اثر تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های رشد دو رقم گلرنگ در شرایط آب و هوایی اصفهان

پرویز احسان‌زاده و عباس زارعیان بغدادآبادی[۱]

چکیده

به منظور بررسی اثر رقم و تراکم بر مراحل رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و ویژگی‌های رشد گیاه گلرنگ آزمایشی به صورت فاکتوریل و در چارچوب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار، در سال ۱۳۷۸، در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به اجرا درآمد. ارقام اراک ۲۸۱۱ و کوسه گلرنگ در چهار تراکم ۱۶/۶، ۲۲/۲، ۳۳/۳ و ۵۰ بوته در متر مربع (فواصل روی ردیف ۱۲، ۹، ۶ و ٤ سانتی‌متر) با فواصل ردیف یکسان ۵۰ سانتی‌متر کشت شد.

در میان مراحل مختلف رشد، تراکم بوته تنها بر مرحله آغاز تکمه‌دهی اثر معنی‌داری داشت. هم‌چنین، اثر رقم بر مراحل سبز شدن، تکمه‌دهی، آغاز گل‌دهی و ۵۰ درصد گل‌دهی معنی‌دار بود و بر بقیه مراحل نمو تأثیر معنی‌داری نداشت. رقم کوسه دیررس‌تر از رقم اراک ۲۸۱۱ بود. شمار شاخه فرعی در بوته، شمار طبق در شاخه فرعی، شمار دانه در طبق و شاخص برداشت به طور معنی‌داری با افزایش تراکم بوته کاهش یافتند. اثر کاهش‌های ذکر شده، به وسیله افزایش شمار بوته در واحد سطح جبران شد، به طوری که عملکرد دانه دو ژنوتیپ گلرنگ با تغییر تراکم گیاهی تغییر معنی‌داری پیدا نکرد. به رغم این که رقم اراک ۲۸۱۱ برتری معنی‌داری در صفاتی همچون شمار طبق در شاخه فرعی و وزن هزار دانه و برتری نسبی غیر معنی‌داری در صفات دیگر داشت، ولی عملکرد دانه دو رقم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. اثر تراکم بوته و رقم بر شاخص‌های رشد مانند شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول معنی‌دار نبود. بر پایهٔ نتایج به دست آمده در این آزمایش، می‌توان گفت که دو رقم یاد شده در تراکم‌های اول و دوم، در شرایط آب و هوایی اصفهان قابل کشت و تولید می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: *تراکم کاشت، گلرنگ، عملکرد دانه، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ*

---

۱. به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)، گیاهی است که از دیرباز در مناطق خشک و نیمه خشک و نیز در هندوستان، ایران و دیگر نقاط خاورمیانه و شرق آفریقا کشت می‌شده است (۸). امکان استفاده از عصاره گلرنگ در رنگرزی، زیاد بودن درصد روغن در دانه آن (برخی ارقام در شرایط مساعد تا ٤٥ درصد) و غنی بودن روغن دانه آن از لحاظ اسیدهای چرب غیر اشباع، این گیاه زراعی قدیمی را کماکان به عنوان یک گیاه زراعی مهم مطرح کرده است (۳ و ۸).

آگاهی از هنگام وقوع هر یک از مراحل رشد و نمو، راهنمای خوبی در تأمین شرایط مطلوب ممکنه برای رشد رویشی و زایشی گیاه زراعی می‌باشد، زیرا طول این دو دوره تعیین کننده عملکرد بیولوژیک و اقتصادی است (٤). در همین زمینه، باقری (۲) در مطالعه خود مراحل نمو گلرنگ را شامل سبز شدن، ساقه‌دهی، تکمه‌دهی (Button formation)، گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک دانسته است.

طول هر یک از مراحل رشد و نمو متأثر از ژنوتیپ و شرایط محیطی است. از این رو، نتایج آزمایش‌های تأثیر تراکم گیاهی بر هنگام وقوع مراحل نمو در گیاهان زراعی مختلف، یکسان نیست. هانس هنمینگ و همکاران (۲۱) در پژوهشی در کانادا گزارش کردند که دوره کاشت تا ساقه‌دهی گیاه گلرنگ در شرایط سرد کانادا، در کشت‌های بهاره ۵-۷ هفته به طول می‌انجامد. آنان ضمن بیان این که مراحل گل‌دهی ۲-۳ هفته طول می‌کشد، این اختلاف در طول مرحله گل‌دهی را به تراکم گیاهی متفاوت، رطوبت قابل استفاده خاک و تفاوت ارقام ربط داده‌اند. هوگ و همکاران (۲۲) در بررسی اثر فواصل بین ردیف بر عملکرد و دیگر ویژگی‌های زراعی گلرنگ، دریافتند که افزایش تراکم باعث افزایش سرعت رشد و نمو شده، با کاهش فواصل بین ردیف بوته‌ها زودتر به گل‌دهی رفته و مراحل نمو خود را سریع‌تر طی می‌کنند.

از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر عوامل محیطی و به دنبال آن بر عملکرد، تراکم مطلوب بوته می‌باشد. ایبل و دریسکل (۱۱) مشاهده کردند که در ارقام مورد بررسی گلرنگ، هم‌بستگی زیادی بین شمار طبق و عملکرد، و پس از آن شمار دانه در طبق و عملکرد وجود دارد. بنابراین، می‌توان گفت که این دو جزء بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه داشتند. یزدی صمدی و ظفرعلی (٣٤) اثر تراکم گیاهی را با تغییر فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف بررسی کرده و گزارش کردند که بوته‌ها در تراکم‌های کم تا متوسط (۸۰-۱۷۵ هزار بوته در هکتار)، بسته به شرایط آب و هوایی، دارای شمار طبق و شمار دانه بیشتری در طبق بودند، ولی با افزایش شمار طبق، وزن هزار دانه کاهش یافت. ویلیامز (۳۳) در بررسی فواصل مختلف بین بوته‌ها (۲/۵، ۱۷/۵، ۳۲/۵ و ٤٧/٥ سانتی‌متر) در فاصله ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر ارقام N-10 و N-6 گلرنگ، دریافت که با افزایش فاصله بین بوته‌ها، شمار طبق و وزن دانه در گیاه افزایش پیدا کرده، ولی شمار دانه در طبق‌های مختلف تفاوتی نکرده است. ایبل (۱۰) دریافت که با افزایش تراکم بوته گلرنگ از ۲۵۸ به ٤٣٠ هزار بوته در هکتار، شمار طبق در واحد سطح افزایش، ولی با افزایش شمار طبق در واحد سطح، وزن هزار دانه و شمار دانه در هر بوته کاهش یافته، و در مجموع عملکرد بذر و روغن تحت تأثیر تراکم بوته قرار نگرفته است.

