نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۶۴۵-۶۳۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 4, Winter. 2017, p. 631-645

ارزیابی برخی از شاخص‌های رشد گلرنگ با استفاده از آنالیز رگرسیون

فاطمه خطیب[۱*]- بنیامین ترابی[۲]- اصغر رحیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، بررسی شاخص‌های رشد و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های متفاوت بود. بدین‌منظور، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل سه تاریخ‌کاشت (۱۶فروردین، ۶ و ۲۷ اردیبهشت) و چهار رقم گلرنگ (۴۱۱، سینا، محلی‌اصفهان و صفه) بودند. نتایج نشان داد سرعت جذب خالص در همه ارقام و تاریخ‌کاشت‌ها (به‌استثنای ارقام ۴۱۱ و صفه در تاریخ‌کاشت دوم) در ابتدای فصل رشد روند افزایشی داشت و پس از ۴۳ تا ۵۱روز پس از کاشت روند کاهشی داشت. حداکثر نسبت سطح برگ در ابتدای فصل رشد به‌دست آمد و با شیب ۰/۰۳۳ -۰/۰۵۱ $cm^2g^{-1}d^{-1}$ در بین ارقام و تاریخ‌کاشت‌های مختلف درحال کاهش بود. حداکثر سرعت رشد نسبی در بین ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف بین ۰/۰۸۷ -۰/۲۵۱ $gg^{-1}d^{-1}$ متغیر بود که در تاریخ کاشت سوم بالاترین مقدار آن به‌دست آمد. دوام سطح برگ در ابتدای فصل رشد روند افزایشی داشت و حدود ۵۰ تا ۶۲روز پس از کاشت روند کاهشی نشان داد. در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم، ارقام زودتر به حداکثر دوام سطح برگ رسیدند، ولی از میزان آن کاسته شد. عملکرد دانه با دوام سطح برگ همبستگی بالایی (r=۰/۸۸) نشان داد و به‌ازای هر واحد افزایش در دوام سطح برگ، ۱۲/۲گرم در متر مربع بر عملکرد دانه افزوده شد. بالاترین مقدار عملکرد دانه از ارقام ۴۱۱ و محلی اصفهان در تاریخ‌کاشت اول به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: دوام سطح برگ، سرعت جذب خالص، سرعت رشد نسبی، نسبت سطح برگ

مقدمه

بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به کمک این شاخص‌ها، می‌توان عکس‌العمل‌های گیاه را نسبت به شرایط محیطی مختلف طی دوره رشد گیاه، تفسیر نموده و شناخت بهتری از روند رشد گیاه در هر منطقه به‌دست آورد (Mirzai *et al.,* 2012). از مهم‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد نسبی اشاره کرد. سرعت جذب خالص (NAR) مقدار مواد ساخته شده خالص در واحد سطح برگ در واحد زمان می‌باشد و معیاری از مدل کارایی فتوسنتزی برگ‌ها در یک جامعه گیاهی می‌باشد (Shirani-Rad, 2005). نسبت سطح برگ (LAR) نسبت بین سطح پهنک یا بافت‌های فتوسنتزکننده به کل بافت‌های تنفس‌کننده یا وزن گیاه است و پُربرگی گیاه را نشان می‌دهد. در واقع میزان سرمایه‌گذاری گیاه در برگ‌ها را نشان می‌دهد (Zahedi *et al.,* 2008). دوام سطح برگ (LAD) بیان‌کننده طول عمر برگ می‌باشد و از حاصل‌ضرب سطح برگ در مدت‌زمانی که گیاه آن سطح برگ را حفظ می‌کند، به‌دست می‌آید. در واقع دوام سطح برگ، هم میزان سطح برگ و هم دوام آن را در بر می‌گیرد. این شاخص، از اهمیت زیادی برخوردار است، چرا که گیاه برای تولید برگ، انرژی زیادی مصرف می‌کند، لذا هرچه عمر برگ بیش‌تر باشد گیاه مدت‌زمان بیش‌تری از آن برگ در جهت تولید استفاده می‌نماید و در نتیجه بین دوام سطح برگ و عملکرد، همبستگی بالایی وجود دارد (Mohammadi *et al.,* 2013; Soghani *et al.,* 2010). سرعت رشد نسبی (RGR) بیان‌کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است که تابعی از سطح فتوسنتزکننده و تنفس‌کننده گیاه می‌باشد (Tesar, 1984). از این شاخص به‌عنوان برآورد اساسی تولید ماده خشک استفاده می‌شود و می‌توان از آن برای مقایسه کارایی گونه‌ها یا اثرات دما در شرایط معین استفاده کرد (Mirzai *et al,* 2012).(Mirzai *et al.,* 2012) با آزمایشی بر روی هیبریدهای جدید آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشاهده کردند سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص در تاریخ کاشت اول (۲۰خرداد) و هیبرید SHF-81-90 بیش‌ترین میزان بود و باعث شد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان
۲- استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: fatemekhatib86@yahoo.com
DOI: 10.22067/gsc.v14i4.35100

این هیبرید عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به سایر ارقام داشته باشد. Ali-Zade *et al,* 2010 طی بررسی ارقام نخود سفید مشاهده کردند که رقم ILC482 که از سرعت رشد نسبی، نسبت سطح برگ و سرعت جذب خالص بیش‌تری برخوردار بود بالاترین عملکرد دانه نیز برخوردار بود. Soghani *et al,* 2010 با بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش کردند دوام سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشته و ژنوتیپ ۴۰۱ با بیش‌ترین مقدار دوام سطح برگ، سطح فتوسنتزکننده طولانی مدت‌تری داشته و در نتیجه به‌علت افزایش مدت‌زمان فتوسنتز، عملکرد دانه بالاتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تولید کرد.

از آنجاکه، انتخاب تاریخ کاشت مناسب و کشت ارقام با پتانسیل ژنتیکی و سازگاری اقلیمی مطلوب در منطقه، برای حداکثر بهره‌برداری از پارامترهای مؤثر بر رشد، از مدیریت‌های ضروری جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی به حساب می‌آید، بنابراین، هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ، سرعت رشد نسبی و دوام سطح برگ ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های متفاوت و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه می‌باشد. هم‌چنین در این مطالعه سعی به معرفی روش رگرسیون، برای بررسی تغییرات این صفات در طی فصل رشد شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی تحقیقاتی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. هر کرت شامل پنج ردیف به طول چهار متر و به‌فاصله ردیف ۴۰سانتی‌متر بود و بین بلوک‌ها نیز یک متر فاصله در نظر گرفته شد. تراکم کاشت ۴۰بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. عامل‌های آزمایش شامل تاریخ کاشت (۱۶فروردین، ۶اردیبهشت و ۲۷اردیبهشت) و رقم گلرنگ (سینا، ۴۱۱، محلی اصفهان و صفه) بودند. عملیات کاشت با دست، به‌صورت متراکم و در عمق پنج سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. در مرحله ۲ تا چهار برگی گیاهچه‌ها بر اساس تراکم موردنظر تنک گردیدند. مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک و عملیات مبارزه با علف‌های‌هرز در هر کرت توسط دست انجام شد. نمونه‌برداری از مرحله روزت هر ۲هفته یکبار و از اواسط دوره رشد به بعد هر هفت روز یکبار به‌صورت برداشت پنج-۱۰بوته از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه انجام گرفت. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، برگ‌ها از بوته‌ها جدا شده و سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Delta T اندازه‌گیری شدند. وزن خشک برگ، ساقه، طبق و دانه پس از قرار دادن در آون به‌مدت ۷۲ساعت با دمای ۸۵درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری مشاهدات، روند تغییرات سرعت جذب خالص، نسبت سطح برگ، سرعت رشد نسبی و دوام سطح برگ، در ارقام مختلف برای هر تاریخ کاشت موردبررسی قرار گرفت.

