چنین پایین بودن میزان بارندگی به مقدار ۱۴/۹ میلی متر در زمان بعد غلاف دهی یعنی زمانی که سرزنی انجام شد و از طرفی میانگین حداکثر درجه حرارت حدود ۳۰ درجه در بعد از مرحله غلاف دهی باعث شد باقلا رشد رویشی خوبی نداشته باشد و به عبارتی باعث تسریع در رشد گیاه گردیده است و این باعث شده که بین تیمارهای سرزنی و عدم سرزنی تفاوتی مشاهده نشود. نتایج نشان داد که مدل رگرسیون غیرخطی لجستیک به خوبی روند تغییرات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را در برابر زمان توصیف کرده و از این مدل می توان در آنالیزهای

جدول ۱- تجزیه واریانس حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر تجمع ماده خشک باقلا تحت تأثیر سرزنی و رقم
Table 1- Analysis of variance (mean square) faba bean LAI and TDM influenced by detopping and variety

منابع تغییر S. O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	حداکثر شاخص سطح برگ LAI	حداکثر ماده خشک تجمعی TDM
Replication	تکرار	3109.25	74.82	0.1	740.206
Top Removal	سرزنی	1086.53	0.12	0.05	12051.25
Varitey	رقم	7458.54**	57.89**	0.14*	14478.59
Interaction	اثر متقابل	269.70	14.209	0.06	7413.73
Error	خطا	1846.30	14.809	0.13	14339.63
C.V	ضریب تغییرات	18.97	13.12	29	15.51

* معنی دار در سطح احتمال 5 درصد

* significant at 5% probability level

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا

Table 2- Comparison mean of yield and yield components different varieties of Faba bean

رقم Variety	عملکرد دانه خشک Dry grain yield (gr/m ²)	شاخص برداشت Harvest index
Zohre زهره	258.5 ^a	31.80 ^a
Shami شامی	180 ^b	25.54 ^b
Shish Band شش بند	203.9 ^b	28.52 ^{ab}
Saraziri سرازیری	262.2 ^a	32.32 ^a
Barekat برکت	227.6 ^{ab}	29.36 ^a
LSD (5%)	52.12	4.66

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح ۰/۰۵ = اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
Means within each column with a same letter are not significantly different at =0.05.

جدول ۳- ضرایب (a, b, c) و معادله پیش‌بینی تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل زمان

مربوط به سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم رسیدن به حداکثر سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ است. LAI_{max} حداکثر شاخص سطح برگ، T_{max} زمان حداکثر شاخص سطح برگ و R^2 ضریب تبیین هستند.

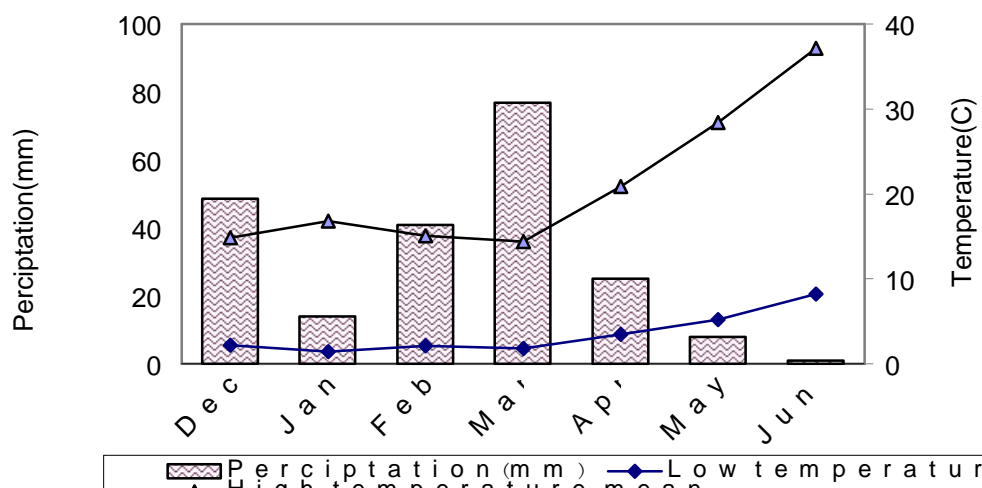
Table 3- The coefficients (a, b and c) prediction equation leaf area index changes against time $LAI = ((a * \exp((-a) * (x-b)) * c) / ((1 + \exp((-a) * (x-b))) * 2))$ In this equation The coefficients a, b and c respectively related to the rate of production of leaf area, speed time to reach the leaf area maximum and leaf area is reduced. LAI_{max} , leaf area maximum; T_{max} , Time to leaf area maximum and the coefficient of determination (R^2)

