نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۲ ، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۳۲۷-۳۱۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 2, Summer. 2015, p. 316-327

بررسی اثر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد دانه ارقام گلرنگ در شرایط آب و هوایی رفسنجان

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۰۴

چکیده

مهم‌ترین اصول زراعت گیاهان، استفاده از ارقام و تاریخ‌کاشت مناسب جهت استفاده بهینه از منابع آب و تشعشع است، لذا هدف از مطالعه حاضر بررسی شاخص‌های رشد و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ‌کاشت‌های متفاوت بود. بدین منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۱ انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل تاریخ‌کاشت (۱۶ فروردین، ۶ و ۲۷ اردیبهشت) و ارقام گلرنگ (۴۱۱، سینا، محلی اصفهان و صفه) بودند. حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ‌کاشت اول ۲/۳۳ بود که با تاریخ‌کاشت دوم اختلاف معنی‌داری نداشت اما این شاخص در تاریخ‌کاشت سوم حدود ۷۰ درصد کاهش یافت. در تاریخ‌کاشت اول بیشترین شاخص سطح برگ به ارقام محلی اصفهان و ۴۱۱ اختصاص داشت. حداکثر ماده خشک کل در تاریخ‌کاشت اول ۱۱۲۴/۲ گرم در مترمربع بود که این شاخص در تاریخ‌کاشت دوم و سوم به‌ترتیب حدود ۳۱ و ۷۸ درصد کاهش یافت. در این تاریخ‌کاشت ارقام سینا و محلی اصفهان بیشترین ماده خشک کل را تولید کردند. حداکثر سرعت رشد محصول در تاریخ‌کاشت اول ۳۸/۸۴ گرم در مترمربع در روز بود که این شاخص در تاریخ‌کاشت دوم و سوم به‌ترتیب حدود ۴۱ و ۶۶ درصد کاهش یافت. در این تاریخ‌کاشت رقم محلی اصفهان حداکثر سرعت رشد محصول بیشتری را دارا بود. نتایج نشان داد بالاترین مقدار عملکرد دانه در ارقام ۴۱۱ و محلی اصفهان در تاریخ کاشت اول به‌دست آمد که با حداکثر وزن خشک کل، بیشترین همبستگی را نشان داد. با توجه نتایج حاضر، کشت ارقام ۴۱۱ و محلی اصفهان در تاریخ‌کاشت اول توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاریخ‌کاشت، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، گلرنگ

مقدمه

با توجه به روند رو به افزایش مصرف روغن‌های نباتی و هزینه زیاد تأمین روغن مورد نیاز کشور از طریق واردات، توسعه کشت گیاهان دانه روغنی سازگار به شرایط اقلیمی کشور و همچنین گسترش برنامه‌های تحقیقاتی در این زمینه حائز اهمیت است. گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی می‌باشد و به‌عنوان یک دانه روغنی بومی ایران می‌تواند در توسعه کشت دانه‌های روغنی از آینده نوید بخشی برخوردار باشد (۲۴). عملکرد دانه نتیجه فعالیت یک جامعه گیاهی در طی فصل رشد، استفاده از تشعشع و سایر عوامل محیطی برای فتوسنتز و تسهیم مواد پرورده است. افزایش سریع سطح برگ و حصول حداکثر LAI در آغاز حیات گیاه می‌تواند منجر به افزایش دریافت تشعشع، فتوسنتز و نهایتاً افزایش عملکرد گردد (۲۹). مواد فتوسنتزی ذخیره شده در دانه‌ها حاصل فتوسنتز اندام‌های فتوسنتزکننده گیاه است، بنابراین باید در طول تشکیل دانه نیز، میزان و دوام شاخص سطح برگ بالا باشد (۲۰). به علت نقش شاخص سطح برگ در میزان جذب نور، فتوسنتز و تعرق، تمامی خصوصیات رشد گیاه تحت تأثیر LAI قرار می‌گیرد (۲۳ و ۲۵).

تولید و تجمع ماده خشک در قسمت‌های هوایی گیاه نیز ارتباط نزدیکی با عملکرد دارد. بنابراین در بررسی‌های مختلف، در نظر داشتن عوامل مؤثر بر تولید و تجمع ماده خشک و ارتباط بین آن‌ها کاملاً ضروری است. به این ترتیب تشخیص اجزای رشد در جامعه گیاهی و تأثیر عوامل محیطی و شرایط تولید بر آن‌ها برای درک بهتر مبانی فیزیولوژیک عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وزن خشک گیاه بستگی به مجموع مقدار تشعشع جذب شده در طول دوره رشد دارد. از طرفی میزان تشعشع جذب شده به‌وسیله گیاه بستگی به شاخص سطح برگ و رشد کانوپی گیاه دارد. در بیشتر گیاهان هنگامی که شاخص سطح برگ به چهار تا پنج می‌رسد، بیش از ۸۰ درصد تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گیاه جذب می‌گردد. ارتباط قوی بین افزایش شاخص سطح برگ با مقدار تشعشع خورشیدی جذب شده و در

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: fatemekhatib86@yahoo.com)
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان

نهایت تولید ماده خشک وجود دارد (۲). سرعت رشد محصول به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند، این شاخص اثر متقابل تنفس و فتوسنتز را نشان می‌دهد (۱۲) و از اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر تولید محصول و عملکرد می‌باشد (۲۶). توسعه کند سطح برگ موجب توسعه ضعیف پوشش گیاهی و جذب کمتر تابش خواهد شد که نهایتاً باعث کاهش سرعت رشد محصول و به دنبال آن کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (۲۸).

تجزیه و تحلیل عوامل تأثیرگذار بر تولید ماده خشک و سطح برگ و به تبع آن بر سرعت رشد محصول و عملکرد می‌تواند در توضیح بهتر اختلاف بین تیمارهای یک آزمایش مؤثر باشد. تاریخ کاشت از جمله فاکتورهای مؤثر بر مقدار ماده خشک تولیدی می‌باشد. تاریخ کاشت از طریق تغییر در طول روز، دما، میزان فتوسنتز و تنفس بر خصوصیات رشدی و مقدار ماده خشک تولیدی تأثیر می‌گذارد. تعیین زمان مناسب کاشت منجر به جوانه‌زنی زود، سریع، یکنواخت و کامل بذر می‌گردد که این امر به نوبه خود باعث پوشش سریع‌تر خاک، دریافت بیشتر تشعشع خورشیدی، رشد و توسعه بیشتر برگ‌ها و در نهایت افزایش سرعت رشد محصول و تجمع مواد فتوسنتزی بیشتر می‌شود (۱۰).

میرزاخانی و همکاران (۱۸) با مطالعه روی ارقام مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) مشاهده کردند که هرقدر طول دوره رویشی گیاه بیشتر باشد، میزان LAI افزایش می‌یابد و فتوسنتز و عملکرد بیشتری هم حاصل می‌شود. علی نقی زاده و همکاران (۱۶) گزارش کردند که در ارقام مورد بررسی گلرنگ، رقم اصفهان ۱۴ به‌دلیل برتری در CGR و LAI از بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت به سایر ارقام برخوردار بود و می‌توان LAI، CGR و وزن خشک نهایی را به‌عنوان شاخص‌های مؤثر بر عملکرد دانه ارقام گلرنگ معرفی نمود. اکرمی و همکاران (۱) گزارش کردند که با تأخیر در کاشت ارقام گلرنگ بهاره، شاخص سطح برگ، ماده خشک تولیدی و سرعت رشد محصول کاهش یافته و باعث کاهش عملکرد شد. بالاترین سرعت رشد محصول در ۶۲ و ۶۹ روز پس از کاشت و به هنگام شروع کاهش LAI به‌دست آمد.

هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییرات شاخص سطح برگ، تولید ماده خشک و سرعت رشد محصول ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های متفاوت و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه می‌باشد. همچنین در این مطالعه سعی به معرفی روشی جدید و مناسب برای بررسی تغییرات این صفات در طی فصل رشد شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر رفسنجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. هر کرت شامل پنج ردیف به طول ۴ متر و به فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود و فاصله بین بلوک‌ها نیز یک متر لحاظ شد. تراکم بوته ۴۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. عامل‌های آزمایش شامل تاریخ کاشت (۱۶ فروردین، ۶ اردیبهشت و ۲۷ اردیبهشت) 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 دو تا چهار برگی گیاهچه‌ها براساس تراکم مورد نظر تنک گردیدند. مصرف کود شیمیایی براساس آزمون خاک و عملیات مبارزه با علف‌های هرز در هر کرت توسط دست انجام شد. نمونه‌برداری از مرحله روزت هر دو هفته یکبار و از اواسط دوره رشد به بعد هر هفت روز یکبار به‌صورت برداشت ۱۰-۵ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه انجام گرفت. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، برگ‌ها از بوته‌ها جدا شده و سطح برگ‌ها توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Delta T اندازه‌گیری شدند. وزن خشک برگ، ساقه، طبق و دانه پس از قرار دادن در آون به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری مشاهدات روند تغییرات شاخص سطح برگ، ماده خشک و سرعت رشد محصول در ارقام مختلف برای هر تاریخ کاشت مورد بررسی قرار گرفت.

به‌منظور بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی زمان (روز) از مدل بتا استفاده شد:

$$LAI = l_{\max}\left[\left(\frac{t_e - t}{t_e - t_m}\right)\left(\frac{t - t_b}{t_m - t_b}\right)^{\frac{t_m - t_b}{t_e - t_m}}\right]^{\delta} \quad (۱)$$

که در آن $l_{\max}$ حداکثر شاخص سطح برگ، t روز پس از کاشت، t_b زمان شروع رشد برگ، t_m زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ، t_e زمان پایان رشد برگ که در آن شاخص سطح برگ صفر می‌باشد و δ یک ضریب ثابت در مدل می‌باشد (۲۹).

برای توصیف روند تغییرات وزن خشک کل نسبت به زمان از مدل لجستیک استفاده شد:

$$DM = \frac{w_{\max}}{1 + e^{-k(t - t_m)}} \quad (۲)$$

که در آن $w_{\max}$ حداکثر مقدار تجمع ماده خشک، k ضریب ثابتی است که شکل منحنی را تعیین می‌کند، t روز پس از کاشت و t_m زمانی است که سرعت رشد محصول به حداکثر مقدار خود می‌رسد (در این زمان مقدار ماده خشک به نصف مقدار حداکثر خود رسیده است و نشان‌دهنده آغاز فاز خطی رشد می‌باشد) (۲۹).

سرعت رشد محصول در طی فصل رشد با مشتق‌گیری از مدل وزن خشک به‌دست آمد:

$$CGR = \frac{w_{\max} k e^{-k(t-t_m)}}{(1+e^{-k(t-t_m)})^2} \quad (۳)$$

به‌منظور بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی زمان (روز) از مدل بتا استفاده شد:

$$CGR = CGR_{\max}\left[\left(\frac{t-t_b}{t_p-t_b}\right)\left(\frac{t_c-t}{t_c-t_p}\right)^{\frac{t_c-t_p}{t_p-t_b}}\right]^a \quad (۴)$$

که در آن $CGR_{\max}$ حداکثر مقدار سرعت رشد محصول، t روز پس از کاشت، t_b زمان شروع سرعت رشد محصول، t_p زمانی‌که سرعت رشد محصول به حداکثر مقدار خود می‌رسد، t_c زمان پایان سرعت رشد محصول و a یک ضریب ثابت در مدل می‌باشد (۲۹).

برازش مدل‌های فوق با استفاده از رویه PROC NLIN، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های عملکرد دانه با کمک رویه PROC GLM و آزمون LSD و تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی و عملکرد با رویه PROC CORR نرم افزار SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

شکل ۱ روند تغییرات شاخص سطح برگ را در ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف نشان می‌دهد، گلرنگ در اوایل رشد، سطح برگ کمی داشته و در زمان گلدهی به حداکثر شاخص سطح برگ خود می‌رسد و سپس به‌دلیل سایه‌اندازی، پیری و ریزش برگ‌ها شاخص سطح برگ سیر نزولی می‌گیرد. در بررسی‌های مختلف نیز چنین نتایجی گزارش شده است (۵، ۱۰ و ۱۹). با این وجود بررسی دقیق‌تر روند تغییرات شاخص سطح برگ از طریق ضرایب مدل، اختلافاتی را بین ارقام و تاریخ کاشت‌ها نشان می‌دهد.

نتایج نشان داد حداکثر شاخص سطح برگ ($l_{\max}$) بین تاریخ کاشت‌های اول و دوم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱)، ولی در تاریخ کاشت سوم مقدار آن پایین بود. این امر بیانگر آن است که در تاریخ کاشت اول و دوم، شرایط محیطی، اعم از طول روز و درجه حرارت، مناسب بوده و احتمالاً گیاه توانسته است حداکثر شاخص سطح برگ را از طریق افزایش در تعداد برگ و یا سطح تک برگ تولید نماید. میرزاخانی و همکاران (۱۸) نیز مشاهده کردند با تأخیر در کاشت گلرنگ بهاره از ۵ اردیبهشت به ۲۰ اردیبهشت و ۴ خرداد، شاخص سطح برگ از ۶/۵ به ۴/۵ و ۴ کاهش یافت. رفیعی و اصغری پور (۱۳) نیز گزارش کردند با تأخیر در کاشت ذرت دانه‌ای از تعداد برگ در گیاه و شاخص سطح برگ کاسته می‌شود. در تاریخ کاشت اول رقم محلی اصفهان بیشترین شاخص سطح برگ ($l_{\max}$=۲/۸۹) را نسبت به ارقام سینا و صفه در همان تاریخ کاشت دارا بود ولی با رقم ۴۱۱ از این لحاظ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم از لحاظ حداکثر شاخص سطح برگ بین ارقام تفاوت معنی‌داری دیده نشد.

زمان شروع رشد برگ (t_b) بین ارقام مورد مطالعه در تاریخ کاشت اول تفاوت معنی‌داری نداشت. در تاریخ کاشت دوم و سوم به‌دلیل عدم برازش مدل بر داده‌ها، t_b به‌طور ثابت و به‌ترتیب ۲۰ و ۲۵ روز در نظر گرفته شد (جدول ۲). در بین مقادیر اولیه مختلفی که به‌صورت ثابت وارد مدل شدند، این مقادیر بهترین برازش را برای مدل نشان دادند.

ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول دیرتر از تاریخ کاشت دوم و سوم به حداکثر شاخص سطح برگ رسیدند (جدول ۱). با تأخیر در کاشت به‌دلیل تأثیر دمای بالا، شاخص سطح برگ به سرعت به بالاترین مقدار خود می‌رسد و بلافاصله کاهش می‌یابد (۱۹). احتمالاً به‌دلیل برخورد تاریخ کاشت دوم و سوم با دماهای بالا زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ تسریع شده و باعث شده شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت دوم و سوم تا حدودی زودتر از تاریخ کاشت اول به حداکثر مقدار خود برسد. بین ارقام هر تاریخ کاشت از لحاظ زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ (t_m) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