سرعت جذب خالص، از تقسیم سرعت رشد محصول بر شاخص سطح برگ به‌دست آمد (Barzali *et al.,* 2004; Khatib, 2014) و برای بررسی روند تغییرات آن از مدل نمایی و مدل لجستیک استفاده شد (Ghadirian *et al.,* 2011):

$$NAR = ae^{bt} \quad (۱)$$

در مدل نمایی، b سرعت کاهش جذب خالص، t روز پس از کاشت و a یک ضریب ثابت در مدل می‌باشد.

$$NAR = \frac{ace^{-a(t-t_m)}}{(1+e^{-a(t-t_m)})^2} \quad (۲)$$

در مدل لجستیک، t_m زمانی است که سرعت جذب خالص به حداکثر مقدار خود می‌رسد، t روز پس از کاشت و a و c ضرایب ثابت در مدل می‌باشند.

نسبت سطح برگ، از تقسیم سطح برگ به وزن خشک کل به‌دست آمد و برای بررسی روند تغییرات آن از مدل نمایی استفاده شد:

$$LAR = ae^{bt} \quad (۳)$$

در این مدل، b سرعت کاهش نسبت سطح برگ، t روز پس از کاشت و a یک ضریب ثابت در مدل می‌باشد.

سرعت رشد نسبی، از تقسیم سرعت رشد محصول بر وزن خشک کل به‌دست آمد (Arvin *et al.,* 2009) و برای بررسی روند تغییرات سرعت رشد نسبی از مدل گمپرتز استفاده شد (Ghadirian *et al.,* 2011):

$$RGR = RGR_{\max} e^{-e^{-k(t-t_m)}} \quad (۴)$$

که در آن $RGR_{\max}$ حداکثر مقدار سرعت رشد نسبی، k ضریب ثابتی است که شکل منحنی را تعیین می‌کند، t روز پس از کاشت، t_m زمانی است که سرعت رشد نسبی به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

دوام سطح برگ از رابطه زیر محاسبه شد (Mirshekari, 2011):

$$LAD = \frac{(LAI_1 + LAI_2)(t_2 - t_1)}{2} \quad (۵)$$

برای بررسی روند تغییرات آن، از مدل لجستیک استفاده شد:

$$LAD = \frac{ace^{-a(t-t_m)}}{(1+e^{-a(t-t_m)})^2} \quad (۶)$$

در این مدل t_m زمانی است که دوام سطح برگ به حداکثر مقدار خود می‌رسد، t روز پس از کاشت و a و c ضرایب ثابت در مدل می‌باشند.

برازش مدل‌های فوق با استفاده از رویه PROC NLIN صورت گرفت، پارامترهای مدل در بین ارقام و نیز تاریخ کاشت‌های مختلف

با استفاده از حدود اطمینان ۹۵درصد مقایسه شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های عملکرد دانه با کمک رویه PROC GLM و آزمون LSD، تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی و عملکرد دانه با رویه PROC CORR نرم افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

سرعت جذب خالص

با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود NAR در تاریخ کاشت اول و سوم در همه ارقام در ابتدای فصل رشد افزایشی بوده و پس از آن به‌دلیل سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر وزن خشک به‌دست آمده به‌ازای هر واحد سطح برگ کاهش یافته و در نتیجه سرعت جذب خالص نیز کاهش می‌یابد (Mirzakhani *et al.,* 2007). در ابتدای فصل رشد پوشش زمین توسط کنوپی گیاه به‌واسطه افزایش شاخص سطح برگ رو به کامل‌شدن است که در نتیجه باعث افزایش دریافت تشعشع و سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد می‌شود (Kashef, 1996). سرعت جذب خالص زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل خورشید قرار گرفته باشند. پس از مدتی به‌دلیل سایه اندازی بوته‌ها روی یکدیگر و کاهش ماده خشک تولیدی به‌ازای هر واحد سطح برگ، NAR وارد فاز کاهشی می‌شود (Khayat et al., Ebrahim-;Pour, *et al.,* 2010 2009). در تاریخ کاشت دوم، روند تغییرات NAR برای ارقام سینا و محلی اصفهان در ابتدای فصل رشد ثابت و سپس روند کاهشی را نشان داد در حالی‌که برای ارقام صفه و گلدشت از همان ابتدای فصل رشد روند تغییرات NAR در حال کاهش بود (شکل ۱).

ارقام کشت شده در تاریخ کاشت سوم دارای سرعت جذب خالص بسیار پایین در ابتدای فصل رشد بوده‌اند (شکل ۱). احتمالاً کوچک ماندن گیاهان، کم بودن شاخص سطح برگ و سایه‌اندازی برگ‌ها به‌علت وجود رشد روزت در ابتدای فصل رشد ، باعث کم‌شدن دریافت تشعشع و سرعت جذب خالص شده است (Khatib, 2014). با شروع مرحله ساقه‌دهی، برگ‌های گیاه از حالت روزت خارج شده که این امر موجب افزایش میزان نفوذ نور در کانوپی، کاهش سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر و نهایتاً افزایش سرعت جذب خالص می‌شود. هم‌چنین احتمالاً کاهش سایه‌اندازی برگ‌ها در اثر کاهش شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت سوم می‌تواند باعث دست‌یابی به حداکثر سرعت جذب خالص بالاتری نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها شود (شکل ۱). Dehdashti and Majd-Nasiri, 2008 نیز افزایش سرعت جذب خالص را در اثر تأخیر در کاشت به‌دلیل کاهش سایه‌اندازی برگ‌ها در اثر کاهش شاخص سطح برگ گزارش کرده‌اند. Tayo and Morgan, 1975 نیز گزارش کردند که در زمان گلدهی و دو هفته پس از آن در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)، هنگامی که میزان شاخص سطح برگ به حداکثر مقدار خود رسید، سرعت جذب خالص در اثر سایه‌اندازی اندام‌های فوقانی از قبیل گل‌ها، غلاف‌ها و ساقه‌ها به‌سرعت کاهش یافت.

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود بین کلیه ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول از لحاظ زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. در تاریخ کاشت دوم نیز بین ارقام سینا و محلی اصفهان از این لحاظ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در این تاریخ کاشت، تغییرات سرعت جذب خالص در ارقام ۴۱۱ و صفه با استفاده از مدل نمایی توصیف شد و مشاهده شد در این دو رقم از لحاظ سرعت کاهش جذب خالص (b) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). در تاریخ کاشت سوم نیز از لحاظ زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص اختلاف معنی‌داری بین ارقام وجود نداشت (جدول ۱).

برای مقایسه تاریخ کاشت اول با تاریخ کاشت سوم از مدل لجستیک استفاده شد و مشاهده شد از لحاظ زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) بین تاریخ کاشت اول و تاریخ کاشت سوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در تاریخ کاشت دوم که با مدل نمایی برازش داده شد، سرعت جذب خالص با شیب ۰/۰۲۹گرم در متر مربع در روز کاهش یافت (جدول ۲).

نسبت سطح برگ

با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود روند تغییرات نسبت سطح برگ نزولی بوده و بالاترین مقدار آن در اوایل رشد مشاهده می‌شود و به مرور زمان کاهش می‌یابد. در مراحل اولیه رشد اکثر مواد فتوسنتزی ساخته شده صرف رشد و گسترش برگ شده و سپس با آغاز رشد سریع سایر اندام‌های گیاهی، مواد فتوسنتزی بیش‌تری به اندام‌های غیربرگی اختصاص یافته و در نتیجه نسبت سطح برگ طی فصل رشد کاهش می‌یابد. Javadi *et al.,* 2006 نیز علت کاهش نسبت سطح برگ طی فصل رشد را اختصاص بیش‌تر مواد فتوسنتزی به اندام‌های غیربرگی و افزایش ماده خشک کل ذکر کرده‌اند. همان‌طوری‌که در شکل ۲ دیده می‌شود، نسبت سطح برگ در اوایل فصل رشد، در تاریخ کاشت اول و دوم بیش‌تر از تاریخ کاشت سوم می‌باشد. بیش‌تر بودن LAR به این مفهوم است که نسبت بافت‌های فتوسنتزکننده به مجموع بافت‌های تنفس‌کننده در تاریخ کاشت اول و دوم بیش‌تر می‌باشد و نشان‌دهنده پُربرگی گیاهان در این دو تاریخ کاشت است. به‌عبارت دیگر گیاهان در تاریخ کاشت اول و دوم، طی فرایند فتوسنتز انرژی تابشی بیش‌تری را به ماده خشک تبدیل نموده و در بافت‌های ذخیره‌ای خود انباشته نموده‌اند (Javaheri *et al.,* 2004).