رقم Variety	N	a±SE	b±SE	c±SE	LAI_{max}	T_{max}	R^2
زهره Zohre	7	0.072±0.01	130.5±3.94	79.86±3.94	1.43	130	0.87
شامی Shami	7	0.059±0.01	129.7±7.52	83.87±2.17	1.23	130	0.94
شش بند Shish Band	7	0.069±0.01	128.7±4.08	74.74±11.79	1.28	129	0.94
سرازیری Saraziri	7	0.072±0.01	130.7±4.07	74.14±12.48	1.33	131	0.94
برکت Barekat	7	0.074±0.01	129.1±3.28	85.55±11.77	1.58	129	0.96

جدول ۴- ضرایب معادله لجستیک جهت پیش‌بینی تجمع ماده خشک در مقابل زمان برای ژنوتیپ‌های مختلف در طول زمان $Y=DM_{max}/(1+\exp(-a*(dap-b)))$ تعداد نمونه برداری (n)، ضریب معادله (a)، مدت زمانی که تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد (b) (برحسب روز)، حداکثر ماده خشک تولید شده (DM_{max}) (گرم در مترمربع)، و ضریب تبیین (R^2) نیز آورده شده است.

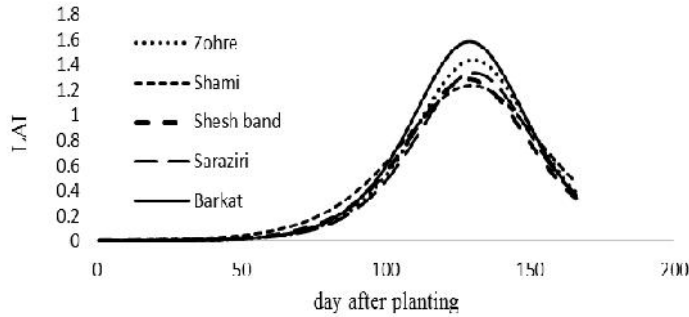
Table 4- Logistic equation to predict dry matter accumulation versus time for different genotypes over time $Y=DM_{max}/(1+\exp(-a*(dap-b)))$. The number of samples (n), the coefficient of the equation (a), the length of time dry matter accumulation reaches 50% of its maximum (b) (in days), maximum dry matter (DM_{max}) (grams per square meter), and the coefficient of determination (R^2).

رقم Variety	N	a±SE	b±SE	DM _{max} ±SE	R ²
زهره Zohre	7	0.055±0.009	144.6±6.61	1121.8±163.9	0.98
شامی Shami	7	0.061±0.01	138.1±1.91	848.7±93.22	0.98
شش بند Shish Band	7	0.063±0.007	137.2±2.94	859.6±55.93	0.99
سرازیزی Saraziri	7	0.067±0.01	138.9±4.86	983.7±111.5	0.97
برکت Barekat	7	0.055±0.009	141.2±5.93	1035±130.3	0.99