در میان شاخص‌های رشد، سرعت رشد محصول، سطح برگ و دوام آن اهمیت بیشتری در بررسی فیزیولوژی تولید ماده خشک گیاهی دارند (٤). نتایج پژوهش گاردنر و همکاران (۱۹) نشان داد که معمولاً شاخص سطح برگ ۳ تا ۵ برای تولید حداکثر ماده خشک در بیشتر محصولات زراعی مناسب است. سطح برگ از طریق تأثیر در جذب تابش خورشیدی، در مقدار ماده خشک گیاهی اثر تعیین کننده‌ای دارد، به طوری که در بسیاری از گیاهان با به حداکثر رسیدن سطح برگ در کنوپی (تاج‌پوش)، جذب تابش، و به دنبال آن ماده خشک به حداکثر خواهد رسید (٤ و ۳۱). با این حال، افزایش بیش از حد در سطح برگ در کنوپی (ناشی از افزایش تراکم بوته) از طریق تشدید سایه‌اندازی سبب کاهش عملکرد دانه در گیاهان می‌گردد (۳۰). بنابراین، باید توجه داشت که مدیریت زراعی، به

ویژه تراکم بوته در جهتی باشد که ضمن افزایش جذب نور به وسیله برگ‌ها، منجر به افزایش عملکرد اقتصادی گیاه گردد.

نحوه تغییر شاخص سطح برگ در طول دوره رشد، یا به سخن بهتر، دوام سطح برگ (۳۲)، بیش از مقدار مطلق سطح برگ با عملکرد ماده خشک گیاه ارتباط دارد (۱۲)، زیرا هرچه دریافت انرژی خورشید در طول زمان زیادتر باشد زمینه برای ماده خشک نیز بیشتر خواهد بود. زیادتر بودن شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ به ترتیب سبب زیادتر شدن میانگین سرعت رشد محصول و حفظ این سرعت برای زمان طولانی‌تری در دوره رشد گیاه می‌شود، و سرانجام افزایش در تولید ماده خشک و احتمالاً عملکرد اقتصادی را به دنبال خواهد داشت (۲٤).

محمدی نیکپور (۷) در بررسی ارقام گلرنگ پاییزه، حداکثر سرعت رشد محصول را در حد فاصل مراحل ظهور جوانه‌های زایشی تا کامل شدن طبق‌ها گزارش کرد. وی میانگین سرعت رشد محصول را در آغاز رشد زایشی در حدود ۱٤ گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز-رشد و در مرحله گل‌دهی حدود ۸ گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز-رشد ذکر کرده است. نژاد شاملو (۹) در بررسی و مقایسه ارقام گلرنگ، میانگین سرعت رشد محصول را در مراحل نمو، شامل ساقه‌دهی، ظهور جوانه‌های زایشی، کامل شدن طبق‌ها و رسیدگی فیزیولوژیک، به ترتیب برابر ۲/۳، ۱۲، ۲۷/۵ و ۲٦/۵ گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز-رشد گزارش کرد.

شاخص‌های رشد گیاهان زراعی تحت تأثیر عوامل محیطی، به ویژه تراکم کاشت قرار می‌گیرند. تراکم کاشت از طریق تأثیر بر شدت نور و نفوذ آن در جامعه گیاهی بر شاخص‌های رشد مؤثر است. در بارهٔ تأثیر تراکم کاشت بر سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ گیاه گلرنگ، پژوهش زیادی صورت نگرفته و منابعی در دسترس نمی‌باشد. پژوهندگان دیگر (۱۸ و ۲۸) تأثیر تراکم بوته بر سرعت رشد محصول گیاهان زراعی دیگر مانند لوبیا و سویا را بررسی نموده و افزایش سرعت رشد محصول در تراکم‌های بیشتر را به افزایش سطح برگ و جذب نور نسبت داده‌اند. در این زمینه، دنمید و همکاران (۱٦) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته از طریق کاهش فواصل بین بوته در روی ردیف کاشت و نیز کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت ذرت، شاخص سطح برگ افزایش یافت. بورد و همکاران (۱٤) در بررسی اثر فاصله ردیف کاشت در گیاه سویا، گزارش کردند که بیشترین عملکرد در فاصله ردیفی به دست آمد که دوام سطح برگ بیشتری را داشت.

به رغم تأکید بسیاری از پژوهندگان بر نقش تعیین کننده ویژگی‌های فیزیولوژیک در بهبود عملکرد گیاهان زراعی، هنوز پژوهش جامع و دقیقی در این زمینه، به ویژه در مورد گیاه گلرنگ انجام نگرفته است. با توجه به موارد ذکر شده، هدف از این پژوهش، ارزیابی پتانسیل عملکرد، اجزای عملکرد، و ارتباط آنها با برخی از ویژگی‌های رشد دو رقم گلرنگ بهاره در تراکم‌های کاشت متفاوت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۷۸، در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. این مزرعه در ٤۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف‌آباد، و در عرض جغرافیایی ′۳۲ °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ′۲۳ °۵۱ شرقی واقع شده است. ارتفاع مزرعه از سطح دریا حدود ۱٦۳۰ متر و برابر تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب ۱٤۰ میلی‌متر و ۱٤/۵ درجه سانتی‌گراد است (۵). بافت خاک مزرعه لوم‌رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/٤ گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH حدود ۷/۵ است (٦).