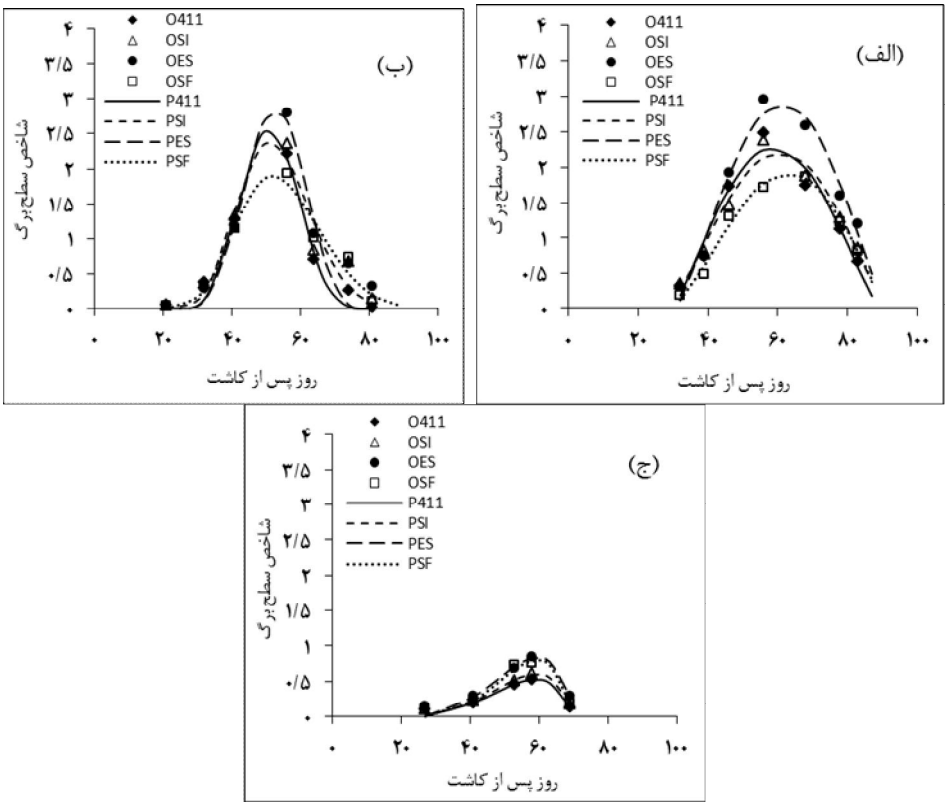
بین هر سه تاریخ کاشت از لحاظ زمان پایان رشد برگ (t_e) تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۱). همچنین بین ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول و سوم نیز از لحاظ زمان پایان رشد برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در تاریخ کاشت دوم زمان پایان رشد برگ (t_e)، در رقم صفه و سینا تفاوت معنی‌داری نداشت، اما ارقام ۴۱۱ و محلی اصفهان به‌طور معنی‌داری زودتر از رقم صفه به پایان رشد برگ رسیدند (جدول ۲).

مدت زمان بین دستیابی به حداکثر شاخص سطح برگ تا پایان رشد برگ (t_m تا t_e) و نیز حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت سوم کمتر بود که این امر حاکی از تأثیر عوامل محیطی، خصوصاً بالا بودن دمای محیط در تاریخ کاشت سوم نسبت به تاریخ کاشت اول و دوم است که گیاه را وادار نموده است تا فاز زایشی خود را سریع‌تر تکمیل کند، به‌طوری‌که از مجموع طول دوره رشد و نمو گیاه، کاسته شده و گیاه در تاریخ کاشت سوم نسبت به تاریخ کاشت اول و دوم، زودرس‌تر شده است. در نتیجه با توجه به تأثیر مستقیم سطح برگ بر قابلیت تولید مواد فتوسنتزی، قطعاً کاهش شاخص سطح برگ موجب محدودیت در توان تولیدی منبع و در نهایت عملکرد گیاه خواهد شد. خیاط و همکاران (۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

وزن خشک کل

تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است. ماده

خشک تولیدی یا صرف رشد گیاه می‌شود و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. بنابراین افزایش وزن در اثر تولیدات فتوسنتزی، رشد نامیده می‌شود (۱۷). روند تغییرات تجمع ماده خشک در تمامی ارقام در تاریخ کاشت‌های مختلف مشابه بود (شکل ۲)، به‌طوری‌که گیاه به‌دلیل داشتن مرحله روزت، در مراحل اولیه، رشد کندی داشته و افزایش وزن خشک در این دوره نسبت به زمان، ناچیز است. در این دوره فعالیت گیاه منحصر به تولید برگ و افزایش وزن خشک در برگ‌ها بوده است. پس از مرحله روزت، گیاه وارد مرحله رشد خطی می‌شود، در این مرحله گیاه دارای رشد سریع می‌باشد و وزن خشک کل گیاه به سرعت افزایش می‌یابد. این امر ناشی از افزایش تجمع ماده خشک در برگ‌ها و ورود گیاه به مرحله ساقه‌روی و افزایش سریع وزن خشک ساقه‌ها است. مرحله سوم رشد، پس از رشد خطی آغاز می‌شود، در این مرحله به‌دلیل پیری و کاهش سطح برگ، روند تجمع ماده خشک کند می‌گردد. نتایج نشان داد بین تاریخ کاشت‌ها از نظر حداکثر تجمع ماده خشک اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۳). به‌طوری‌که تاریخ کاشت اول بیشترین و تاریخ کاشت سوم کمترین تجمع ماده خشک را دارا بود. افزایش تجمع ماده خشک درتاریخ کاشت اول را می‌توان به‌دلیل دما و طول روز مطلوب طی فصل رشد گیاه دانست.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج). O: مشاهده شده P: پیش‌بینی شده

جدول ۱- تخمین ضرایب مدل بتا شامل حداکثر شاخص سطح برگ (l_{max})، زمان شروع رشد برگ (t_b)، زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ (t_m)، زمان پایان رشد برگ (t_e) و ضریب ثابت (δ) در تاریخ کاشت‌های مختلف (پارامترهای داخل پرانتز ثابت در نظر گرفته شده‌اند)

تاریخ کاشت	l_{max}±SE	t_b±SE	t_m±SE	t_e±SE	δ±SE
۹۱/۱/۱۶	۲/۳۳±۰/۱۱۶	۲۷/۶۷±۴/۰۹۰	۶۰/۴۸±۱/۳۰۸	۹۶/۱۱±۲/۹۹۰	(۲)
۹۱/۲/۶	۲/۲۰±۰/۳۰۱	(۲۰)	۵۲/۲۶±۱/۵۸	۸۵/۱۷±۵/۸۸۰	(۴)
۹۱/۲/۲۷	۰/۶۶±۰/۰۷۰	(۲۵)	۵۵/۴۴±۱/۷۶	۸۲/۵۵±۴/۶۲۱	(۴)

جدول ۲- تخمین ضرایب مدل بتا شامل حداکثر شاخص سطح برگ (l_{max})، زمان شروع رشد برگ (t_b)، زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ (t_m)، زمان پایان رشد برگ (t_e) و ضریب ثابت (δ) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف (پارامترهای داخل پرانتز ثابت در نظر گرفته شده‌اند)

تاریخ کاشت	رقم	l_{max}±SE	t_b±SE	t_m±SE	t_e±SE	δ±SE
۹۱/۱/۱۶	۴۱۱	۲/۲۷±۰/۱۹۱	۲۹/۳۰±۴/۵۴۱	۵۸/۸۸±۲/۲۱	۹۰/۱۶±۳/۳۱۶	(۱/۵)
۹۱/۱/۱۶	سینا	۲/۲۰±۰/۱۴۷	۲۷/۰۴±۵/۴۴۰	۶۰/۸۰±۱/۸۸	۹۲/۲۹±۳/۱۸۷	(۱/۵)
۹۱/۱/۱۶	محلی اصفهان	۲/۸۹±۰/۱۸۰	۲۹/۸۵±۴/۰۱۸	۶۱/۴۷±۱/۶۲	۹۲/۱۵±۲/۸۶۰	(۱/۵)
۹۱/۱/۱۶	صفه	۱/۹۱±۰/۰۹۱	۲۷/۶۰±۴/۲۰۰	۶۳/۰۰±۱/۲۴	۹۲/۷۸±۲/۲۷۰	(۱/۵)
۹۱/۲/۶	۴۱۱	۲/۵۶±۰/۲۵۵	(۲۰)	۵۰/۷۶±۰/۶۹	۸۴/۹۹±۴/۰۴۱	(۷)
۹۱/۲/۶	سینا	۲/۳۷±۰/۳۴۲	(۲۰)	۵۱/۰۰±۱/۳۹	۱۱۶/۸۰±۱۳/۵۵۰	(۱۲)
۹۱/۲/۶	محلی اصفهان	۲/۸۷±۰/۴۳۰	(۲۰)	۵۲/۷۱±۱/۳۷	۸۲/۷۹±۵/۵۷۰	(۵/۵)
۹۱/۲/۶	صفه	۱/۸۹±۰/۱۸۲	(۲۰)	۵۱/۸۴±۱/۲۱	۱۳۴/۱۰±۱۱/۹۸۰	(۱۲)
۹۱/۲/۲۷	۴۱۱	۰/۵۲±۰/۰۶۲	(۲۵)	۵۸/۹۰±۱/۷۸	۶۹/۶۸±۰/۵۸۸	(۰/۷)
۹۱/۲/۲۷	سینا	۰/۵۹±۰/۰۶۴	(۲۵)	۵۹/۱۵±۱/۵۵	۶۹/۸۶±۰/۵۹۰	(۰/۷)
۹۱/۲/۲۷	محلی اصفهان	۰/۸۲±۰/۱۰۴	(۲۵)	۵۹/۵۷±۱/۷۱	۷۰/۰۷±۰/۷۵۰	(۰/۷)
۹۱/۲/۲۷	صفه	۰/۷۹±۰/۰۸۱	(۲۵)	۵۹/۴۴±۱/۳۵	۶۹/۷۷±۰/۵۰۰	(۰/۸)