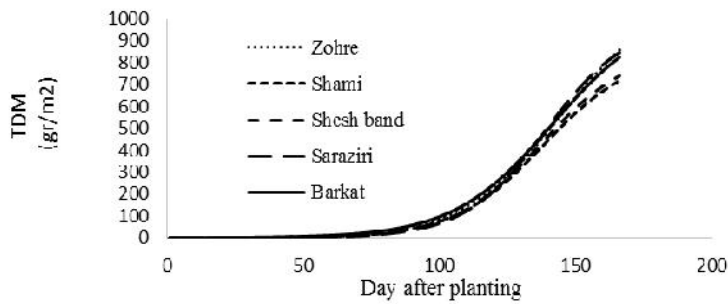
شکل ۱- مشخصه‌های اقلیمی گنبد کاووس

Figure 1- Climatic characteristics of Gonbad Kavous



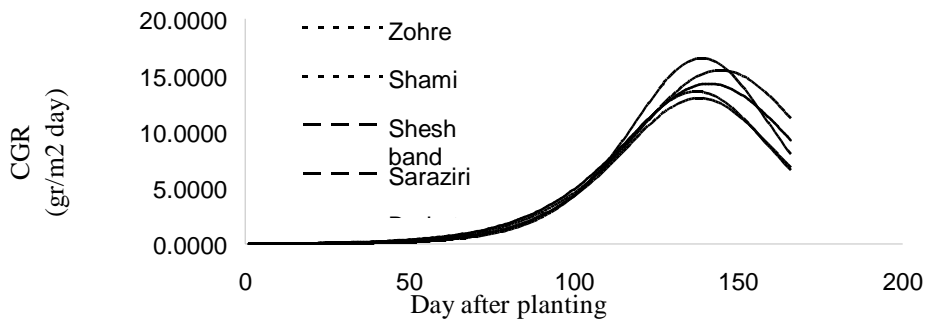
شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام باقلا در طول دوره رشد

Figure 2- Leaf area index changes of Faba bean cultivars during the growing season



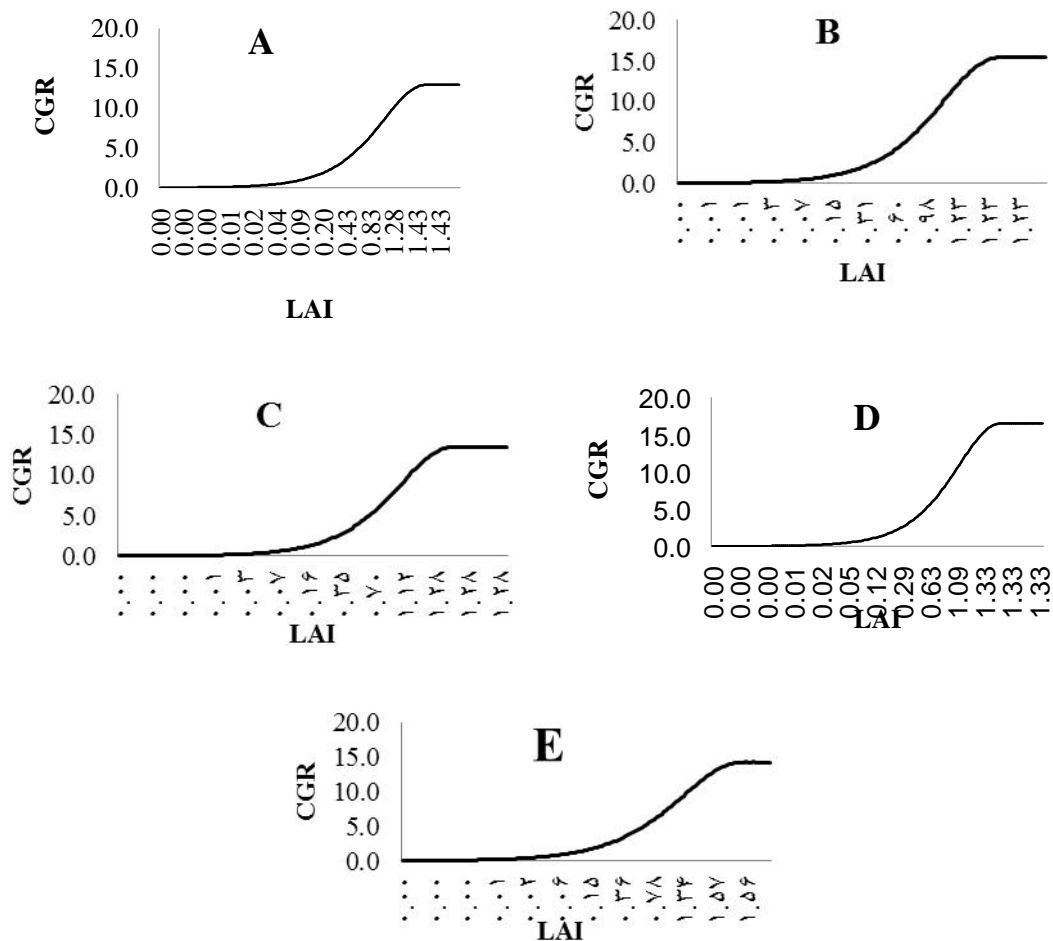
شکل ۳- روند تغییرات ماده خشک تجمعی در ارقام باقلا در طول دوره رشد