آزمایش به صورت فاکتوریل در چارچوب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم گلرنگ به نام‌های اراک ۲۸۱۱ و کوسه، و تراکم کاشت با چهار سطح ۱٦/٦، ۲۲/۲، ۳۳/۳ و ۵۰ بوته در متر مربع به ترتیب در فواصل بوته روی ردیف ۱۲، ۹، ٦ و ٤ سانتی‌متر بود، که تحت عنوان تراکم‌های اول تا چهارم ذکر

خواهند شد. فاصله ردیف‌های کاشت ثابت (۵۰ سانتی‌متر)، و هر کرت آزمایشی مشتمل بر ۱۰ ردیف کاشت به طول ۸ متر و به مساحت ٤٠ متر مربع بود.

عملیات تهیه بستر شامل شخم پاییزه، تسطیح و دو دیسک عمود بر هم پیش از کاشت بود. پس از انجام تجزیه شیمیایی خاک و پیش از کاشت، معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم (۲۸٪ اکسید فسفر و ۱۸٪ ازت خالص) به خاک افزوده شد. پس از کودپاشی و آمیختن آن با خاک، علف‌کش ترفلان به میزان ۱/۸ لیتر در هکتار به خاک اضافه شد، و از دیسک برای آمیختن سم با خاک استفاده گردید. کاشت با دست روی پشته‌ها به عمق ٤-۵ سانتی‌متر، در ۲۲ اسفندماه ۱۳۷۸، با میزان بذری حدود دو برابر مقدار مورد نیاز انجام، و بی‌درنگ آبیاری گردید. آبیاری‌های اولیه تا استقرار بوته‌ها، هر ٤-۷ روز یک بار، و پس از آن تا پایان فصل رشد بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (واقع در کنار مزرعه آزمایشی) صورت گرفت. بوته‌ها برای دست یافتن به تراکم‌های مورد نظر، در مرحله ۲-۳ برگی تنک گردیدند. هم‌چنین، در مرحله ساقه‌دهی، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت سرک مصرف گردید.

تاریخ سبز شدن هر کرت بر اساس سبز شدن ۷۵ درصد بوته‌ها، آغاز ساقه‌دهی (خارج شدن از حالت روزت)، آغاز تکمه‌دهی (ظهور جوانه‌های زایشی در انتهای ساقه)، ۵۰٪ گل‌دهی، و رسیدگی فیزیولوژیک بر مبنای ۹۰٪ بوته‌های هر کرت ثبت شد. به منظور تعیین اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت، نمونه‌هایی به مساحت ۰/۵ متر مربع از ردیف‌های ۵ و ٦ با رعایت حاشیه در هر کرت برداشت، و سپس اجزای عملکرد (شمار طبق در بوته، شمار دانه در طبق و وزن هزار دانه)، و شاخص برداشت (نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک نهایی بوته در واحد سطح) محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد اقتصادی (دانه)، نمونه‌هایی شامل سه متر طولی از ردیف‌های کاشت ۸ و ۹ (سه متر مربع) با رعایت حاشیه برداشت شده و عملکرد دانه هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه و بر اساس ۱۰٪ رطوبت اصلاح گردید.

به منظور تعیین وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه و بررسی شاخص‌های رشد، نمونه‌هایی به صورت هفتگی به مساحت ۰/۵ متر مربع از ردیف‌های ۲ و ۳ هر کرت با رعایت حاشیه از سطح خاک برداشت شد، و نمونه‌ها در یک آون تهویه‌دار و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت خشک گردید، و بلافاصله پس از خروج از آون با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. با توجه به این که بخش خطی منحنی رشد گیاه توصیفی از سرعت رشد محصول می‌باشد، و در طی آن ماده خشک گیاهی با سرعت ثابتی افزایش می‌یابد، منحنی تجمع ماده خشک برای هر کرت ترسیم گردید. معادله درجه اول بخش خطی هر منحنی به دست آمد و ضریب معادله یا شیب این خط به عنوان سرعت رشد در هر کرت ثبت و روی اعداد به دست آمده تجزیه واریانس انجام گردید. از آخرین اندازه‌گیری وزن خشک برای تعیین وزن خشک نهایی بوته در هکتار استفاده شد.

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، یک چهارم از نمونه‌های برداشت شده برای ماده خشک طی ۱۵ هفته رشد گیاه به صورت یک هفته در میان جدا شد. سپس برگ‌ها از ساقه اصلی و شاخه‌ها جدا شده و به وسیلهٔ خط‌کش، بزرگ‌ترین طول و عرض برگ‌ها اندازه‌گیری شد. با استفاده از رابطه زیر، که توسط سپاس‌خواه (۲۹) در گیاه گلرنگ به دست آمده است، کل سطح برگ نمونه اندازه‌گیری و بر مساحت زمین اشغال شده توسط نمونه تقسیم شد. بدین ترتیب شاخص سطح برگ کرت به دست آمد. در این رابطه L_i و W_i به ترتیب بزرگ‌ترین طول و عرض برگ می‌باشند.

$$\text{کل سطح برگ} = ۷/٤۲ + ۰/۵۷ \Sigma L_i W_i$$

به منظور اندازه‌گیری دوام سطح برگ، میانگین شاخص سطح برگ طی دوره رشد گیاه در هر کرت به دست آمد، و در زمان (آغاز تا پایان نمونه‌برداری بر حسب هفته) ضرب گردید. در آنالیز داده‌ها از برنامه کامپیوتری SAS، و در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارهای آزمایشی، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده گردید.

نتایج و بحث

اگرچه تراکم‌های هدف در این آزمایش از ۱۶/۶ تا ۵۰ بوته در متر مربع بودند، ولی عملاً پس از تنک کردن تراکم‌هایی که در کرت‌ها وجود داشت، به طور میانگین از حدود ۲۰ تا ٤٦ بوته در متر مربع متفاوت بودند.