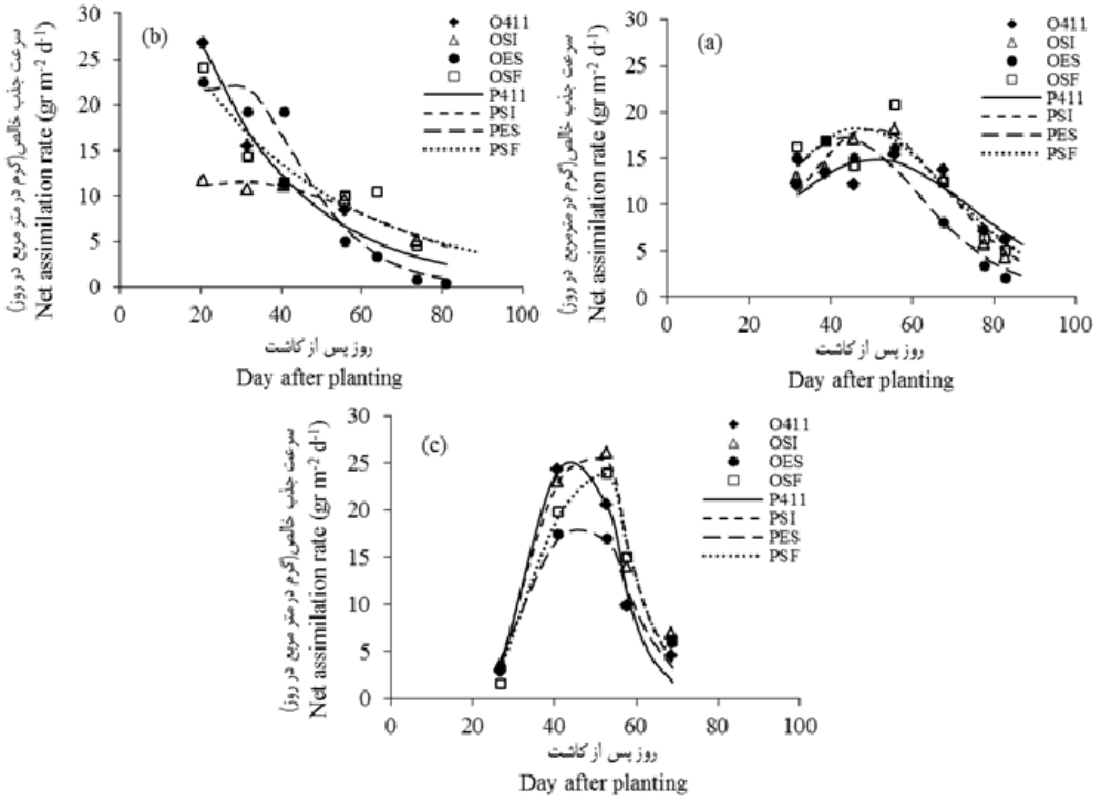
با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود بین ارقام کشت شده در تاریخ کاشت‌های یکسان، از لحاظ سرعت کاهش نسبت سطح برگ (b) اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (جدول ۳)، هم‌چنین بین

تاریخ کاشت‌های مختلف نیز از لحاظ سرعت کاهش نسبت سطح برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

سرعت رشد نسبی

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف مشابه بود، سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل رشد به‌دلیل رشد سریع گیاه، وجود حداکثر بافت‌های جوان و وزن اولیه کم گیاه نسبت به زمان‌های دیگر بیش‌تر است. با گذشت زمان برگ‌های پایین گیاه به‌دلیل پیری و در سایه قرار گرفتن، قادر به فتوسنتز مناسب نمی‌باشند، لذا نسبت افزایش وزن به وزن اولیه کمتر می‌شود، بنابراین سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد کاهش می‌یابد (Damavandi and Latifi, 2009). Mirzakhani *et al.*, 2007 با بررسی گلرنگ بهاره و Agha-Alikhani and Safari, 2013 نیز با بررسی ارقام سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*) دلیل کاهش RGR در طول فصل رشد را افزایش بافت‌های غیر زنده و مسن، سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و در نتیجه غیرفعال شدن برگ‌ها گزارش کرده‌اند.

با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود از لحاظ حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR_{max}) و زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی (t_m) بین ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.



شکل ۱- روند تغییرات سرعت جذب خالص در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، ۴۱۱، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان دهنده ارقام ٤١١، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 1- Variation of the net assimilation rate in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P indicates the line is fitted to the observed values.

جدول ۱- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) و ضرایب ثابت (a و c) و مدل نمایی شامل سرعت کاهش جذب خالص (b) و ضریب ثابت (a) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

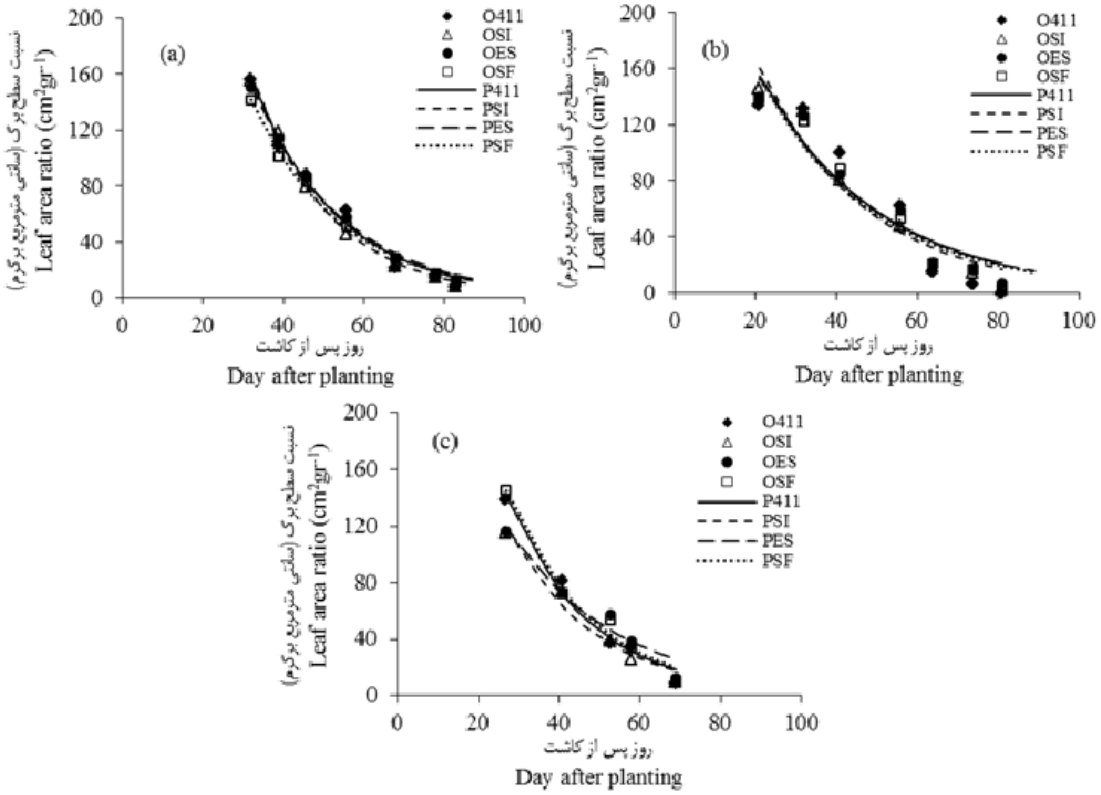
Table 1- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum net assimilation rate (tm) and fixed coefficients (a and c) and exponential model including the net assimilation rate (b) and constant (a) for safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	مدل Model	t_m (CL)	a (CL)	b (CL)	c (CL)
اول First	۴۱۱ 411	لجستیک Logestic	51.05 (42.92 ; 59.19)	0.059 (0.030 ; 0.088)	-	1015.4 (637.7; 1393.1)
	سینا Sina	لجستیک Logestic	50.35 (46.92 ; 53.78)	0.078 (0.060 ; 0.096)	-	938.9 (778.8 ; 1099.0)
	محلی اصفهان Local Esfahan	لجستیک Logestic	43.46 (36.75 ; 50.17)	0.076 (0.047 ; 0.106)	-	899.7 (615.9 ; 1183.4)
	صفه Sofeh	لجستیک Logestic	47.42 (35.99 ; 58.86)	0.066 (0.033 ; 0.108)	-	1111.5 (553.9 ; 1669.1)
دوم Second	۴۱۱ 411	نمایی Exponential	-	59.143 (16.00; 102.3)	-0.039 (-0.064 ; -0.014)	-
	سینا Sian	لجستیک Logestic	29.63 (0.549; 58.722)	0.041 (0.002; 0.080)	-	1130.9 (97.83; 2164.0)
	محلی اصفهان Local Esfahan	لجستیک Logestic	26.58 (17.97 ; 35.197)	0.085 (0.044; 0.125)	-	1075.2 (601.1; 1549.3)
	صفه Sofeh	نمایی Exponential		38.324 (18.40 ; 58.24)	-0.026 (-0.04 ; -0.011)	-
سوم Third	۴۱۱ 411	لجستیک Logestic	46.03 (42.70 ; 49.35)	0.183 (0.066; 0.299)	-	652.0 (422.3; 881.6)
	سینا Sina	لجستیک Logestic	47.61 (43.53; 51.69)	0.160 (0.048; 0.272)	-	751.8 (424.9 ; 107.8)
	محلی اصفهان Local Esfahan	لجستیک Logestic	46.84 (41.17; 52.51)	لجستیک Logestic	-	567.8 (274.4; 861.2)
	صفه Sofeh	لجستیک Logestic	48.48 (44.95 ; 52.01)	لجستیک Logestic	-	676.5 (426.3 ; 926.8)