Figure 3- Total dry matter changes of Faba bean cultivars during the growing season



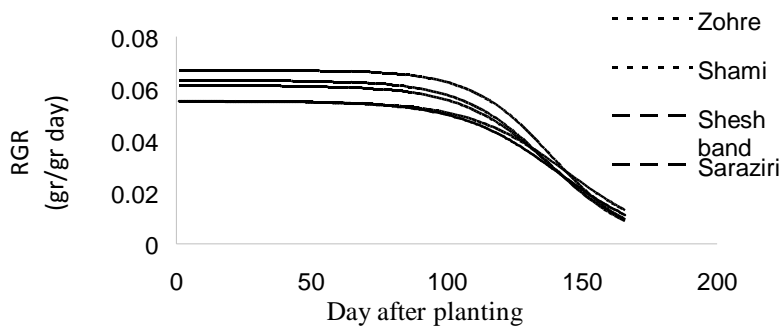
شکل ۴- روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام باقلا در طول دوره رشد

Figure 4- Crop growth rate changes Faba bean during the growing season



شکل ۵- رابطه سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ در ارقام باقلا (الف) زهره، (ب) شامی، (ج) شش‌بند، (د) سرآزیری، (ه) برکت

Figure 5- Relationship between CGR and LAI in Faba bean cultivars (A) Zohre, (B) Shami, (C) Shesh band (D) Saraziri, (E) Barkat



شکل ۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام باقلا در طول دوره رشد

Figure 6- Relative Growth Rate changes of Faba bean cultivars during the growing season

References

منابع مورد استفاده

- Abdallah, A.A., A.M. El Naim, M.F. Ahmed, and M.B.Taha. 2015. Biological yield and harvest index of faba bean (*Vicia faba* L.) as affected by different agro-ecological environments. *World Journal of Agricultural Research*. 3: 78-82.
- Alinaghizadeh, M., M. Movahhedi Dehnavi, H. Faraji, and M. Azimi Gandomani. 2010. Study of the yield and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as double cropping in Yasouj region. *Electronic Journal of Crop Production*. 3(2): 15-23. (In Persian).
- Alizade, A., T. Sakinejad, and M. Rafie. 2010. The calculation of the morpho-physiologic indices of growth and yield components of white pea, in different plant density cultivation of dryland winter. *Science Crop (Agricultural Research)*. 2(4): 46-55. (In Persian).
- Arabameri, R. 2008. Predicting kernel number and biomass retranslocation in wheat (*Triticum aestivum* L.). Thesis of M.Sc. Gorgan University. Agricultural Science and Natural Resources. 89 pp. (In Persian).
- Arvin, P., M. Azizi, and A. Soltani. 2009. Comparison of yield and physiological indices of spring cultivars of oilseed rape species. *Seed and Plant Improvement Journal*. 29(3):401-417. (In Persian).
- Bagheri, A., Kh. Azizi, and M. Hasnovandi. 2014. Analysis of the growth indices of two varieties of lentil using regression modeling. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(3): 484-490. (In Persian).
- Bakry, B.A., T.A. Elewa, M.F. EL Karamany, M.S. Zeidan, and M.M. Tawfik. 2011. Effect of row spacing on yield and its components of some faba bean varieties under newly reclaimed sandy soil condition. *World Journal of Agricultural Sciences*. 7(1): 68- 72.
- Basimfar R., M. Nasri, and K. Zargari. 2016. Effect of sea alga extract and vermicompost on yield and plant growth indices of mung bean. *Journal of Crop Production Research*. 8(1): 56-70. (In Persian).
- Daur, I., H. Sepetoglu, K.B. Marwarth, G. Hassan, and I.A. Khan. 2008. Effect of different levels of nitrogen on dry matter and grain yield of faba bean. *Pakistan Journal of Botany*. 40(6): 2453-2459.
- Derini, F., H. Madani, and M.H. Shirzadi. 2009. Comparison of different growth analyse indices for vigna and tepary Jiroft, Iran local beans germplasms in various plant densities. *New Finding in Agriculture*. 3(2):105-120. (In Persian).
- Ghadiryan, R., A. Soltani, E. Zeinali, M. Kalateh Arabi, and E. Bakhshandeh. 2011. Evaluating non-linear regression models for use in growth analysis of wheat. *Electronic Journal of Crop Production*. 4 (3): 55-77. (In Persian).
- Ghanbari, A.A., M.R. Shakiba, M. Toorchi, and R. Choukan. 2013. Nitrogen changes in the leaves and accumulation of some minerals in the seeds of red, white and Chitti beans (*Phaseolus vulgaris*) under water deficit conditions. *Australian Journal of Crop Science*. 7(5): 706-712.