مراحل نمو، اجزای عملکرد و عملکرد دانه

تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر هنگام وقوع مراحل نمو گیاه، به استثنای مرحله آغاز تکمه‌دهی نداشت (جدول ۱). مرحله تکمه‌دهی در تراکم‌های مختلف به طور میانگین ۷٦ روز پس از کاشت آغاز شد، و با افزایش شمار بوته از تراکم اول به چهارم، این مرحله چهار روز زودتر اتفاق افتاد (جدول ۲). با افزایش تراکم بوته، شمار روز پس از کاشت تا رسیدن به مراحل دیگر نمو کاهش ناچیزی داشت. هم‌چنین، در این آزمایش میانگین شمار روز پس از کاشت در تراکم‌های مختلف تا رسیدن به مراحل سبز شدن، ساقه‌دهی، ۱۰۰ درصد گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک، به ترتیب ۱۳، ۵۲، ۱۱۱ و ۱۳۵ روز ثبت گردید (جدول ۲). تسریع غیر معنی‌دار در زمان رسیدن به هر یک از مراحل فوق، از یک سو به دلیل افزایش اندک رقابت میان بوته‌ها برای عوامل محیطی در تراکم‌های بیشتر بود، و از سوی دیگر، چون مرحله سبز شدن با افزایش تراکم بوته زودتر طی شد، احتمالاً مراحل بعدی رشد و نمو نیز تحت تأثیر تسریع در سبز شدن قرار گرفته و سریع‌تر طی شده است. این نتیجه با گزارش‌های پژوهندگان دیگر (۲۱، ۲۲ و ۳٤) هم‌خوانی دارد.

اثر رقم بر مراحل سبز شدن، تکمه‌دهی، آغاز گل‌دهی و ۵۰ درصد گل‌دهی معنی‌دار بود (جدول ۱). هم‌چنین، شمار روز پس از کاشت تا رسیدن به هر یک از مراحل نمو در رقم کوسه بیشتر از رقم اراک ۲۸۱۱ بود، به طوری که شمار روز پس از کاشت تا رسیدن به مراحل فوق در رقم کوسه نسبت به رقم اراک ۲۸۱۱، به ترتیب ۲، ۳، ٤ و ٤ روز دیرتر مشاهده شد (جدول ۳). شمار روز لازم از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در ارقام کوسه و اراک ۲۸۱۱، به ترتیب ۱۳٦ و ۱۳٤ روز به دست آمد، که از نظر آماری اختلاف نداشتند. به نظر می‌رسد واکنش‌های فوق به علت تفاوت‌های ژنتیکی دو رقم و تفاوت احتمالی در واکنش آنها به طول روز و دما باشد. تفاوت در ارقام گلرنگ از نظر مراحل مختلف رشد را پژوهندگان دیگر (۱ و ۲) گزارش داده‌اند.

نتایج تجزیه آماری گویای اثر معنی‌دار تراکم کاشت و رقم بر شمار شاخه فرعی در بوته بود (جدول ۱). افزایش تراکم بوته (از تراکم اول تا چهارم) باعث کاهش شمار شاخه‌های فرعی در بوته به ۱/۵ عدد (۲۳/۵ درصد) در بوته گردید (جدول ۲). این کاهش احتمالاً به دلیل کاهش نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاهی و در نتیجه کاهش تولید شاخه‌های فرعی رخ داد. در پژوهش اسمی (۱) نیز با کاهش فاصله بوته روی ردیف از ۸ به ٤ سانتی‌متر (افزایش تراکم بوته)، شمار شاخه‌های فرعی به ۱/۷ عدد (۲۵ درصد) کاهش یافت. در پژوهش حاضر رقم کوسه نسبت به رقم اراک ۲۸۱۱ شاخه‌های فرعی بیشتری تولید کرد، و این برتری برابر ۱/۳ عدد (۲۰ درصد) بود (جدول ۳). تفاوت میان دو رقم احتمالاً از یک سو به علت پتانسیل ژنتیکی برتر رقم کوسه در تولید شاخه‌های فرعی، و از سوی دیگر به علت طول دوره رویشی نسبتاً طولانی‌تر آن است.

اثر تراکم کاشت و رقم بر شمار طبق در شاخه فرعی نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). شمار طبق در شاخه فرعی با افزایش شمار بوته از تراکم اول به چهارم در حدود یک عدد (۳۸ درصد) کاهش یافت (جدول ۲). با افزایش تراکم بوته، میزان نفوذ نور به داخل کنوپی کاهش می‌یابد. در این شرایط رقابت گیاهان برای کسب نور و مواد غذایی افزایش یافته، به دنبال آن جوانه‌های زایشی کمتری تولید می‌شود. این نتیجه را پژوهندگان دیگر (۱۰ و ۳۳) نیز گزارش کرده‌اند. هم‌چنین، در این آزمایش برتری رقم اراک ۲۸۱۱ بر رقم کوسه در این صفت برابر ۰/٤ عدد (۱۸/۹ درصد) بود (جدول ۳). با توجه به نتایج به دست آمده در مورد دو صفت شمار شاخه فرعی در بوته و شمار طبق در شاخه فرعی، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً رقم اراک ۲۸۱۱ پتانسیل ژنتیکی کمتری برای تولید شاخه‌های فرعی دارد،

جدول ۱. نتایج تجزیه آماری (میانگین مربعات) صفات مختلف گلرنگ تحت تأثیر رقم و تراکم