جدول ۲- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر سرعت جذب خالص (t_m) و ضرایب ثابت (a و c) و مدل نمایی شامل سرعت کاهش جذب خالص (b) و ضریب ثابت (a) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 2- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum net assimilation rate (tm) and fixed coefficients (a and c) and exponential model including the net assimilation rate (b) and constant (a) for total safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	مدل Model	t_m (CL)	a (CL)	b (CL)	c (CL)
اول (First)	لجستیک Logestic	47.82 (44.60 ; 51.037)	0.068 (0.055 ; 0.081)	-	989.7 (846.3 ; 1133.1)
دوم (Second)	نمایی Exponential	-	39.39 (26.027 ; 52.57)	-0.029 (-0.039; -0.019)	-
سوم (Third)	لجستیک Logestic	47.20 (46.00; 48.40)	0.1660 (0.128; 0.193)	-	5.660 (576.6 ; 744.4)



شکل ۲- روند تغییرات نسبت سطح برگ در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، 411، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ٤١١، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 2- Variation of leaf area ratio in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P .indicates the line is fitted to the observed values

در تاریخ کاشت دوم رقم محلی اصفهان، بیش‌ترین و رقم سینا، کم‌ترین سرعت رشد نسبی را دارا بودند و بین ارقام ۴۱۱ و صفه از این لحاظ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به‌این‌که ارقام کشت شده در تاریخ کاشت دوم از لحاظ نسبت سطح برگ اختلاف قابل‌توجهی نداشتند (شکل ۲) و هم‌چنین سرعت جذب خالص در رقم محلی اصفهان در ابتدای فصل رشد، روند افزایشی داشت، و رقم سینا نیز دارای کم‌ترین سرعت جذب خالص در ابتدای فصل رشد بود (شکل ۱)، بنابراین به‌دلیل رابطه RGR=NAR×LAR، دلیل بالابودن سرعت رشد نسبی در رقم محلی اصفهان، احتمالاً برتری در میزان سرعت جذب خالص می‌باشد.

در تاریخ کاشت دوم رقم سینا نسبت به سایر ارقام دیرتر به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی رسید و رقم محلی اصفهان زودتر از رقم صفه به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی رسید (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد اُفت سریع‌تر سرعت رشد نسبی در رقم محلی اصفهان به‌دلیل پُربرگی و آرایش برگی این رقم بوده که باعث سایه‌اندازی زودتر و بیش‌تر بر برگ‌های پایینی شده است. در گیاهانی که سایه‌اندازی سریع‌تر در آن‌ها به‌وجود می‌آید RGR سریع‌تر کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده استقرار بهتر و بسته شدن سریع‌تر پوشش گیاهی می‌باشد (Sadrabadi-Haghighi *et al.,* 2011). بالاتر بودن سرعت رشد نسبی و از طرفی اُفت سریع‌تر سرعت رشد نسبی در رقم محلی اصفهان نشان‌دهنده استقرار بهتر، بسته شدن سریع‌تر پوشش گیاهی و در نتیجه رشد اولیه بهتر در این رقم می‌باشد. Tahmasb *et al.,* 2003 نیز در گندم (*Triticum aestivum* L.) گزارش نمودند ژنوتیپ dovin-1 که دارای شیب تندتری در کاهش RGR بود، بهتر استقرار یافته و پوشش گیاهی نیز سریع‌تر بسته شده است.

در تاریخ کاشت سوم، از لحاظ حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR_{max}) و زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی (t_m) بین ارقام کشت شده، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵).

ارقام کشت شده در تاریخ کاشت سوم به‌طور معنی‌داری حداکثر سرعت رشد نسبی بیش‌تری در مقایسه با تاریخ کاشت‌های اول و دوم دارا بودند و بین تاریخ کاشت اول و دوم از این لحاظ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). بیش‌تر بودن RGR در تاریخ کاشت سوم به‌علت کوچک ماندن گیاهان در این تاریخ کاشت می‌باشد. ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول، به‌طور معنی‌داری دیرتر از تاریخ کاشت‌های دوم و سوم، به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی رسیدند و بین تاریخ کاشت‌های دوم و سوم از این لحاظ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در نتیجه در تاریخ کاشت اول، سرعت کاهش RGR کندتر و رقابت وسایه‌اندازی بین بوته‌ها نیز دیرتر آغاز شده است.

جدول ۳- تخمین ضرایب مدل نمایی شامل ضریب ثابت (*a*) و سرعت کاهش نسبت سطح برگ (*b*) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد.

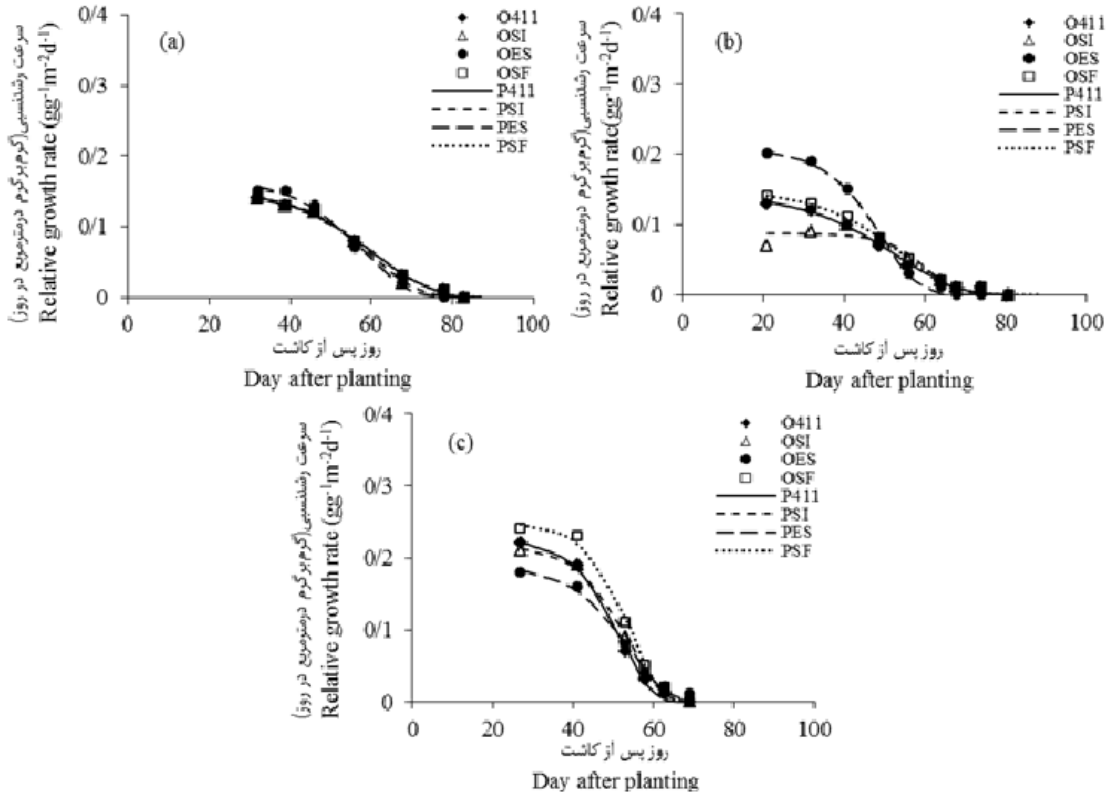
Table 3- The estimated coefficients of the exponential model including the constant (a) and the decrease rate of leaf area ration (b) for safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation.