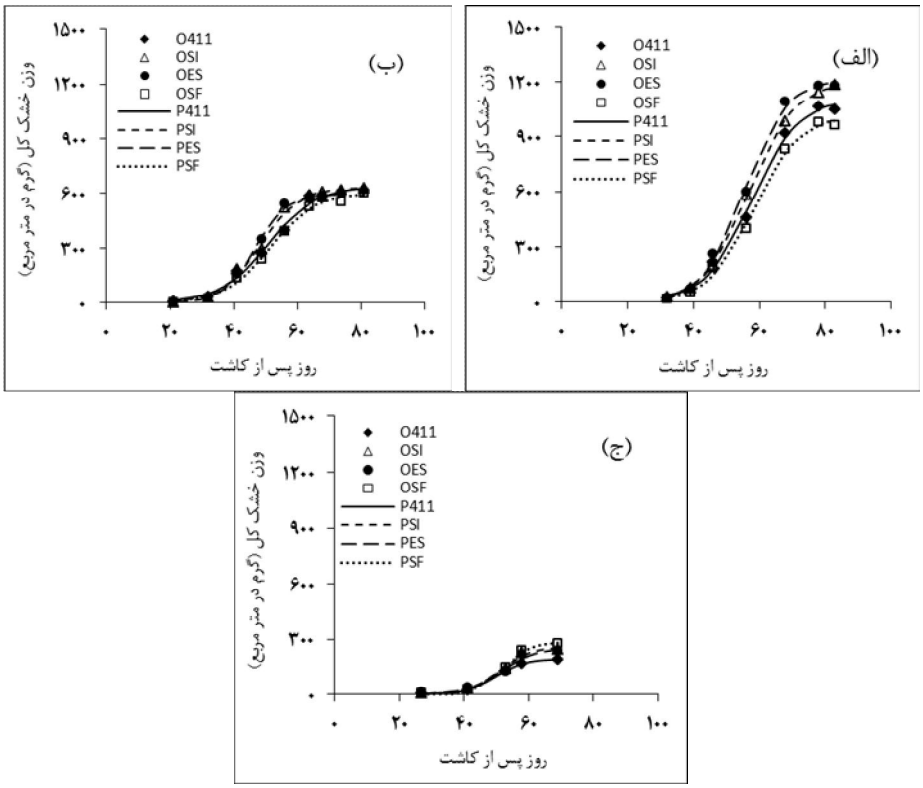
دمای مطلوب طی دوره رشد و نمو گیاه منجر به جوانه‌زنی زود، سریع و یکنواخت بذر می‌شود و در نتیجه باعث سبز شدن مطلوب و رشد اولیه سریع در گیاهان می‌گردد و این امر به نوبه خود باعث دریافت بیشتر تشعشع خورشیدی و رشد و توسعه بیشتر برگ‌ها و در نهایت افزایش سرعت رشد و تجمع مواد فتوسنتزی بیشتر می‌شود (۲۱). تأخیر در کاشت به‌دلیل کاهش طول دوره رشد و مصادف شدن مراحل زایشی با گرمای آخر فصل موجب کاهش تجمع ماده خشک گردید. این نتایج با نتایج خیاط و همکاران (۹) مطابقت داشت. تئورر (۲۷) نیز بیان داشت که تأخیر در کاشت موجب می‌شود گیاه نتواند از پتانسیل محیطی به خوبی استفاده کند و این امر موجب می‌شود تولید ماده خشک کمتری از گیاه حاصل شود.

همانطور که قبلاً بیان گردید تاریخ کاشت سوم کمترین شاخص سطح برگ را نیز نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها تولید کرد، که سبب کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش ماده خشک تجمع‌یافته در این تاریخ کاشت گردید. همچنین به‌دلیل این‌که با تأخیر در کاشت، گیاه با پتانسیل برگ ضعیف وارد دوره زایشی می‌شود لذا کاهش مقدار اسیمیلات تولیدی، تشکیل طبق را محدود کرده و گیاه با کاهش توان تولیدی منبع و کاهش ظرفیت پذیرش مخزن و در نتیجه کاهش عملکرد روبه‌رو می‌شود (۸ و ۱۵).

گیاهان کشت شده در تاریخ کاشت اول، به‌طور معنی‌داری دیرتر از تاریخ کاشت سوم به نصف حداکثر تجمع ماده خشک رسیدند و بین تاریخ کاشت دوم با دو تاریخ کاشت دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳)، بنابراین گیاهان کشت شده در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت سوم فرصت بیشتری برای استفاده از عوامل محیطی و افزایش در تجمع وزن خشک داشتند.

در تاریخ کاشت اول حداکثر ماده خشک تجمعی (w_{max}) در ارقام ۴۱۱ و صفه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما ارقام سینا و محلی اصفهان به‌ترتیب ۱۸ و ۱۹ درصد ماده خشک بیشتری نسبت به رقم صفه دارا بودند (جدول ۴). در این تاریخ کاشت، بین ارقام از لحاظ زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

حداکثر ماده خشک تجمعی در بین ارقام کشت شده در تاریخ کاشت دوم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. مقدار t_m برای رقم محلی اصفهان پس از گذشت ۴۶/۷۰ روز از کاشت تخمین زده شد و با مقدار آن در رقم سینا اختلاف معنی‌داری نشان نداد، در حالی‌که نسبت به ارقام ۴۱۱ و صفه اختلاف معنی‌داری داشت و یا به عبارت دیگر نسبت به این دو رقم سریع‌تر به نصف حداکثر تجمع ماده خشک خود رسید (جدول ۴). رقم سینا از لحاظ t_m با دیگر ارقام در تاریخ کاشت دوم اختلاف معنی‌داری نداشت. در تاریخ کاشت سوم ارقام صفه و سینا به‌ترتیب ۴۷ و ۳۳ درصد ماده خشک بیشتری نسبت به رقم ۴۱۱ دارا بودند. رقم محلی اصفهان با داشتن ۲۵۴/۲ گرم در متر مربع حداکثر ماده خشک تجمعی هرچند به ارقام صفه و سینا نزدیک‌تر بود ولی با رقم ۴۱۱ نیز اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). احتمالاً بالا بودن مقدار تجمع وزن خشک یک رقم نسبت به سایر ارقام به این دلیل است که اختلاف مقدار کل فتوسنتز جاری گیاه از مقدار کل تنفس گیاه نسبت به سایر ارقام مورد بررسی از نسبت بالاتری برخوردار بوده و در نتیجه، مازاد این اختلاف باعث بیشتر شدن افزایش وزن خشک یک رقم نسبت به سایر ارقام شده است (۱۸). در تاریخ کاشت سوم، از لحاظ زمان تا رسیدن به نصف حداکثر تجمع ماده خشک تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (جدول ۴).