صفت	تراکم	رقم	تراکم × رقم	خطا (df=۲۱)
روز تا سبز شدن	۵/۳۳	۳۲/۰۰**	۱/۳۳	۲/۹٤
روز تا آغاز ساقه‌دهی	۱۲/٦٦	۱۰/۱۲	۳/۱۲	٤/۸۵
روز تا آغاز تکمه‌دهی	۲۳/۳۰**	۷۲/۰۰**	۰/۸۷	٦/۸۲
روز تا آغاز گل‌دهی	۱۵/۷۸	۱۱٦/۲۸**	۰/۲۸	۱۷/٦٦
روز تا ۵۰٪ گل‌دهی	۱۲/٦٦	۱۲۸/۰۰**	۵/۳۳	۱۷/۸٤
روز تا ۱۰۰٪ گل‌دهی	۵/۳۳	۵۵/۱۲	۱۵/۷۹	۲۲/۵٤
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۲۳/۳۳	۳۲/۰۰	۰/۲۵	۲٦/۲۳
شمار شاخه فرعی در بوته	٤/۳۲*	۱۳/٤۵	۰/۳۰	۱/۱۰
شمار طبق در شاخه فرعی	۱/۵۲**	۱/۵۷*	۰/۱٤	۰/۲۲
شمار طبق در بوته	۱۱٤/۹۸**	۰/٦۹	۲/٦۹	٤/۸٦
شمار دانه در طبق	۷۳/۰۰**	٤/۳۱	۲/۵٦	۱۳/۵
وزن هزار دانه	۱۰/۸٦	۳٦۲/٤۷**	۲/۰۷	٤/۸٦
عملکرد دانه در هکتار	۵۸۱۹۲۷/٤۲	٦٤۷۹۲۰/۳٦	۹٦۰۷۲/٦۰	۲۱۹۸٤٦/۳۵
شاخص برداشت	۰/۰۰۳۷**	۰/۰۰۰٤٦	۰/۰۰۱۰۹	۰/۰۰۰۵
وزن ماده خشک نهایی در هکتار	٤٦۲۳۳۰۰/۰۰	۱۱۷۱۲۸۰۰/۰۰	۱۵٦۲۳۳/۳۳	٤٤۰٤٦۷۱/٤۲
میانگین شاخص سطح برگ	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۰٤	۰/۱۸
دوام سطح برگ	۳۵/۳۳	۳۲/۰۰	٤/۰۰	۱۷/٦٤
سرعت رشد محصول در دوره خطی	۱۵/۷۵	۲۲/۱۱	۱/۳۹	۱۰/۸۳

* و ** : به ترتیب معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

ولی کمتر بودن این صفت را با پر کردن فضای بین دو ردیف کاشت به وسیله تولید شاخه‌های بلندتر جبران کرده و بدین ترتیب شمار طبق روی شاخه‌های آن افزایش یافته است.

تأثیر تراکم کاشت بر شمار طبق در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شمار بوته از تراکم اول به چهارم، شمار طبق در بوته در حدود ۹/۱ عدد (۵۳ درصد) کاهش یافت (جدول ۲). کاهش شمار طبق در بوته با افزایش تراکم کاشت را می‌توان به رقابت گیاهان برای کسب نور، مواد غذایی، سایه‌اندازی برگ‌ها و شاخه‌های بخش فوقانی گیاه نسبت داد. ایبل (۱۰) و ویلیامز (۳۳) نیز در پژوهش‌های خود تأثیر کاهنده افزایش تراکم بوته بر شمار طبق در بوته را گزارش کرده‌اند. میانگین شمار طبق در بوته در این دو رقم تقریباً مشابه و حدود ۱۲/۵ عدد بود (جدول ۳).

اثر تراکم کاشت بر شمار دانه در طبق در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش تراکم بوته، از شمار دانه در طبق به میزان ۲۰ درصد کاسته شد (جدول ۲). از آن جا که تشکیل دانه بستگی به تأمین مواد غذایی لازم و شرایط محیطی مناسب در مرحله تبدیل مریستم رویشی به زایشی و مراحل بعد از آن دارد، به نظر می‌رسد با افزایش تراکم بوته و به دنبال آن محدودیت مواد غذایی و نور، تولید واحدهای زایشی

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های[1] شمار روز پس از کاشت تا مرحله تکمه‌دهی، اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های رشد گلرنگ در تراکم‌های مختلف

صفت / تراکم (بوته در متر مربع)	۱۶/۶	۲۲/۲	۳۳/۳	۵۰	LSD (٪۵)
تکمه‌دهی (روز)	۷۸ a	۷۶ ab	۷۵ b	۷۴ b	۲/۷۲
شمار شاخه فرعی در بوته	۶/۳۴ a	۶/۲۳ ab	۵/۱۴ bc	۴/۸۵ c	۱/۰۹
شمار طبق در شاخه فرعی	۲/۷۱ a	۲/۳۰ ab	۱/۹۶ bc	۱/۶۶ c	۰/۴۹
شمار طبق در بوته	۱۷/۱۸ a	۱۴/۳۲ b	۱۰/۰۷ c	۸/۰۵ c	۲/۲۹
شمار دانه در طبق	۳۵/۰۳ a	۳۲/۳۸ ab	۳۰/۵۰ ab	۲۷/۸۷ b	۳/۸۲
وزن هزار دانه (گرم)	۳۱/۰۵	۲۹/۹۶	۲۸/۸۳	۲۸/۴۹	۲/۲۹ ns
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۳۶۲۴	۳۴۵۴	۳۱۷۲	۳۰۴۹	۴۸۷/۶۳ ns
شاخص برداشت (درصد)	۲۸/۰ a	۲۶/۴ ab	۲۳/۶ bc	۲۲/۱ c	۰/۰۲
وزن خشک نهایی بوته (کیلوگرم در هکتار)	۱۲۰۵۰	۱۲۳۶۰	۱۳۱۴۰	۱۳۶۳۰	۲۱۸۲/۶۸ ns
میانگین شاخص سطح برگ	۲/۴۵	۲/۶۰	۲/۷۰	۲/۹۵	۰/۴۴ ns
دوام سطح برگ (هفته)	۲۴/۵	۲۶/۰	۲۷/۰	۲۹/۵	۴/۳۷ ns
سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز-رشد)	۲۰/۸۱	۲۱/۱۱	۲۲/۰۷	۲۳/۹۲	۳/۴۲ ns

۱. میانگین‌های هر صفت که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بدون تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.
ns : آزمون F برای صفت معنی‌دار نبوده است.