- Hassanzadeh, A.Kh., A. Rahemi Karizaki, A. Nakhzari Moghadam, and A. Biabani. 2013. The combined effect of terminal heat the end of growth season and competition between plants on phenology, yield and components yield in faba bean. *Electronic Journal of Crop Production*. 6(4): 151-163. (In Pershian).
- Khadempir, M., A. Zeinali, E. Soltani, and M. Torani. 2014. Investigation leaf area index, dry matter accumulation and allocation in two cultivars of faba bean (*Vicia faba* L.) affected by the distance between rows and planting date. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*. 1(3):15-36. (In Pershian).
- Kouchaki, A., and M. Banaeian Avval. 2004. Crop yield physiology. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 380. p. (In Pershian).
- Kouchaki, A., and Gh. Sarmadnia. 2011. Crop physiology (Translation). Publications University of Mashhad, Edition sixteenth. 400 PP. (In Pershian).
- Koucheki, A., and M. Khajeh Hosseini. 2008. Modern agronomy. Jihad-e- Daneshgahi of Mashhad Press. 704 P. (In Persian).
- Lebaschy, M.H., and E. Sharifi Ashour Abadi. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. *Pajouhesh & Sazandegi Journal*. 65: 65-75. (In Persian).
- Liu, X., J. Jin, S.J. Herbert, Q. Zhang, and G. Wang. 2005. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybean in northeast China. *Field Crops Research*. 93: 85-93.
- Malek, M.M., S. Galeshi, A. Zeinali, H. Ajamnorozzi, and M. Malek. 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(4):1-17. (In Pershian).
- Martini, M.Y., B.A. McKenzie, D.J. Moot, and G.D. Hill. 2012. Dry matter accumulation of faba bean sown at different sowing dates in Canterbury. *Agronomy New Zealand*. 42: 43- 51.
- Mirshekari, V., and H. Esfarm meshkin shahr. 2013. Response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars to topping and plant growth regulator. *Best Sowing Plant & Seed Journal*. 2(1): 97-108 (In Persian).
- Mitiku, A., and M. Wolde. 2015. Effect of faba bean (*Vicia faba* L.) varieties on yield attributes at sinana and agarfa districts of Bale Zone, Southeastern Ethiopia. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 8(4): 281– 286.
- Modarresi, M., M. Kheradnam, and M.T. Assad. 2004. Selection indices as indirect selection in corn hybrids (*Zea mays* L.) for increasing grain yield. *Iranian Journal of Field Crops Science*. 35(1): 115-127. (In Pershian).
- Muller, J., T. Behrens, and W. Diepenbrock. 2006. Use of a new sigmoid growth equation to estimate organ area indices from canopy area index in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research*. 96: 279-295.
- Nakhzari Moghaddam, A. 2013. Effect of detopping and plant density on yield and yield components of barakat cultivar of faba bean (*Vicia faba* L.) in Gonbad Kavous. *Iranian Journal of Field Crops Science*. 44 (4): 703-710. (In Persian).