شکل ۲- روند تغییرات وزن خشک کل در ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج). O: مشاهده شده P: پیش‌بینی شده

جدول ۳- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل حداکثر ماده خشک (w_{max})، زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک (t_m) و ضریب ثابت (k) در تاریخ کاشت‌های مختلف

تاریخ کاشت	w_{max}± SE	t_m± SE	k ± SE
۹۱/۱/۱۶	۱۱۲۴/۲±۲۰/۵۰	۵۶/۷۷±۰/۵۶۰	۰/۱۵±۰/۰۰۹
۹۱/۲/۶	۷۶۸/۹±۷۵/۰۸	۵۴/۷۲±۳/۳۸۰	۰/۰۹±۰/۰۲۳
۹۱/۲/۲۷	۲۴۹/۵±۱۷/۲۵	۵۱/۳۵±۱/۲۵۸	۰/۲۰±۰/۰۴۶

جدول ٤- تخمین ضرایب مدل لجستیک شامل حداکثر ماده خشک (w_{max})، زمان رسیدن به نصف حداکثر ماده خشک (t_m) و ضریب ثابت (k) برای ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف

تاریخ کاشت	رقم	w_{max}± SE	t_m± SE	k ± SE
۹۱/۱/۱۶	۴۱۱	۱۱۰۷/۸±۳۴/۱۴	۵۷/۶۳±۰/۹۴۸	۰/۱۴±۰/۰۱۴
۹۱/۱/۱۶	سینا	۱۱۹۷/۶±۱۵/۲۵	۵۶/۷۸±۰/۳۹۶	۰/۱۴±۰/۰۰۶
۹۱/۱/۱۶	محلی اصفهان	۱۲۱۳/۶±۲۶/۸۷	۵۵/۵۰±۰/۶۹۰	۰/۱۵±۰/۰۱۳
۹۱/۱/۱۶	صفه	۱۰۱۷/۰±۳۱/۸۷	۵۸/۲۸±۰/۹۴۶	۰/۱۴±۰/۰۱۴
۹۱/۲/۶	۴۱۱	۶۴۱/۳±۲۵/۸۷	۵۰/۸۰±۱/۲۰۹	۰/۱۳±۰/۰۱۷
۹۱/۱/۱۶	سینا	۶۳۳/۸±۱۷/۵۱	۴۸/۲۹±۰/۸۴۹	۰/۱۶±۰/۰۲۰
۹۱/۱/۱۶	محلی اصفهان	۵۹۶/۹±۱۱/۴۰	۴۶/۷۰±۰/۵۱۱	۰/۲۰±۰/۰۱۸
۹۱/۱/۱۶	صفه	۶۰۴/۶±۱۸/۲۰	۵۱/۴۱±۰/۸۷۴	۰/۱۴±۰/۰۱۴
۹۱/۲/۲۷	۴۱۱	۱۹۴/۸±۵/۰۸	۴۹/۷۴±۰/۵۳۸	۰/۲۲±۰/۰۱۹
۹۱/۲/۲۷	سینا	۲۶۰/۳±۲۲/۹۲	۵۱/۱۶±۰/۶۲۲	۰/۲۱±۰/۶۱۲
۹۱/۲/۲۷	محلی اصفهان	۲۵۴/۲±۳۲/۵۰	۵۱/۴۸±۲/۳۷۴	۰/۱۸±۰/۰۶۹
۹۱/۲/۲۷	صفه	۲۸۶/۵±۱۵/۸۴	۵۲/۳۵±۰/۸۷۲	۰/۲۴±۰/۰۵۴

سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول شاخصی از قابلیت تولید گیاه است و استفاده از این شاخص برای تعیین عملکرد بین ارقام مختلف حائز اهمیت می‌باشد (۹). روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام مورد مطالعه در هر سه تاریخ کاشت نسبتاً مشابه بود (شکل ۳). به‌طوری‌که در ابتدای فصل، سرعت رشد کند بوده و پس از آن با افزایش سطح برگ در کانوپی گیاهی بر سرعت آن افزوده شد. در نقطه‌ای که سرعت رشد محصول حداکثر می‌شود، تقریباً مصادف با زمانی است که گیاه به حداکثر شاخص سطح برگ خود نیز رسیده است (شکل ۱). زاهدی و همکاران (۱۴) نیز حداکثر مقادیر به‌دست آمده برای CGR در گلرنگ را در مرحله گلدهی گزارش کرده‌اند. پس از این مرحله به‌دلیل پیری و سایه‌اندازی برگ‌ها در گیاه مقدار سرعت رشد محصول ثابت شده و به تدریج کاهش یافت. کاهش سرعت رشد محصول زمانی اتفاق می‌افتد که گیاه به جای تولید مواد جدید، بیشتر به انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های مختلف به دانه می‌پردازد، همچنین با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، برگ‌ها ریزش پیدا کرده و سطح فتوسنتزکننده کاهش می‌یابد. دوره افزایش و کاهش این منحنی با دوره رشدی برگ‌های گیاه مطابق است چرا که حجم اصلی فتوسنتز و تولید اسیمیلات توسط برگ‌ها انجام می‌شود. با افزایش سطح برگ بیش از حد مطلوب میزان جذب خالص در اثر سایه‌اندازی برگ‌ها بر یکدیگر کاهش یافته و به تبع آن نقصان شاخص سطح برگ باعث نزول منحنی سرعت رشد محصول می‌گردد (۹ و ۱۴).

با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود از لحاظ حداکثر سرعت رشد محصول بین تاریخ کاشت‌های مختلف تفاوت معنی‌دار وجود دارد و با تأخیر در کاشت به‌دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب نور و گرمای زودرس در انتهای فصل از سرعت رشد محصول کاسته می‌شود. به‌طوری‌که بیشترین سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت اول و کمترین سرعت رشد محصول نیز در تاریخ کاشت سوم مشاهده شد. به نظر می‌رسد که شرایط محیطی نامناسب در تاریخ کاشت سوم باعث توسعه کند سطح برگ، توسعه ضعیف پوشش گیاهی، جذب کمتر تابش و کاهش دوره رشد و نمو شده و در نتیجه باعث کاهش تولید ماده خشک گردیده و در نهایت کاهش سرعت رشد را به دنبال داشته است. پورعیسی و همکاران (۴) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. بالاتر بودن مقدار CGR در تاریخ کاشت اول، دلیل عمده افزایش عملکرد ارقام در این تاریخ کاشت است. نتایج فوق با نتایج جواهری و همکاران (۶) و حاج محمدنیا قالی‌باف و همکاران (۷) مطابقت دارد.

در تاریخ کاشت اول، حداکثر سرعت رشد محصول در رقم محلی اصفهان بیشتر از صفه بود و بین سایر ارقام تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). احتمالاً به‌دلیل این که رقم محلی اصفهان نسبت به صفه شاخص سطح برگ بیشتری را دارا بوده (جدول ۲)، این امر سبب افزایش سطح فتوسنتزکننده و افزایش فتوسنتز خالص گردیده و در نتیجه باعث شده وزن خشک کل و حداکثر سرعت رشد محصول در رقم محلی اصفهان بیشتر از رقم صفه باشد (جداول ۴ و ۶). بالا بودن سرعت رشد محصول در رقم محلی اصفهان بیانگر برتری فتوسنتزی و ذخیره‌سازی بیشتر مواد در این رقم می‌باشد. در تاریخ کاشت دوم حداکثر سرعت رشد محصول در ارقام سینا و محلی اصفهان بیشتر از ارقام ۴۱۱ و صفه بود. با توجه به این که ارقام کشت شده در تاریخ کاشت دوم از لحاظ حداکثر سطح برگ و وزن خشک کل تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، احتمالاً به‌دلیل رابطه $CGR = LAI \times NAR$ ارقام سینا و محلی اصفهان دارای سرعت جذب خالص بیشتری نسبت به ۴۱۱ و صفه بوده‌اند، ولی به علت ریزش برگ در انتهای فصل رشد، اختلاف معنی‌داری از لحاظ وزن خشک کل با سایر ارقام نشان نداده‌اند.