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	*a* (CL)	*b* (CL)
اول First	۴۱۱ 411	689.3 (411.2; 967.4)	-0.046 (-0.056 ; -0.036)
	سینا Sina	823.6 (621.5 ; 1025.7)	-0.051 (-0.057 ; -0.045)
	محلی اصفهان Local Esfahan	617.3 (505.4 ; 729.2)	-0.044 (-0.048 ; -0.039)
	صفه Sofeh	579.1 (464.2 ; 694.0)	-0.044 (-0.049 ; -0.039)
دوم Second	۴۱۱ 411	312.9 (84.94 ; 540.9)	-0.033 (-0.055 ; -0.012)
	سینا Sina	351.8 (175.7 ; 527.9)	-0.037 (-0.053; -0.022)
	محلی اصفهان Local Esfahan	311.0v(160.0 ; 462.0)	-0.034 (-0.048; -0.019)
	صفه Sofeh	315.4 (161.1; 469.6)	-0.034 (-0.049; -0.020)
سوم Third	۴۱۱ 411	517.8 (230.9 ; 804.7)	-0.048 (-0.064 ; -0.032)
	سینا Sina	401.6 (147.4 ; 655.7)	-0.045 (-0.063; -0.027)
	محلی اصفهان Local Esfahan	315.5 (105.7 ; 525.2)	-0.036 (-0.054; -0.018)
	صفه Sofeh	517.1 (230.8 ; 803.3)	-0.047 (-0.063 ; -0.031)

جدول ٤- تخمین ضرایب مدل نمایی شامل سرعت کاهش نسبت سطح برگ (*b*) و ضریب ثابت (*a*) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 4- The estimated coefficients of the exponential model including the constant (a) the decrease rate of leaf area ratio (b) for total safflower cultivars in different sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	*a* (CL)	*b* (CL)
اول First	668.6 (536.5 ; 800.6)	-0.046 (-0.051 ; -0.041)
دوم Second	320.5 (147.7 ; 493.3)	-0.034 (-0.051 ; -0.018)
سوم Third	430.5 (218.4 ; 642.6)	-0.044 (-0.058 ; -0.030)



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، 411، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ٤١١، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 3- Variation of the relative growth rate in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P indicates the line is fitted to the observed values

دوام سطح برگ

دوام سطح برگ از اهمیت زیادی برخوردار است، چراکه گیاه برای تولید برگ انرژی زیادی مصرف می‌کند، لذا هرچه عمر برگ بیش‌تر باشد گیاه مدت‌زمان بیش‌تری از آن برگ در جهت تولید استفاده می‌نماید و در نتیجه بین LAD و عملکرد همبستگی بالایی وجود خواهد داشت (Shirani-Rad, 2005). با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود تغییرات دوام سطح برگ در ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف دارای روند مشابهی بوده است. گلرنگ در اوایل رشد، سطح برگ کمی داشته و در زمان گلدهی همراه با رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، به حداکثر دوام سطح برگ نیز می‌رسد و سپس به‌دلیل سایه‌اندازی، پیری و ریزش برگ‌ها دوام سطح برگ سیر نزولی می‌گیرد.

با تأخیر در کاشت از دوام سطح برگ کاسته شده و ارقام در تاریخ کاشت اول و سوم به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین دوام سطح برگ را دارا بودند (شکل ۴). این امر بیان‌گر آن است که در تاریخ کاشت اول، شرایط محیطی، اعم از طول روز و درجه حرارت، مناسب بوده و گیاه توانسته است دوام سطح برگ بیش‌تری از طریق افزایش در سطح برگ و نگه‌داری برگ در مدت طولانی‌تر داشته باشد. در تاریخ کاشت سوم به‌دلیل شرایط نامساعد محیطی و دمای بسیار زیاد طی فصل رشد، سطح برگ تولید شده کمتر از سایر تاریخ کاشت‌ها بوده و پیری و ریزش برگ بیش‌تر نیز باعث شده کم‌ترین دوام سطح برگ، در این تاریخ کاشت مشاهده شود (شکل ۴). هم‌چنین با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود در تاریخ کاشت اول، رقم محلی اصفهان دارای بیش‌ترین دوام سطح برگ می‌باشد که از این لحاظ، اختلاف قابل‌توجهی را با سایر ارقام نشان می‌دهد.

زمان وقوع حداکثر دوام سطح برگ (t_m) بین ارقام هر تاریخ کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول، دیرتر از تاریخ کاشت دوم و سوم، به حداکثر دوام سطح برگ رسیدند، هر چند این اختلاف بین تاریخ کاشت اول و سوم با توجه به حدود اطمینان ۹۵درصد برآورد t_m معنی‌دار نبود (جدول ۸).

احتمالاً به‌دلیل برخورد تاریخ کاشت دوم و سوم با دماهای بالا شاخص سطح برگ کاهش و زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ نیز تسریع یافته (Khatib, 2014) که نهایتاً باعث شد تا حداکثر دوام سطح برگ ارقام موردمطالعه در این دو تاریخ کاشت نسبت به تاریخ کاشت اول کمتر باشد و نیز تا حدودی زودتر از تاریخ کاشت اول حاصل شود.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم برای صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۹). در تاریخ کاشت اول بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم ۴۱۱ با عملکرد ۵۰۱/۴۰گرم در مترمربع بود که با رقم محلی اصفهان با عملکرد دانه ۴۱۹/۱۶گرم در مترمربع در همین تاریخ کاشت تفاوت معنی‌دار نداشت. کم‌ترین عملکرد دانه در رقم صفه با عملکرد ۲۹۲/۲۰گرم در مترمربع مشاهده شد (جدول ۱۰). ارقام کشت شده در تاریخ کاشت دوم با عملکرد دانه ۱۵۷/۵۱ تا ۱۷۱/۶۷گرم در مترمربع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در تاریخ کاشت سوم نیز ارقام با عملکرد دانه ۸۲/۳۱ تا ۱۱۷/۶۴گرم در مترمربع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (جدول ۱۰).