کاهش می‌یابد، و یا در مراحل بعدی با افزایش رقابت برای به دست آوردن نور و مواد غذایی، شماری از واحدهای زایشی حذف می‌گردند و سرانجام شمار دانه کمتری تولید می‌شود. گزارشی دیگر (۲۲) نیز کاهش شمار دانه در طبق را در اثر افزایش تراکم نشان می‌دهد.

از آن جا که صفت وزن دانه، صفتی است که وابستگی بیشتری به ویژگی‌های ژنتیکی ارقام دارد، و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۲۷)، در این آزمایش اثر تراکم کاشت بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود، ولی تأثیر رقم بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن هزار دانه رقم اراک ۲۸۱۱ در حدود ۶/۷ گرم (۲۰/۵ درصد) بیشتر از رقم کوسه برآورد شد (جدول ۳). برتری نسبی رقم اراک ۲۸۱۱ به رقم کوسه در این صفت را می‌توان به ویژگی‌های ژنتیکی این رقم نسبت داد. تفاوت میان ارقام از نظر وزن هزار دانه را پژوهندگان دیگر (۱ و ۲) نیز گزارش داده‌اند.

عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف بوته از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۱)، و با افزایش شمار بوته از تراکم اول به چهارم، این صفت روند کاهشی غیر معنی‌داری نشان داد. با اعمال تیمار تراکم بوته، عملکرد دانه در واحد سطح از یک سو متشکل از شمار بوته در واحد سطح، و از سوی دیگر اجزای عملکرد دانه هر بوته می‌باشد. در پژوهش حاضر افزایش تراکم بوته باعث رقابت شدید برای به دست آوردن عوامل محیطی شد، و این عامل باعث کاهش معنی‌دار ویژگی‌های رویشی و بیشتر اجزای عملکرد دانه در بوته گردید.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های[1] شمار روز پس از کاشت تا مراحل نمو، اجزای عملکرد دانه، عملکرد دانه و شاخص‌های رشد دو رقم گلرنگ

صفت		رقم کوسه	اراک ۲۸۱۱	LSD (٪۵)
مراحل نمو	شمار روز پس از کاشت تا رسیدن به سبز شدن	۱٤[a]	۱۲[b]	۱/۲٦
	تکمه‌دهی	۷۷[a]	۷٤[b]	۱/۹۲
	آغاز گل‌دهی	۱۰۱[a]	۹۷[b]	۳/۰۹
	۵۰٪ گل‌دهی	۱۰٦[a]	۱۰۲[b]	۳/۰۹
شمار شاخه فرعی در بوته		٦/۲۸[a]	۵/۰۱[b]	۰/۷۷
شمار طبق در شاخه فرعی		۱/۹۳[b]	۲/۳۸[a]	۰/۳٤
شمار طبق در بوته		۱۲/۵٦	۱۲/۲۵	۱/٦۲[ns]
شمار دانه در طبق		۳۱/۰۸	۳۱/۸۱	۲/۷۰[ns]
وزن هزار دانه (گرم)		۲٦/۲۲[b]	۳۲/۹۵[a]	۱/٦۲
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		۳۱٦۰	۳٤۸٤	۳٤٤/۸۱[ns]
شاخص برداشت (درصد)		۲٦/۱	۲٦/۷	۰/۰۲[ns]
وزن خشک نهایی بوته (کیلوگرم در هکتار)		۱۲۲۱۰	۱۳۳۸۰	۱۵٤۳/۳۹[ns]
میانگین شاخص سطح برگ		۲/٦۰	۲/۸۲	۰/۳۱[ns]
دوام سطح برگ (هفته)		۲٦/۰	۲۸/۲	۳/۰۹[ns]
سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز-رشد)		۲۱/۱۵	۲۲/۸۱	۲/٤۲[ns]

۱. میانگین‌های هر صفت که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بدون تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.
ns : آزمون F برای صفت معنی‌دار نبوده است.

از سوی دیگر، افزایش شمار بوته در واحد سطح تا حدی توانست کاهش معنی‌دار ویژگی‌های ذکر شده را جبران کند، بدین صورت که متوسط عملکرد دانه دو رقم با افزایش تراکم بوته، کاهش معنی‌دار نشان نداد. ولی در مجموع، آثار تجمعی کاهش اجزای عملکرد دانه و ویژگی‌های رویشی (شاخه‌های فرعی)، باعث کاهشی غیر معنی‌دار در عملکرد دانه برابر با ۵۷۵ کیلوگرم در هکتار (۱۵/۵ درصد) شد.

ایبل (۱۰) دریافت که با تغییر تراکم گلرنگ از ۲۵۸ به ٤۳۰ هزار بوته در هکتار تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه این گیاه به وجود نمی‌آید. خواجه‌پور (۳) تراکم ۳۵۰ تا ۵۰۰ هزار بوته در هکتار را برای گلرنگ توصیه کرده است. با این حال، یزدی صمدی و ظفرعلی (۳٤) بیشتر بودن عملکرد دانه گلرنگ در تراکم‌های ۸۰ تا ۱۷۵ هزار بوته در هکتار را در مقایسه با تراکم‌های بیشتر گزارش کرده و کاهش عملکرد دانه در تراکم‌های زیاد را با محدودیت رطوبت و مواد غذایی خاک و نور مرتبط دانسته‌اند. نتایج آزمایش حاضر در مجموع با نتایج پژوهندگان فوق تناقض زیادی ندارد. به نظر می‌رسد که شرایط محیطی و دست‌رسی گیاه به این شرایط (حداقل در ارتباط با عملکرد دانه) در آزمایش حاضر چندان از تراکم‌های گیاهی تأثیر نپذیرفته و از این رو عملکرد دانه تغییر معنی‌داری پیدا نکرده است.