در تاریخ کاشت سوم بین تمامی ارقام از لحاظ حداکثر سرعت رشد محصول اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۶). در این تاریخ کاشت، ارقام صفه و سینا بیشترین و ارقام محلی اصفهان و ۴۱۱ کمترین سرعت رشد محصول را دارا بودند. هرچند بین ارقام کشت شده در تاریخ کاشت سوم از لحاظ حداکثر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما با توجه به رابطه $CGR = LAI \times NAR$ می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً برتری در میزان سرعت جذب خالص موجب برتری در میزان تولید حداکثر ماده خشک و حداکثر سرعت رشد محصول در ارقام صفه و سینا گردیده است. برزعلی و همکاران (۳) نیز با مطالعه بر روی ارقام پنبه دریافتند با وجود شاخص سطح برگ مساوی در ارقام اولتان و اکرا برگ قرمز، رقم اکرا برگ قرمز به‌دلیل میزان بالاتر سرعت جذب خالص توانست میزان ماده خشک و سرعت رشد محصول بیشتری را تولید کند.

سرعت رشد محصول در ارقام کشت شده در تاریخ کاشت سوم دیرتر از دو تاریخ کاشت دیگر آغاز شد. با این وجود بین تاریخ کاشت اول با سوم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). از لحاظ زمان شروع سرعت رشد محصول (t_b) بین ارقام در تاریخ کاشت‌های یکسان اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶).

بین تاریخ کاشت‌های مختلف از نظر زمان وقوع حداکثر سرعت رشد محصول (t_p) اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۵). ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول دیرتر از تاریخ کاشت دوم و سوم به حداکثر سرعت رشد محصول رسیدند و بین تاریخ کاشت دوم و سوم از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت اول، دما و طول روز مطلوب طی فصل رشد باعث گسترش سطح برگ، تجمع مواد فتوسنتزی و ماده خشک بیشتر و همچنین طولانی‌تر شدن دوره رشد در این تاریخ کاشت شده و در نتیجه باعث

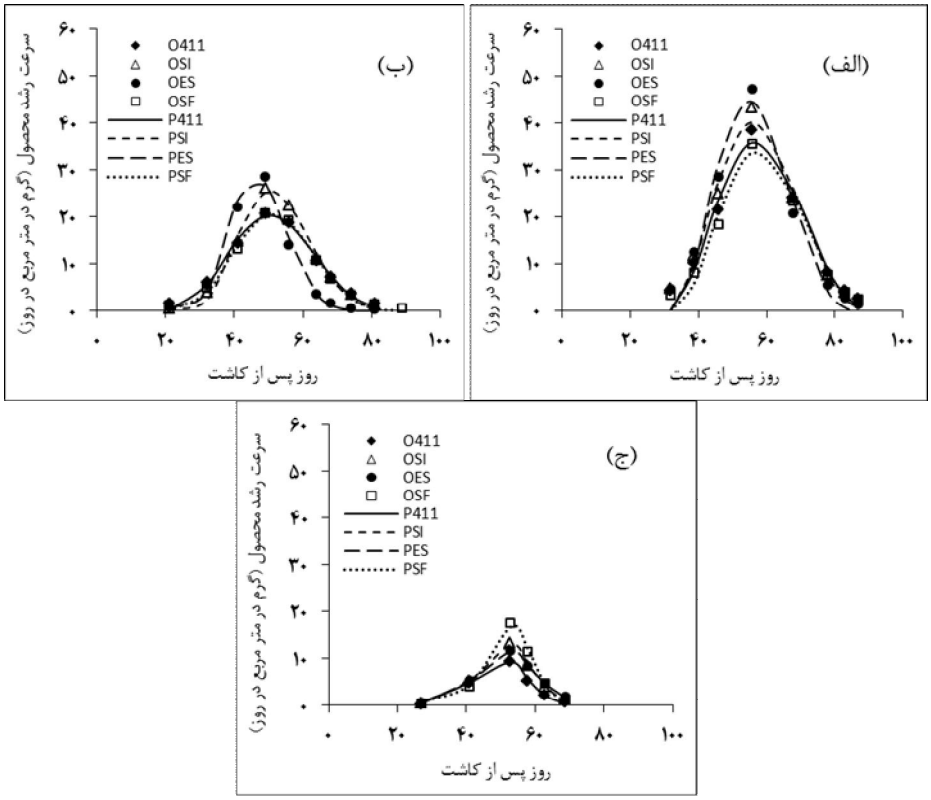
تأخیر در زمان وقوع حداکثر سرعت رشد محصول و حصول حداکثر سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت اول شده است.

از لحاظ زمان وقوع حداکثر سرعت رشد محصول (t_p) بین ارقام در تاریخ کاشت اول اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در تاریخ کاشت دوم مقدار t_p برای رقم محلی اصفهان ۴۶/۰۰ روز بود که زودتر از بقیه ارقام به حداکثر سرعت رشد محصول رسید. در تاریخ کاشت سوم زمان وقوع حداکثر سرعت رشد محصول (t_p) بین ارقام مختلف به هم نزدیک بود (۴۹/۳۱ تا ۵۲/۰۳ روز)، اما از لحاظ آماری در این تاریخ کاشت رقم ۴۱۱ (۴۹/۳۱ روز) زودتر از ارقام محلی اصفهان و صفه به حداکثر سرعت رشد محصول رسید (جدول ۶).

از لحاظ زمان تا پایان سرعت رشد محصول (t_c)، بین تاریخ کاشت‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). ارقام کشت شده در تاریخ کاشت‌های یکسان نیز از لحاظ t_c اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند، به استثنای رقم محلی اصفهان که در تاریخ کاشت سوم نسبت به سایر ارقام در همین تاریخ کاشت دیرتر به پایان سرعت رشد محصول خود رسید (جدول ۶).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم برای صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (Pr=۰/۰۰۴).



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام مختلف در تاریخ کاشت‌های اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج). O: مشاهده شده P: پیش‌بینی شده

جدول ۵- تخمین ضرایب مدل بتا شامل حداکثر سرعت رشد محصول (CGR_{max})، زمان شروع سرعت رشد محصول (t_b)، زمان وقوع حداکثر سرعت رشد محصول (t_p)، زمان پایان سرعت رشد محصول (t_c) و ضریب ثابت (a) در تاریخ کاشت‌های مختلف (پارامترهای داخل پرانتز ثابت در نظر گرفته شده‌اند)

تاریخ کاشت	CGR_{max}±SE	t_b±SE	t_p±SE	t_c±SE	a±SE
۹۱/۱/۱۶	۳۸/۸۴±۱/۳۳	۲۵/۱۳±۱/۹۵	۵۶/۳۶±۰/۶۹	۱۰۰/۸۰±۸/۵۰	(۴)
۹۱/۲/۶	۲۲/۸۷±۱/۰۰	۲۱/۲۲±۲/۷۰	۴۸/۹۲±۰/۸۹	۹۸/۳۲±۱۷/۲۸	(۴)
۹۱/۲/۲۷	۱۳/۰۹±۰/۸۸	۳۰/۶۹±۱/۰۲	۵۰/۷۳±۰/۷۳	۸۱/۱۰±۷/۹۶	(۴)

جدول ٦- تخمین ضرایب مدل بتا شامل حداکثر سرعت رشد محصول (CGR_{max})، زمان شروع سرعت رشد محصول (t_b)، زمان وقوع حداکثر سرعت رشد محصول (t_p)، زمان پایان سرعت رشد محصول (t_c) و ضریب ثابت (a) برای ارقام گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف (پارامترهای داخل پرانتز ثابت در نظر گرفته شده‌اند)