جدول ۵- تخمین ضرایب مدل گمپرتز شامل حداکثر سرعت رشد نسبی (RGRmax)، زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی (tm) و ضریب ثابت (k) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

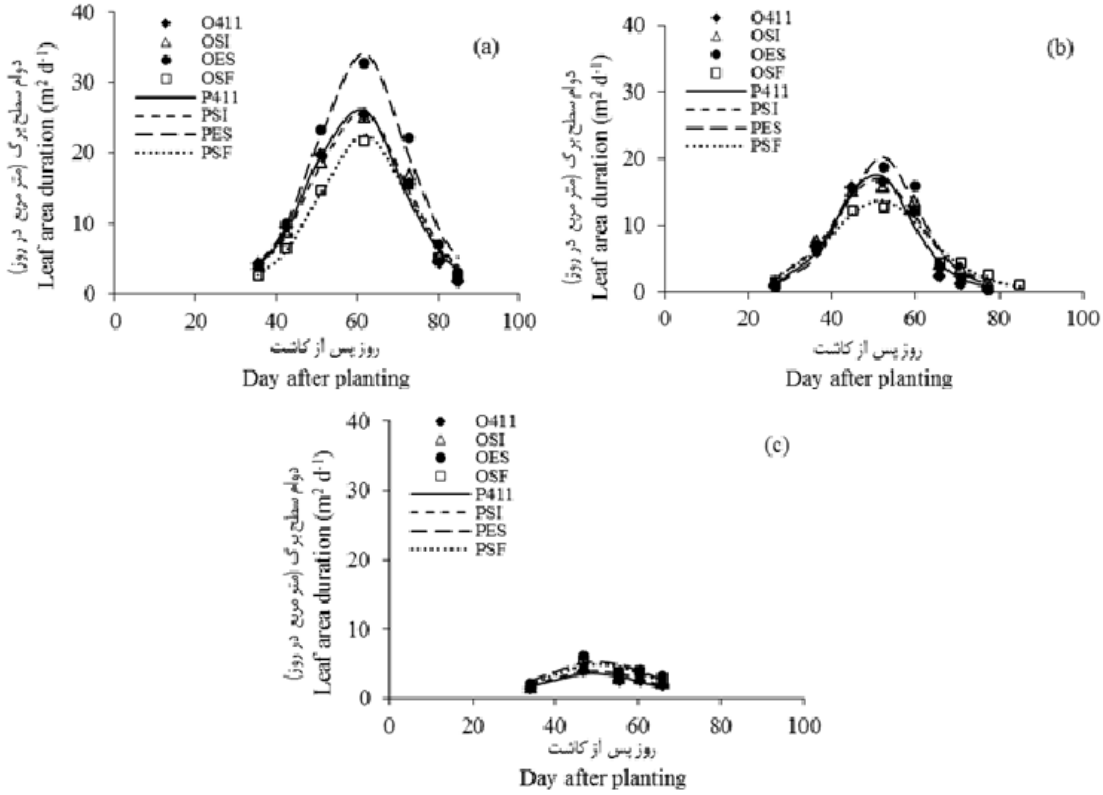
Table 5- The estimated coefficients of the Gompertz model, including maximum relative growth rate (RGR_{max}), time to half maximum relative growth rate (tm) and constant (k) for safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	RGR_{max} (CL)	t_m (CL)	k (CL)
اول First	۴۱۱ 411	0.517 (0.136; 0.178)	61.70 (58.83 ; 64.57)	-0.075 (-0.098; -0.052)
	سینا Sina	0.149 (0.128 ; 0.170)	61.08 (58.23 ; 63.92)	-0.095 (-0.133 ; -0.057)
	محلی اصفهان Local Esfahan	0.169 (0.136 ; 0.203)	58.53 (54.89 ; 62.184)	-0.094 (-0.143 ; -0.045)
	صفه Sofeh	0.157 (0.136 ; 0.176)	61.70 (58.83 ; 64.57)	-0.075 (-0.098; -0.052)
دوم Second	411	0.148 (0.127 ; 0.168)	53.43 (50.40 ; 56.45)	-0.069 (-0.088 ; -0.049)
	Sina	0.087 (0.069 ; 0.106)	61.45 (56.86 ; 66.039)	-0.159 (-0.304 ; -0.013)
	Local Esfahan	0.211(0.193 ; 0.229)	49.85 (48.40 ; 51.29)	-0.116 (-0.147 ; -0.086)
	Sofeh	0.153 (0.139 ; 0.167)	54.86 (52.90 ; 56.82)	-0.076 (-0.091 ; -0.059)
سوم Third	411	0.230 (0.201; 0.260)	52.22 (50.17 ; 54.27)	-0.134 (-0.188 ; -0.08)
	Sina	0.220 (0.188; 0.253)	54.19 (51.85 ; 56.53)	-0.128 (-0.189 ; -0.068)
	Local Esfahan	0.192 (0.156; 0.228)	54.52 (51.42 ; 57.63)	-.0112 (-0.172; -0.051)
	Sofeh	0.251(0.156; 0.288)	54.78 (52.54; 57.02)	-0.145 (-0.172 ; -0.067)

جدول ٦- تخمین ضرایب مدل گمپرتز شامل حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR_{max})، زمان تا رسیدن به نصف حداکثر سرعت رشد نسبی (t_m) و ضریب ثابت (k) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 6- The estimated coefficients of the Gompertz model, including maximum relative growth rate (RGR_{max}), time to half-maximum relative growth rate (tm) and constant (k) for total safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimation

تاریخ کاشت Sowing date	RGR_{max} (CL)	t_m (CL)	k (CL)
اول First	0.159 (0.146; -.171)	60.67 (59.12; 62.23)	-0.083 (-0.099; -0.067)
دوم Second	0.146 (0.116; 0.177)	54.60 (50.42; 58.78)	-0.092 (-0.143; -0.40)
سوم Third	0.223 (0.199; 0.247)	53.96 (52.28; 55.63)	-0.130 (-0.775; -0.086)



شکل ٤- روند تغییرات دوام سطح برگ در ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های اول (a)، دوم (b) و سوم (c)، 411، SI، ES و SF به‌ترتیب نشان‌دهنده ارقام ٤١١، سینا، محلی اصفهان و صفه هستند، O نشان‌دهنده مقادیر مشاهده شده و P نشان‌دهنده خط برازش یافته بر مقادیر مشاهده شده می‌باشد

Figure 4- Variation of the leaf area duration in different safflower cultivars on (a) first, (b) second and (c) third sowing. 411, SI, ES and SF, respectively, are representing 411, Sina, Local Esfahan, and Sofeh cultivars. O represents the observed values and P indicates the line is fitted to the observed values

به‌طور کلی بین تاریخ کاشت‌های مختلف از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال یک‌درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۹). میانگین تاریخ کاشت‌ها نشان داد که تاریخ کاشت اول با عملکرد دانه ۳۹۹/۳۷گرم در مترمربع بیش‌ترین و تاریخ کاشت سوم با عملکرد دانه ۱۰۰/۰۵گرم در مترمربع کم‌ترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۱۰). وجود عوامل محیطی مناسب در تاریخ کاشت اول همچون تشعشع خورشیدی و درجه‌حرارت مطلوب در زمان گلدهی و پُرشدن دانه موجب افزایش بازده فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در این تاریخ کاشت شده است. در تاریخ کاشت سوم عواملی مانند دوام سطح برگ پایین، جذب کمتر تشعشع در طی مرحله رشد رویشی، کوتاه شدن دوره رشد زایشی و برخورد مرحله گلدهی و مراحل پس از آن با دمای بالا سبب اختلال در انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه‌ها شده و در نهایت کاهش عملکرد را به‌دنبال داشته است (Fathi *et al.*, 2003).

نتایج نشان داد بین عملکرد دانه با حداکثر دوام سطح برگ (Pr =۰/۰۰۰۲)، رابطه خطی مثبت وجود دارد و با افزایش این شاخص، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد، اما بین عملکرد دانه با حداکثر سرعت جذب خالص (Pr =۰/۰۲۶۰) رابطه خطی منفی وجود دارد و با افزایش حداکثر سرعت جذب خالص، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (شکل ۵). بین حداکثر سرعت رشد نسبی و حداکثر نسبت سطح برگ، با عملکرد دانه، همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱۱). در این آزمایش، مشاهده شد به‌ازای هر واحد افزایش در حداکثر سرعت جذب خالص، ۱۵/۳۹گرم در مترمربع از عملکرد دانه کاسته می‌شود و به‌ازای هر واحد افزایش در حداکثر دوام سطح برگ، ۱۲/۲۱گرم در مترمربع بر عملکرد دانه افزوده می‌شود (شکل ۵).