- Nasrollahzade, S., Kh. Ghassemi Gholezani, and Y. Raey. 2011a. Evaluation of the relationship of shading with growth and grain yield of faba bean. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*. 21 (3):76-87. (In Persian).
- Nasrollah Zadeh, S., Kh. Ghassemi Golezani, and Y. Raey. 2011b. Effect of shading on rate and duration of grain filling and yield of faba bean cultivars. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 21(3): 47-56. (In Persian).
- Navabpour, S., N. Latifi, S.H. Hosseini, and G. Kazemi. 2011. Evaluation of grain yield in relation to yield components and growth indices in wheat. *Electronic Journal of Crop Production*. 4(3): 157-173. (In Persian).
- Ouzuni Douji, A.A., M. Esfahani, H.A. Samizadeh Lahiji, and M. Rabiei. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica Bapus L.*) cultivars. *Iranian Journal Crop Science*. 9: 400–328.(In Persian).
- Rahemi-karizaki, A. 2005. Predicting interception and use of solar radiation in chickpea. Thesis of M.Sc. Gorgan Uni. Agric Sci. Natur Resour. 89 p. (In Persian).
- Rahman M.A., A.J.M.S. Karim, M.M. Hoque, and K. Egashira. 2000. Effects of irrigation and nitrogen fertilisation on photosynthesis, leaf area index and dry matter production of wheat on clay terrace soil in Bangladesh. *Journal of the Faculty of Agriculture*. 45: 289-300.
- Sadeghi, H., M.A. Baghestani, G.A. Akbari, and A. Hejazi. 2003. Evaluation soybean and some weed species growth trails in comparison condition. *Journal of Pests and Plant Pathology*. 71: 87-106. (In Persian).
- Sadeghipour, A., H. Ghaffari Khaligh, and R. Monam. 2005. The effect plant density on yield and yield components of limited growth and unlimited growth cultivars of red beans. *Journal of Agricultural Sciences*. 11(1): 149-159. (In Persian).
- Soltani, A. 2015. Using the SAS software the statistical analysis. Publications Mashhad University Jihad. 184p.
- Talei, A.R., K. Poostini, and S. Davazdah-Emami. 2000. Effects of cropping pattern on physiological characteristics of some bean varieties. *Iranian Journal Agriculture Science*. 31: 477-487. (In Persian).
- Timmermans, B.G.H., J. Vos, J. van Nieuwburg, T.J. Stomph, and P.E.L. van der Putten. 2007. Germination rates of *Solanum sisymbriifolium*: temperature response models, effects of temperature fluctuations and soil water potential. *Seed Science Research*. 17: 221–231.
- Yano, T., M. Aydin, and T. Haraguchi. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. *Sensors*. 7: 2297-2315.
- Yin, X., J. Gouadrian, E.A. Latinga, J.Vos, and J.H. Spiertz. 2003. A flexible sigmoid growth function of determinate growth. *Annals of Botany*. 91: 361-371.

The Analysis of Topping Results of Faba Bean Varieties (*Vicia faba* L.) by Using Logistic Nonlinear Regression Model

Arefeh Alipour Ghasem Abad sofla¹, Ali Rahemi-karizaki^{2*}, Ali Nakhzari-moghaddam², and Abbas Biabani³

Received: September 2016, Revised: 11 February 2017, Accepted: 6 May 2017

Abstract

Growth analysis is a valuable method to quantify crop growth, development and production. Because, parameters of nonlinear regression models have significant physiological meanings, it was decided to study the effect of topping and variety on crop growth indices by using a logistic nonlinear regression model in a factorial experiment, based on randomized complete block design with 3 replications, at the Research Farm of Gonbad University during 2014-2015. The first factor consisted of five faba bean varieties (Zohreh, Shami, Sheshband, Sarazeri and Barkat) and the second factor of two levels, topping and control. Results showed that using this model described well the variation pattern of dry matter accumulation and LAI by time. It was also revealed that the difference between varieties for the time to reach maximum leaf area index and the time required to reach 50 percent of maximum dry matter were not significant. The effect of variety on leaf area index was significant at the 5% level. The maximum and minimum leaf area index, total dry matter and crop growth rate of Barkat, Zohre and the Saraziri were higher than Shami and Sheshband varieties, and thus this was resulted in higher yield. Leaf area index in all varieties was the critical leaf area index. The average critical leaf area index in varieties was 1.37. The maximum and minimum relative growth rate at the beginning of the growing season belonged to the Saraziri and Barkat with 0.066 and 0.055 g/g.day, respectively.

Key words: Leaf area index, Total dry matter, Crop growth rate, Relative growth rate.

1- M.Sc. Student of Agro Ecology, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

3- Associate Professor, Department of Plant Production, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

* Corresponding Author: Alirahemi@yahoo.com