تاریخ کاشت	رقم	CGR_{max}±SE	t_b±SE	t_p±SE	t_c±SE	a±SE
۹۱/۱/۱۶	۴۱۱	۳۵/۹۳±۲/۳۹	۳۰/۱۳±۲/۷۰	۵۶/۸۴±۱/۴۲	۹۵/۴۰±۱۰/۳۳	(۲/۵)
۹۱/۱/۱۶	سینا	۴۰/۱۵±۲/۸۰	۳۰/۳۸±۲/۷۴	۵۵/۹۸±۱/۴۴	۹۴/۲۵±۱۱/۳۲	(۲/۵)
۹۱/۱/۱۶	محلی اصفهان	۴۴/۷۷±۳/۲۵	۳۱/۶۷±۲/۶۲	۵۴/۷۹±۱/۴۳	۸۹/۶۲±۱۲/۲۲	(۲/۵)
۹۱/۱/۱۶	صفه	۳۳/۸۹±۲/۱۷	۳۱/۸۲±۲/۴۱	۵۷/۳۳±۱/۳۳	۹۶/۷۱±۱۰/۷۵	(۲/۵)
۹۱/۲/۶	۴۱۱	۲۰/۲۲±۰/۷۶	۱۶/۴۲±۳/۰۸	۵۰/۲۳±۰/۸۸	۹۵/۹۳±۱۱/۸۵	(۴)
۹۱/۲/۶	سینا	۲۵/۴۰±۰/۹۵	۲۳/۹۰±۲/۱۴	۵۰/۴۴±۰/۷۱	۹۹/۱۶±۱۴/۵۵	(۴)
۹۱/۲/۶	محلی اصفهان	۲۸/۱۶±۱/۱۰	۲۴/۲۰±۱/۰۳	۴۶/۰۰±۰/۴۳	(۸۵)	(۴)
۹۱/۲/۶	صفه	۲۰/۴۲±۰/۷۱	۱۸/۹۴±۲/۶۰	۵۰/۹۱±۰/۷۷	۹۲/۵۳±۹/۵۴	(۴)
۹۱/۲/۲۷	۴۱۱	۱۰/۳۶±۰/۴۳	۳۰/۴۰±۰/۵۵	۴۹/۳۱±۰/۳۴	۸۰/۵۴±۴/۶۷	(۴)
۹۱/۲/۲۷	سینا	۱۳/۵۳±۰/۴۹	۳۰/۶۱±۰/۵۵	۵۰/۵۴±۰/۳۸	۸۲/۵۶±۴/۶۸	(۴)
۹۱/۲/۲۷	محلی اصفهان	۱۱/۹۹±۰/۱۵	۳۰/۵۰±۰/۱۷	۵۰/۴۴±۰/۱۴	۹۹/۱۶±۳/۵۰	(۴)
۹۱/۲/۲۷	صفه	۱۶/۸۷±۱/۰۶	۳۱/۲۱±۱/۱۰	۵۲/۰۳±۰/۸۰	۷۲/۱۷±۴/۳۶	(۴)

در تاریخ کاشت اول بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم ۴۱۱ بود (۵۰۱/۴۰ گرم در متر مربع) که با رقم محلی اصفهان در همین تاریخ کاشت تفاوت معنی‌دار نداشت و کمترین عملکرد دانه در رقم صفه مشاهده شد (جدول ۷). ارقام کشت شده در تاریخ کاشت دوم با عملکرد دانه ۱۵۷/۵۱ تا ۱۷۱/۶۷ گرم در متر مربع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در تاریخ کاشت سوم نیز ارقام با عملکرد دانه ۸۲/۳۱ تا ۱۱۷/۶۴ گرم در متر مربع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.

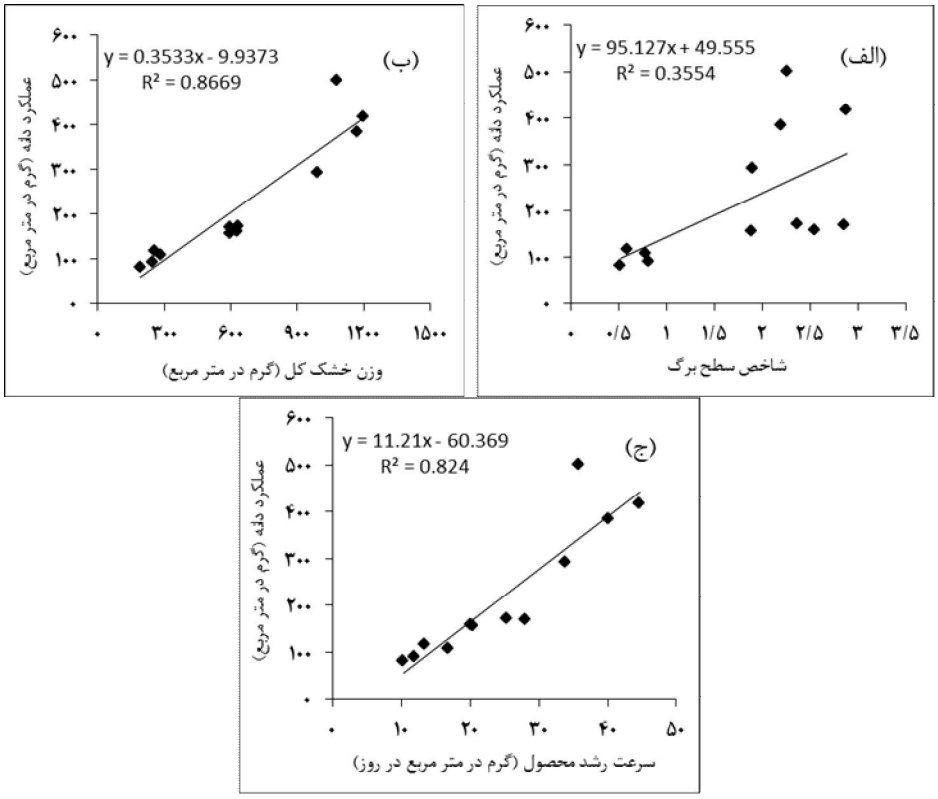
به‌طورکلی بین تاریخ کاشت‌های مختلف از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (Pr<۰/۰۰۰۱). میانگین تیمارها بیانگر آن بود که تاریخ کاشت اول با میانگین عملکرد دانه ۳۹۹/۳۷ گرم در متر مربع بیشترین و تاریخ کاشت سوم با میانگین عملکرد دانه ۱۰۰/۰۵ گرم در متر مربع کمترین عملکرد دانه را دارا بودند و با سایر تاریخ کاشت‌ها اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۷). وجود عوامل محیطی مناسب در تاریخ کاشت اول همچون تشعشع خورشیدی و درجه حرارت مطلوب در زمان گلدهی و پر شدن دانه موجب افزایش بازده فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در این تاریخ کاشت شده است. در تاریخ کاشت سوم عواملی مانند شاخص 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 به دنبال داشته است (۲۲).

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل تاریخ کاشت و رقم، برای صفت عملکرد دانه

	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)			
رقم	۹۱/۱/۱۶	۹۱/۲/۶	۹۱/۲/۲۷	میانگین رقم
۴۱۱	۵۰۱/۴۰^{a}	۱۶۰/۴۰^{a}	۸۲/۳۱^{a}	۲۴۸/۰۴^{a}
سینا	۳۸۴/۷۳^{b}	۱۷۱/۶۷^{a}	۱۱۷/۶۴^{a}	۲۲۴/۶۸^{ab}
محلی اصفهان	۴۱۹/۱۶^{ab}	۱۶۹/۲۶^{a}	۹۲/۲۲^{a}	۲۲۶/۸۸^{ab}
صفه	۲۹۲/۲۰^{c}	۱۵۷/۵۱^{a}	۱۰۸/۰۴^{a}	۱۸۵/۹۲^{b}
میانگین تاریخ کاشت	۳۹۹/۳۷^{a}	۱۶۴/۷۱^{b}	۱۰۰/۰۵^{c}	

*: میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار با آزمون LSD ندارند.

نتایج نشان داد بین عملکرد دانه با حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر وزن خشک تجمعی و حداکثر سرعت رشد محصول رابطه خطی مثبت وجود دارد و با افزایش هر یک از این شاخص‌ها، عملکرد نیز افزایش می‌یابد (شکل ۴). در بین این شاخص‌ها، حداکثر وزن خشک کل بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه (r=۰/۹۳) نشان داد (جدول ۸). زامفلد و همکاران (۳۰)، دهدشتی و همکاران (۱۱) و دماوندی و لطیفی (۱۰) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص‌های ذکر شده گزارش کرده‌اند.