بنابراین بیش‌تر بودن دوام سطح برگ در تاریخ کاشت اول علت اصلی بالاتر بودن عملکرد دانه در این تاریخ کاشت می‌باشد. با کاهش دوام سطح برگ، نور کمتری در دوره رشد گیاه، دریافت و در نتیجه به‌علت فتوسنتز کمتر طی دوره رشد، عملکرد دانه کاهش یافت. Lopez et al., 2008 نیز علت افزایش عملکرد دانه نخود را در کاشت زود هنگام، افزایش دوام سطح برگ معرفی کرده‌اند.

جدول ۷- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر دوام سطح برگ (tm) و ضرایب ثابت (a و c) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵ درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

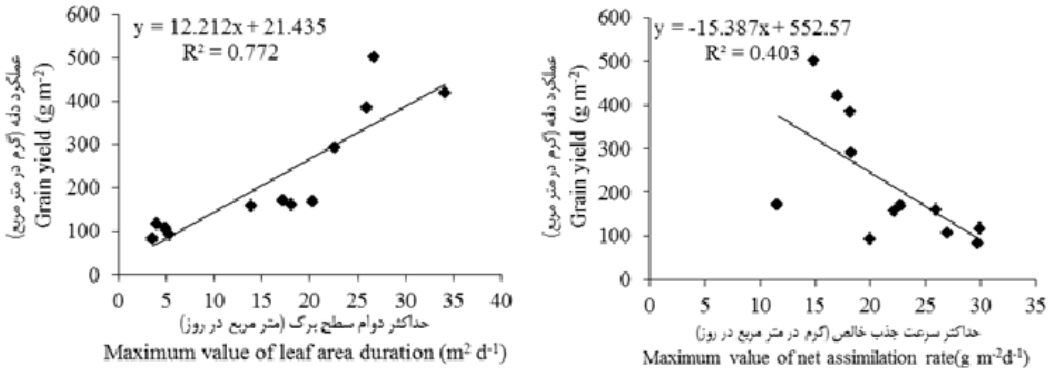
Table 7- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum leaf area duration (tm) and fixed coefficients (a and c) for safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimations

تاریخ کاشت Sowing date	رقم Cultivar	t_m (CL)	a (CL)	c (CL)
اول First	۴۱۱ 411	59.62 (57.56; 61.68)	0.133 (0.108; 0157)	804.0 (682.2 ; 925.7)
	سینا Sina	60.52 (58.46; 62.59)	0.129 (0.106; 0.152)	807.0 (688.5 ; 925.6)
	محلی اصفهان Local Esfahan	61.07 (59.03; 63.10)	0.133 (0.110; 0.157)	1026.5 (874.6 ; 1178.5)
	صفه Sofeh	61.68 (59.64 ; 63.72)	0.132 (0.109; 0.155)	685.0 (584.1 ; 785.8)
دوم Second	411	49.90 (47.84; 51.96)	0.168 (0.128; 0.208)	429.1 (345.3 ; 512.9)
	Sina	50.54 (48.25; 52.82)	0.144 (0.111; .178)	476.9 (387.6 ; 566.1)
	Local Esfahan	51.62 (49.32 ; 53.92)	0.168 (0.123; 0.212)	483.1 (378.3 ; 587.9)
	Sofeh	51.27 (48.84; 53.70)	0.127 (0.099; 0.155)	435.6 (358.4 ; 512.8)
سوم Third	411	49.30 (39.08; 59. 53)	0.121 (-0.003; 0.245)	118.3 (23.96; 212.6)
	Sina	49.63 (38.70; 60.57)	0.118 (-0.012; 0.247)	135.5 (20.46; 250.5)
	Local Esfahan	50.24 (38.32; 62.16)	0.113 (-0.023; 0.250)	187.8 (14.48 ; 361.1)
	Sofeh	50.65 (40.13; 61.17)	0.199 (-0.011; 0.249)	165.9 (26.56 ; 305.2)

جدول ۸- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل زمان وقوع حداکثر دوام سطح برگ (t_m) و ضرایب ثابت (a و c) برای مجموع ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف. CL: حدود اطمینان ۹۵درصد برای برآورد پارامترها می‌باشد

Table 8- The estimated coefficients of the logistic model, including time of maximum leaf area duration (tm) and fixed coefficients (a and c) for total safflower cultivars in different the sowing dates. CL indicates the confidence limit of 95% for parameters estimations

تاریخ کاشت Sowing date	t_m (CL)	a (CL)	c (CL)
اول First	60.71 (58.66; 62.75)	0.132 (0.108; 0.155)	830.6 (707.8; 953.4)
دوم Second	50.80 (48.83; 52.76)	0.152 (0.120; 0.184)	453.8 (377.2; 530.5)
سوم Third	50.03 (39.07; 60.98)	0.117 (-0.013; 0.248)	151.8 (21.78; 8.281)



شکل ۵- رابطه بین عملکرد دانه با حداکثر دوام سطح برگ و حداکثر سرعت جذب خالص در دوره رشد گیاه

Figure 5- Relation grain yield with maximum leaf area duration and maximum net assimilation rate during growing season.

جدول ۹- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) برای صفت عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌ها و ارقام مختلف گلرنگ

Table 9- Analysis of variance (sum of squares) for grain yield on different sowing dates and safflower cultivars

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی Degree of Freedom	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	3	12617.66^{ns}
تاریخ کاشت Sowing date	2	553440.03**
رقم Cultivar	3	19273.42*
تاریخ کاشت*رقم Sowing date*Cultivar	6	56326.6**
خطا Error	33	4614.4
ضریب تغییرات Coefficient of variation		20.58

*، ** و ns به ترتیب: معنی‌دار در سطح پنج‌درصد، یک‌درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

*, ** and ns; Significant at the 5%, 1%, and non- significant, respectively.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تاریخ کاشت و رقم، برای صفت عملکرد دانه (گرم در مترمربع)

Table 10- Comparison of the interaction between planting date and cultivars for grain yield (g m^{-2})

رقم Cultivar	تاریخ کاشت اول First sowing date	تاریخ کاشت دوم Second sowing date	تاریخ کاشت سوم Third sowing date
۴۱۱ 411	501.40^{a}	160.40^{a}	82.31a
سینا Sina	384.73^{b}	171.67^{a}	117.64^{a}
محلی اصفهان Local Esfahan	419.16^{ab}	169.26^{a}	92.22^{a}
صفه Sofeh	292.2^{c}	157.51^{a}	108.04^{a}
میانگین mean	399.37^{a}	164.71^{b}	100.05^{c}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

In each column, means that have at least one common letter are not significantly different at the 5% level.

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و حداکثر شاخص‌های رشد در گلرنگ

Table 11- Correlation coefficients between grain yield and maximum values of growth indices in safflower.

	RGR	NAR	LAR	LAD	YLD
RGR	1				
NAR	0.782**	1			
LAR	- 0.552^{ns}	−0.494^{ns}	1		
LAD	−0.612*	−0.685*	0.673*	1	
YLD	- 0.465^{ns}	−0.635*	0.508^{ns}	0.879**	1

** و*: به‌ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطوح احتمال یک و پنج‌درصد می‌باشد؛ ns: معنی‌دار نمی‌باشد.

** and *, show significant levels 1 and 5%, respectively; ns shows non-significant.

References

1. Agha-Alikhani, M., and Safari, M. 2013. The effect of planting date on the changes of physiological growth indices of three varieties of sorghum. Journal of Plant Production Research 36:63-78. (In Persian with English Abstract).