وزن خشک نهایی در واحد سطح در تراکم‌های مختلف بوته روند افزایشی غیر معنی‌داری داشت، و تفاوت دو ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و تراکم بوته نیز از این نظر معنی‌دار نبود (جداول ۱، ۲ و ۳). تأثیر تراکم کاشت بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شمار بوته از تراکم اول به تراکم چهارم، شاخص برداشت از ۲۸ به ۲۲/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در این آزمایش، در اثر افزایش تراکم بوته، تغییر در اجزای رویشی و زایشی به یک میزان نبود، به طوری که با افزایش تراکم بوته، کاهش عملکرد بیولوژیک تک بوته کمتر از کاهش عملکرد دانه تک بوته بود. بنابراین، با افزایش تراکم بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در واحد سطح به ترتیب روند افزایشی و کاهشی داشتند. بدین ترتیب، با افزایش تراکم بوته شاخص برداشت کاهش یافت. بیچ و نورمن (۱۳) نیز در بررسی گلرنگ، کاهش شاخص برداشت در اثر افزایش تراکم بوته را گزارش کردند. تفاوت میان دو رقم اراک ۲۸۱۱ و کوسه و اثر متقابل تراکم بوته و رقم بر این صفت نیز معنی‌دار نبود (جدول ۱). میانگین این صفت در دو رقم مورد بررسی برابر ۳٦/٤ درصد بود (جدول ۳).

شاخص‌های رشد

با ترسیم منحنی رشد مشاهده شد که برداشت‌های چهارم تا دهم (از ٤ خرداد تا ١٤ تیر ۱۳۷۹) حدوداً منطبق بر مرحله خطی رشد دو رقم مورد بررسی بود، و طول این دوره نیز در دو ژنوتیپ یکسان و برابر شش هفته بود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص‌های رشد در تیمارهای مختلف این آزمایش، نشان دهنده نداشتن اختلاف معنی‌دار در میانگین شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد محصول در دوره خطی در تراکم‌های مختلف بوته، هم‌چنین نبود اختلاف معنی‌دار این سه صفت بین دو رقم کوسه و اراک ۲۸۱۱ و اثر متقابل میان رقم و تراکم بود (جدول ۱). به هر حال، با افزایش تراکم بوته، افزایش ناچیزی در شاخص‌های رشد ذکر شده به وجود آمد (جدول ۲).

دست‌رسی کافی نداشتن گیاه به منابعی نظیر نور، آب، مواد غذایی و دمای مناسب ممکن است سبب تأثیر کاهنده بر کمیت‌های نشان دهنده ویژگی‌های رشد گیاه مانند سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ شود (۲۳)، و برعکس، دست‌رسی به مواد غذایی مناسب سبب افزایش این شاخص‌ها می‌شود (۲۵). در آزمایش حاضر افزایش شمار بوته در واحد سطح تأثیر کاهنده عوامل فوق را جبران کرد، به نحوی که تغییر معنی‌داری در شاخص‌های رشد دیده نشد. به علاوه، مقادیر سرعت رشد گیاه به دست آمده در آزمایش حاضر با مقادیر گزارش شده توسط پژوهندگان دیگر (۱۵، ۱۷ و ۲٦) هم‌خوانی دارد.

روند افزایشی غیر معنی‌دار شاخص‌های رشد در اثر افزایش تراکم بوته (جدول ۲)، روند افزایشی غیر معنی‌دار عملکرد بیولوژیک (وزن خشک نهایی در هکتار) را به خوبی توجیه می‌کند. مشخص است که افزایش شمار بوته در واحد سطح باعث افزایش غیر معنی‌دار در شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ در طول دوره رشد، و به دنبال آن افزایش غیر معنی‌دار در تجمع وزن خشک شده، سرانجام تأثیر این سه عامل باعث افزایش غیر معنی‌دار سرعت رشد محصول در تراکم‌های بیشتر بوته شده است. نتایج آزمایش حاضر با نتایج پژوهش‌های دیگر (۱۲، ۱۷، ۲۰ و ۳۲)، مبنی بر این که بین مقدار عملکرد نهایی ماده خشک گیاهی و شاخص سطح برگ و به ویژه دوام سطح برگ رابطه نزدیکی وجود دارد، سازگاری دارد. اصولاً بین مقدار شاخص سطح برگ و میزان جذب نور رابطه نزدیکی برقرار است. اگر دوره‌ای که گیاه از شاخص سطح برگ زیادی برخوردار است طولانی‌تر باشد، امکان تبدیل مقدار بیشتری از انرژی نورانی به مواد فتوسنتزی در کنوپی وجود خواهد داشت. هم‌چنین، حداکثر رشد محصول در گرو به دست آمدن مقدار بحرانی شاخص سطح برگ در کنوپی می‌باشد (۲٦).

هنگامی که عملکرد مورد نظر چیزی غیر از کل عملکرد ماده خشک است، آنچه که تعیین کننده عملکرد اقتصادی خواهد بود نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های

مختلف و نیز مقدار سطح فتوسنتز کننده طی دوره شکل‌گیری عملکرد اقتصادی است. در مورد گیاه حاضر، که هدف اصلی عملکرد دانه آن می‌باشد، نمی‌توان انتظار داشت که شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و یا سرعت رشد محصول بیشتر ضرورتاً منجر به عملکرد دانه بیشتری شوند. به سخن دیگر، چنانچه شاخص‌های مختلف رشد در دوره رشد محصول زیاد باشند، قطعاً افزایش عملکرد بیولوژیک را در پی داشته، ولی عملکرد دانه بیشتری را تضمین نخواهند کرد. نتایج آزمایش حاضر با واقعیت فوق کاملاً سازگاری دارد.