شکل ٤- روند تغییرات عملکرد دانه به ازای مقادیر مختلف حداکثر شاخص سطح برگ (الف)، حداکثر وزن خشک کل (ب) و حداکثر سرعت رشد محصول (ج)

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و برخی شاخص‌های رشد در گلرنگ

	حداکثر شاخص سطح برگ	حداکثر وزن خشک کل	حداکثر سرعت رشد محصول	عملکرد دانه
حداکثر شاخص سطح برگ	۱			
حداکثر وزن خشک کل	۰/۷۶**	۱		
حداکثر سرعت رشد محصول	۰/۷۷**	۰/۹۷**	۱	
عملکرد دانه	۰/۵۹*	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۱

** و *: به‌ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده وجود اختلاف بین شاخص سطح برگ، وزن خشک کل و سرعت رشد محصول بین ارقام مختلف گلرنگ در تاریخ کاشت‌های مختلف بود. این آزمایش نشان داد که ارقام کشت شده در تاریخ کاشت اول از وزن خشک کل و سرعت رشد محصول بیشتری نسبت به سایر تاریخ کاشت‌ها برخوردار بودند و این برتری باعث افزایش عملکرد دانه در این تاریخ کاشت گردید. بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول مربوط به ارقام ۴۱۱ و محلی اصفهان بود. بنابراین کشت ارقام ۴۱۱ و محلی اصفهان در تاریخ کاشت اول توصیه می‌شود.

منابع

۱- اکرمی، ح.، م. ش. مقدسی، و ف. طیوری‌خواه. ۱۳۹۰. اثر تاریخ‌های کاشت بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه دو رقم گلرنگ بهاره. اولین همایش یافته‌های نوین در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

۲- بالجانی، ر. و ف. شکاری. ۱۳۹۱. تاثیر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص‌های رشد وعملکرد در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۲:۱۰۳-۸۷.

۳- برزعلی، م.، ز. طهماسبی، ا. قلاوند، و ر. توکل افشاری. ۱۳۸۳. ارزیابی خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با توان رشد اولیه در چهار رقم پنبه. مجله علوم زراعی ایران ۶:۹۸-۸۰.

۴- پورعیسی، م.، م. نبی پور، و ر. مامقانی. ۱۳۸۶. بررسی ویژگی‌های فنولوژیک ارقام کلزا در چهار تاریخ کاشت و همبستگی آن‌ها با عملکرد و اجزای عملکرد دانه. مجله علمی کشاورزی ۳۰:۶۰-۴۵.

۵- پورهادیان، ح. و م. ر. خواجه‌پور. ۱۳۸۶. تاثیر فواصل ردیف کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد و عملکرد گلرنگ، توده محلی اصفهان "کوسه" در کشت تابستانه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱:۳۱-۱۷.

۶- جواهری، م.ع.، ع. زین‌الدینی، و ح. نجفی نژاد. ۱۳۸۳. اثر تاریخ کاشت بر شاخص‌های رشد چغندر قند در دشت ارزوئیه (کشت پاییزه). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۶۳:۶۲-۵۸.

۷- حاج محمدنیا قالی‌باف، ک.، ه. آلیاری، ک. قاسمی گلعذانی، و س. ا. محمدی. ۱۳۸۵. بررسی رشد و نمو سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) در تاریخ‌های مختلف کاشت. دانش کشاورزی ۱۶:۹۵-۸۳.

۸- خیاط، م. و م. گوهری. ۱۳۸۸. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص‌های رشد و صفات فنولوژیک ژنوتیپ‌های کلزا در اهواز. یافته‌های نوین کشاورزی ۳:۲۴۸-۲۳۳.

۹- خیاط، م.، ش. لک، م. گوهری، و م. م. مطیعی. ۱۳۸۸. اثر تاریخ کاشت بر منحنی رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا. فصلنامه علمی-تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز ۱:۱۶-۶.

۱۰- دماوندی، ع. و ن. لطیفی. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تاریخ کاشت روی برخی از شاخص‌های رشد و عملکرد دانه دو رقم آفتابگردان روغنی در منطقه دامغان. مجله زیست شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار ۴:۱۱-۱.

۱۱- دهدشتی، س. م.، ع. سلیمانی، و ب. مجد نصیری. ۱۳۸۷. تاثیر کشت تاخیری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی ارقام کلزا. پژوهش در علوم کشاورزی ۴:۱۶۳-۱۵۲.

۱۲- رحیمی، ا. ۱۳۹۱. اثر تنش شوری بر برخی شاخص‌های رشد در سه گونه دارویی اسفرزه اواتا، پسیلیوم و بارهنگ کبیر. تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی ۲:۳۹-۲۷.

۱۳- رفیعی، م. و م. ر. اصغری پور. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روی خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۶۰۴ در منطقه شیروان. فصلنامه کشاورزی پویا ۶:۳۴-۲۳.

۱۴- زاهدی، م.، ر. مامقانی، م. مسگرباشی، ع. کاشانی، و ع. منتصری. ۱۳۸۷. بررسی اثرات تاریخ‌های کاشت و تیمارهای آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک دو رقم گلرنگ بهاره. یافته‌های نوین کشاورزی ۲:۲۵۲-۲۳۹.

۱۵- صفری، ف.، س. گالشی، ن. م. تربتی نژاد، و س. ا. مساوات. ۱۳۸۷. اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد علوفه ارزن دم روباهی. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۵:۱۴-۱.

۱۶- علی نقی زاده، م.، م. موحدی دهنوی، ه. فرجی، و م. عظیمی گندمانی. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ در کشت دوم در منطقه یاسوج. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۳:۳۲-۱۵.

۱۷- کشیری، م.، ن. لطیفی، و م. قاسمی. ۱۳۸۲. تجزیه و تحلیل رشد ارقام گلرنگ با آرایش‌های مختلف کاشت در شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۴:۹۵-۸۵.

۱۸- میرزاخانی، م.، م. ر. اردکانی، و ا. ح. شیرانی راد. ۱۳۸۶. آنالیز رشد ارقام گلرنگ بهاره در اراک. فصلنامه دانش کشاورزی ایران ۴:۱۲۲-۱۱۱.

۱۹- وقار، م.س.، ق. نورمحمدی، ک. شمس، ع. پازکی، و س. کبرایی. ۱۳۸۸. بررسی اثر تاریخ کاشت بر روند و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ارقام نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) در کرمانشاه. فصلنامه علمی-پژوهشی گیاه و زیست بوم ۵:۱۲۳-۱۰۵.

20- Aparicio, N., D. J. Villegas, L. Araus, J. Casadesus, and C. Royo. 2002. Relationship between growth traits and

spectral vegetation indices in durum wheat. Crop Science. 42: 1547-1555.
21- Chimenti, C. A., and A. S. Hall. 2002. Grain number response to temperature during floret differentiation in sunflower. Field Crops Research 72: 177-184.
22- Fathi, G., S. A. Siadat, and S. S. Hemaiaty. 2003. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. Acta Agronomica Hungarica 51(3): 249-255.
23- Hodges, T., and E. T. Kanemasu. 1977. Modeling daily dry matter production of winter wheat. Agronomy Journal. 69: 674-678.
24- Mc Pherson, M. A., A. G. Good, A. K. C. Topinka, and L. M. Hall. 2004. Theoretical hybridization potential of transgenic safflower (*Carthamus tinctorius* L.) with weedy relatives in the new world. Canadian Journal of Plant Science 48: 923-934.
25- Senthoid, A., N. C. Turner, T. Botwright, and A. G. Condon. 2003. Evaluating the impact of a trait for increased specific leaf area on whrat yields using a crop simulation model. Agronomy Journal 95:10-19.
26- Sun, Y. F., J. M. Liang, J. Ye, and W. Y. Zhu. 1999. Cultivation of super-high yielding rice plants. China Rice 5: 38-39.
27- Theurer, J. C. 1999. Growth pattern in sugar beet production. Sugar Beet Technology 60: 343-367.
28- Thomas, H., H. J. Ougham, C. Wagstaff, and A. D. Stead. 2003. Defining senescence and death. Journal of Experimental Botany 54: 1127-1132.
29- 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.
30- Zum Felde, T., C. Becker, and C. H. Mollers. 2006. Genotype and environment interactions, heritability and trait correlations of sinapate ester content in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Crop Science 46: 2195-2199.