2. Ali-Zade, A., Saki T., and Rafii, M. 2010. Calculation of morpho-physiological growth indices and yield components of chick pea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in different planting density. Plant Production Science 2:45-55. (In Persian with English Abstract).
3. Arvin, P., Azizi, M., and Soltani, A. 2009. Comparison of yield and physiological indices of spring cultivars of oilseed rape species. Seed and Plant Improvement Journal 25:401-417. (In Persian).
4. Barzali, M., Tahmasb,i Z., Ghalavand, A., and Tavakol-Afshari, R. 2004. Evaluation the morphological and physiological characteriestics associated with early vigour in four cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 6:80-98. (In Persian with English Abstract)
5. Damavandi A., and Latifi N. 2009. Evaluation the effects of planting date on some growth indices and grain yield of two oil sunflower cultivars in Damghan province. Biology Journal, 4:1-11. (In Persian with English Abstract)
6. Dehdashti, S.M., and Majd-Nasiri, B. 2008. Evaluation the effects of sowing date on physiological indices of rape seed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 4:152-163. (In Persian).
7. Ebrahim-Pour, F., Ayine-Band A., Mesgarbashi M., and Choab A. 2010. Evaluation the changes in growth indices of wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to planting density and sowing date of oat (*Avena sativa* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 3:91-108. (In Persian).
8. Fathi, G., Siadat, S.A., and Hemaiaty, S.S. 2003. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. Acta Agronomica Hungarica 51:249-255.
9. Ghadirian, R., Soltani, A., Zeinali, A., Kalate-Arabi, M., and Bakhshande, E. 2011. Evaluating non-linear regression models for use in growth analysis of wheat. Journal of Crop Production, 4:55-77. (In Persian with English Abstract)
10. Javadi, H., Rashed-Mohassel, M.H. Zamani, A., Azari Nasrabad, A., and Moosavi, Gh. 2006. Effect of plant density on growth indices of four grain sorghum cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 4:1-16. (In Persian with English Abstract)
11. Javaheri, M.A., Zinaldini, A., and Najafi, H. 2004. Effect of planting date on growth indices of sugar beet in Orzoieh Region (autumn sowing). Pajouhesh & Sazandegi 62:58-63. (In Persian with English Abstract)
12. Kashef, M. 1996. Evaluation the growth indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in different planting density. Msc thesis, Isfahan University of Technology.
13. Khatib, F. 2014. Effect of sowing date on growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in Rafsanjan. Msc thesis, Vali-E-Asr University of Rafsanjan.
14. Khayat, M., Lak, Sh., Gohari, M., and Motii, M.M. 2009. Evaluation of the effects of sowing date on growth and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Crop Physiology Journal 1:6-16. (In Persian).
15. Lopez, F.J., Lopez, R.J., Khalil, S.K., and Lopez, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed mediterranian conditions. Agronomy Journal 100:957-964.
16. Mirshekari, B. 2011. The investigation of weed management strategies in citrus orchards. Journal of Weed Ecology 1:145-158. (In Persian with English Abstract).
17. Mirzai, Z., Berari, M., Rezai Zad, A., and Ashraf Mehrabi, A. 2012. . Effect of sowing date on growth indices of sunflower (*Helianthus annus* L.) cultivars in Kermanshah. Crop Physiology Journal, 4:5-20. (in Persian)
18. Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., and Shirani-Rad, A.H. 2007. Growth analysis of spring safflower cultivars in Arak. Iranian Journal of Crop Sciences, 4:111-122. (In Persian)
19. Mohammadi, A., Asghari, H., and Gholami, A. 2013. The effect of mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus fertilizer on growth indices of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Agroecology Journal, 5:263-271. (In Persian).
20. Sadrabadi-Haghighi, R., Amir Moradi, Sh., and Mirshahi, A. 2011. Investigation the growth indices of sugar beet in Chenaran. Iranian Journal of Field Crops Research, 9:505-513. (In Persian).
21. Shirani-Rad, A.H. 2005. Crop Physiology. Dibagaran, Tehran.
22. Soghani, M., Vaezi, Sh., and Sabaghpour, S.H. 2010. Evaluation of morpho-physiological characteristics, grain yield and its components in common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 12:436-451. (In Persian with English Abstract).
23. Tahmasb, H., Siadat, A., Mameghani, R., and Rafii, M. 2003. Investigation the morphological and physiological characteristics affecting on yield and yield components of different wheat genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 5:23-36. (In Persian).
24. Tayo, T.O., and Morgan, D.G. 1975. Quantitative analysis of the growth, development and distribution of flowers and pods in oil-seed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science 85:103-110.
25. Tesar, M.B. 1984. Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy, New York.
26. Zahedi, M., Mameghani, R., Mesgarbashi, M., Kashani, A., and Montaseri, A. 2008. . Evaluation the effects of planting date and irrigation regime on physiological indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. New Findings in Agriculture 2:239-252. (In Persian).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 4, Winter. 2017, p. 631-645

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۶۴۵-۶۳۱

Assessing Some of Growth Indices in Safflower Using Regression Analysis

F. Khatib[1*]- B. Torabi[2]- A. Rahimi[3]

Received: 12-05-2014
Accepted: 08-03-2015

Introduction

The study of growth parameters such as net assimilation rate (NAR), leaf area ratio (LAR), relative growth rate (RGR) and leaf area duration (LAD) are important for analyzing yield constraints. The growth parameters can be used to understand the crop response to environmental variables during the growing season. The aims of the present study were to 1) consider the growth indices using regression method and 2) identify relationships between growth parameters and grain yield in different safflower cultivars and sowing dates.

Materials and Methods

A factorial experiment based on randomized complete block design with four replicates was conducted in 2012 in Research Farm of Vali-e-Asr University of Rafsanjan. The factors were included sowing dates (4 April, 25 April and 16 May) and safflower cultivars (411, Sina, Local Esfahan and Sofeh). Leaf area, leaf dry weight and stem dry weight were measured in 7–14 days intervals during the growth season. Grain yield was determined at the end of the growing season. The trend of variation for NAR, LAR, RGR and LAD during the season growth was determined by the nonlinear regression method using SAS software. Finally, the correlation between grain yield and growth parameters was identified by the PROC CORR procedure.

Results and Discussion

In all sowing dates, NAR increased to 43-53 days after sowing and then it showed a declining trend. Results showed that there was no significant difference among cultivars in terms of the time to maximum NAR among all sowing dates and among cultivars. As the growing season progressed, gradual increases in leaf area improved which resulted in increasing solar radiation interception and NAR. The NAR declining trend related to increasing leaves shading. In the first and third sowing dates, there was no significant difference in time to achieve maximum LAI among cultivars.

The maximum LAR was obtained in early growth season and its value decreased with slope of 0.033 to 0.051 $cm^2\ g^{-1}\ d^{-1}$ among the cultivars and sowing dates. The rate of decreasing in LAR during growing season was the same among all sowing dates and cultivars. In the early growing season, the value of LAR in the first and second sowing dates was higher than third sowing date. It was probably due to high temperature effect on crop growth duration. As the growing season progressed, LAR started to decrease due to decrease in partitioning of dry matter to leaves. In the early growing season, the allocated dry matter to leaves were great which is resulted the higher ratio of leaf dry matter to total dry matter (LAR). The high LAR in early growing season is due to more interception of solar radiation by crop.

The trend of RGR during growing season was the same among all sowing dates and cultivars. The estimated maximum RGR varied between 0.149 to 0.169 $g\ g^{-1}\ d^{-1}$ for the first sowing date, 0.087 to 0.211 $g\ g^{-1}\ d^{-1}$ for the second sowing date and 0.192 to 0.251 $g\ g^{-1}\ d^{-1}$ for the third sowing date. For each sowing date, the estimated maximum RGR had no significant difference among cultivars except for the second dates. However, the value of RGR was decreasing with progress towards the end of the growing season. The high RGR in the early growing season was due to the rapid crop growth, the more young tissues in plant and the low initial weight.

The value of LAD had the increasing trend in the early growth season and its value started to decrease between 50 and 62 days after sowing. In the second and third sowing dates, the maximum value of LAD obtained earlier than the third sowing date however, the value of LAD was lower than the first sowing date. It is probably due to decreasing the leaf area index and increasing the senesce rate in higher temperature in the last

1- MSc Student, Department of Agronomy, Agricultural College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
2- Assistant Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Associate Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Agricultural College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan
(*- Corresponding Author Email: fatemekhatib86@yahoo.com)

sowing date.

It is resulted that the highest grain yield obtained for the 411 and Local Esfahan cultivars in the first sowing date and the significant and positive correlation between grain yield and LAD ($r = 0.88$, $Pr \leq 0.01$) observed whereas the value of grain yield increased 12.2 g m^{-2} per unit increase of LAD. Increasing the LAD increase solar radiation interception by crops and consequently the grain yield would increase.

Generally, it is concluded that the first sowing date with the highest LAD resulted the highest yield.

Keywords: Leaf area duration, Leaf area ratio, Net assimilation rate, Relative growth rate