نتایج پژوهش حاضر گویای سازگاری گلرنگ به دامنه گسترده‌ای از تراکم بوته است، که در آنها میزان عملکرد دانه تقریباً ثابت می‌ماند. بنابراین، به نظر می‌رسد برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه تحت شرایط مشابه با آزمایش حاضر، به کارگیری تراکم بوته کمتر (میزان بذر کمتر) منطقی باشد. هم‌چنین، از آن جا که این دو رقم واکنش‌های متفاوتی به افزایش تراکم بوته در برخی صفات نشان دادند، بنابراین اگر در تراکم‌های بوته بیشتر، آزمایش از طریق تغییر فاصله ردیف‌های کاشت تنظیم شود (به ویژه در مورد رقمی مانند کوسه) احتمالاً نتایج متفاوتی به دست خواهد آمد. در کل، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در انتخاب تراکم کاشت بایستی به ویژگی‌های رویشی ارقام نیز توجه شود، و فواصل بین و روی ردیف کاشت طوری تنظیم گردد که ضمن آن که گیاه از عوامل محیطی حداکثر استفاده را می‌کند، رقابت به حداقل رسیده، به نحوی که بر عملکرد اقتصادی تأثیر منفی کمتری بگذارد.

منابع مورد استفاده

۱. اسمی، ر. ۱۳۷٦. بررسی اثرات فواصل بین ردیف و روی ردیف کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر خصوصیات زراعی دو رقم گلرنگ بهاره در منطقه اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. باقری، م. ۱۳۷٤. اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام گلرنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۷۰. *تولید نباتات صنعتی*. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

٤. سرمدنیا، غ. ح. و ع. کوچکی. ۱۳٦۸. *فیزیولوژی گیاهان زراعی* (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

۵. کریمی، م. ۱۳٦٦. *آب و هوای منطقه مرکزی ایران*. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

٦. لکزیان، ا. ۱۳٦۸. چگونگی تحول، تکامل و بررسی خصوصیات کانی‌های رسی خاک‌های سری خمینی‌شهر در مزرعه آزمایشی لورک نجف‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۷. محمدی نیکپور، ع. ر. ۱۳۷٤. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در منطقه مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۸. ناصری، ف. ۱۳۷۰. *دانه‌های روغنی* (ترجمه). انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.

۹. نژاد شاملو، ع. ر. ۱۳۷۵. بررسی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد ارقام گلرنگ بهاره در اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان.

10. Able, G.H. 1976. Effects of irrigition regimes, planting dates, nitrogen levels and row spacing on safflower cultivars. Agron. J. 68: 448-451.

11. Able, G. H. and M. F. Driscoll. 1976. Sequential trail development and breeding for high yields in safflower. Crop Sci. 16: 213-216.

12. Baker, R. J. and G. Gebyehou. 1982. Comparative growth analysis of two spring wheats and one spring barley. Crop Sci. 22: 1225-1229.

13. Beech, P. F. and M. J. T. Norman. 1963. The effect of time of planting on yield attributes of varieties of safflower. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 3(9): 140-148.
14. Board, J. E., M. Kamal and B. G. Havril. 1992. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow–row soybean. Agron. J. 84: 575–579.
15. Clawson, K. L., J. E. Specht and B. L. Blad. 1986. Growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. Agron. J. 78: 164-172.
16. Denmead, O. T., L. J. Fritschen and R. H. Shaw. 1962. Spatial distribution of net radiation in a corn field. Agron. J. 54: 505-510.
17. Ehsanzadeh, P. 1998. Agronomic and growth characteristics of spring spelt compared to common wheat. Ph. D. Thesis, Univ. Saskatchewan, Canada.
18. Enyi, B. A. C. 1973. Effect of plant population on growth and yield of soybean. J. Agric. Sci. (Camb.) 81: 130-138.
19. Gardner, F. P., R. Valle and D. E. Mcclud. 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. Agron. J. 82: 864-868.
20. Gifford, R. M. and L. T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 32: 485-509.
21. Hans-Henming, M., R. J. Morison, R. E. Blackshaw and B. Roth. 1992. Safflower Production on the Canadian Prairies. Graph Comp-Printers Lt., Lethbridge, Alberta.
22. Hoag, B. K., J. C. Zubriski and G. N. Geiszler. 1968. Effect of fertilizer treatment and row spacing on yield, quality and physiological response of safflower. Agron. J. 60: 198-200.
23. Hunt, R. 1982. Plant Growth Analysis. Edward Arnold Ltd., London.
24. Karimi, M. M. and K. H. M. Siddique. 1991. Crop growth and relative rate of old and modern wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res. 42: 13-20.
25. Khalifa, M. A. 1973. Effects of nitrogen on leaf area index, leaf area duration, net assimilation rate and yield of wheat. Agron. J. 65: 253-256.
26. King, R. W. and L. T. Evans. 1967. Photosynthesis in artificial communities of wheat, lucerne and subterranean clover plants. Aust. J. Biol. Sci. 20: 623-635.
27. Lafond, G. P. 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management. Can. J. Plant Sci. 74: 703-711.
28. Lucas, E. O. and G. M. Milborn. 1976. The effect of density of planting on the growth of two *Phaseolus vulagaris* varieties in England. J. Agric. Sci. (Camb.) 86: 89-99.
29. Sepaskhah, A. R. 1977. Estimation of individual and total leaf areas of safflowers. Agron. J. 69: 783-786.
30. Stinson, H. T. and D. N. Moss. 1960. Some effects of shade upon corn hybrids tolerant and intolerant of dense planting. Agron. J. 52: 482-484.
31. Tetio–Kagho, F. and F. P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. 1. Canopy development, light relations, and vegetative growth. Agron. J. 80: 930-935.
32. Watson, D. J. 1985. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann. Bot. (London) 11: 41-76.
33. Williams, J. H. 1962. Influence of plant spacing and flower position on oil content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Crop Sci. 2: 475-477.
34. Yazdi-Samadi, B. and M. Zafar-Ali. 1980. Planting date, plant densities, soil cultivation practices and irrigation regimes as factors in non-irrigation safflower production. Indian J. Agric. Res. 14: 65-72.