

## 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<sup>۱</sup>

### 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 ۴ سانتی‌متر) با فواصل ردیف یکسان ۵۰ سانتی‌متر کشت شد.

در میان مراحل مختلف رشد، تراکم بوته تنها بر مرحله آغاز تکمده‌دهی اثر معنی‌داری داشت. هم‌چنین، اثر رقم بر مراحلی نظریه سبز شدن، تکمده‌دهی، آغاز گل‌دهی معنی‌دار بود و بر بقیه مراحل نمو تأثیر معنی‌داری نداشت. رقم کوسه دیررس تراز 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 ژنتیپ 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 پایه 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

مشاهده کردند که در ارقام مورد بررسی گلرنگ، هم استنگی 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 (۳۴) اثر تراکم گیاهی را با تغییر فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف بررسی کرده و گزارش کردند که بوته‌ها در تراکم‌های کم تا متوسط (۱۷۵-۸۰ 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 ( $2/5$ ,  $17/5$ ,  $32/5$  و  $47/5$  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 ۴۳۰ 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 (۴). 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 کنوبی (تاج‌پوش)، جذب تابش، و به دنبال آن ماده خشک به حداکثر خواهد رسید (۴ و ۳۱). با این حال، افزایش بیش از حد در سطح برگ در کنوبی (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

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 ۴۵ 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 (۴). 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 ژنتیک و شرایط محیطی است. از این رو، نتایج آزمایش‌های تأثیر تراکم گیاهی بر هنگام وقوع مراحل نمو در گیاهان زراعی مختلف، یکسان نیست. هانس همنینگ و همکاران (۲۱) در پژوهشی در کانادا گزارش کردند که دوره کاشت تا ساقه‌دهی گیاه گلرنگ در شرایط سرد کانادا، در کشت‌های بهاره ۷-۵ هفته به طول می‌انجامد. آنان ضمن بیان این که مراحل گل‌دهی ۳-۲ 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 دریسلک (۱۱)

نور نسبت داده‌اند. در این زمینه، دنمید و همکاران (۱۶) 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 (۱۴) 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 ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف‌آباد، و در عرض جغرافیایی  $۳۲^{\circ} ۳۲' \text{ شمالی}$  و طول جغرافیایی  $۵۱^{\circ} ۲۳' \text{ شرقی}$  واقع شده است. ارتفاع مزرعه از سطح دریا حدود ۱۶۳۰ متر و برابر تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب  $۱۴^{\circ} \text{ میلی متر}$  و  $۱۴/۵$  درجه سانتی‌گراد است (۵). بافت خاک مزرعه لومرسی با جرم مخصوص ظاهری  $۱/۴$  گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH حدود  $۷/۵$  است (۶).

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  $۱۶/۶$ ،  $۲۲/۲$ ،  $۳۳/۳$  و  $۵۰$  بوته در متر مربع به ترتیب در فواصل بوته روی ردیف  $۱۲$ ،  $۹$  و  $۶$  سانتی‌متر بود، که تحت عنوان تراکم‌های اول تا چهارم ذکر

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 (۲۴).

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  $۱۴$  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  $۲۶/۵$  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 باره 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 لوبيا و سویا را بررسی نموده و افزایش سرعت رشد محصول در تراکم‌های بیشتر را به افزایش سطح برگ و جذب

به منظور تعیین وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه و بررسی شاخص‌های رشد، نمونه‌هایی به صورت هفتگی به مساحت  $0/5$  متر مربع از ردیف‌های  $2$  و  $3$  هر کرت با رعایت حاشیه از سطح خاک برداشت شد، و نمونه‌ها در یک آون تهويه‌دار و در دمای  $70$  درجه سانتی‌گراد به مدت  $48$  ساعت خشک گردید، و بالاصله پس از خروج از آون با دقیقه  $0/01$  گرم توزین شد. با توجه به این که بخش خطی متحنی رشد گیاه توصیفی از سرعت رشد محصول می‌باشد، و در طی آن ماده خشک گیاهی با سرعت ثابتی افزایش می‌یابد، متحنی تجمع ماده خشک برای هر کرت ترسیم گردید. معادله درجه اول بخش خطی هر متحنی 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  $15$  هفته رشد گیاه به صورت یک هفته در میان جدا شد. سپس برگ‌ها از ساقه اصلی و شاخه‌ها جدا شده و به وسیله خط کش، 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.

$$\Sigma L_i W_i = 7/42 + 0/57 \text{ کل سطح برگ}$$

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 هفتگه) 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.

خواهد شد. فاصله ردیف‌های کاشت ثابت ( $50$  سانتی‌متر)، و هر کرت آزمایشی مشتمل بر  $10$  ردیف کاشت به طول  $8$  متر و به مساحت  $40$  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  $200$  کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم ( $28\%/\text{اکسید فسفر} \text{ و } 18\%/\text{ازت خالص}$ ) به خاک افزوده شد. پس از کودپاشی و آمیختن آن با خاک، علف‌کش ترفلان به میزان  $1/8$  لیتر در هکتار به خاک اضافه شد، و از دیسک برای آمیختن سم با خاک استفاده گردید. کاشت با دست روی پشت‌های به عمق  $5-4$  سانتی‌متر، در  $22$  اسفندماه، با میزان بذری حدود دو برابر مقدار مورد نیاز انجام، و بی‌درنگ آبیاری گردید. آبیاری‌های اولیه تا استقرار بوته‌ها، هر  $4-7$  روز یک بار، و پس از آن تا پایان فصل رشد بر اساس  $80$  میلی‌متر تبخیر از تشتك تبخیر کلاس A (واقع در کنار مزرعه آزمایشی) صورت گرفت. بوته‌ها برای دست یافتن به تراکم‌های مورد نظر، در مرحله  $3-2$  برگی تنک گردیدند. هم‌چنین، در مرحله ساقه‌دهی،  $100$  کیلوگرم در هکتار اوره به صورت سرک مصرف گردید.

تاریخ سبز شدن هر کرت بر اساس سبز شدن  $75$  درصد بوته‌ها، آغاز ساقه‌دهی (خارج شدن از حالت روزت)، آغاز تکمه‌دهی (ظهور جوانه‌های زایشی در انتهای ساقه)،  $50\%$  گل‌دهی، و رسیدگی فیزیولوژیک بر مبنای  $90\%$  بوته‌های هر کرت ثبت شد. به منظور تعیین اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت، نمونه‌هایی به مساحت  $0/5$  متر مربع از ردیف‌های  $5$  و  $6$  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  $8$  و  $9$  (سه متر مربع) با رعایت حاشیه برداشت شده و عملکرد دانه هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه و بر اساس  $10\%$  رطوبت اصلاح گردید.

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  $1/5$  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 ۴ سانتی‌متر (افزایش تراکم بوته)، شمار شاخه‌های فرعی به  $1/7$  عدد (۲۵ درصد) کاهش یافت. در پژوهش حاضر رقم کوسه نسبت به رقم ارک ۲۸۱۱ 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 طولانی تر 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 کنوبی 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 ارک ۲۸۱۱ بر رقم کوسه در این صفت برابر  $4/18/9$  عدد (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 ارک ۲۸۱۱ پتانسیل ژنتیکی کمتری برای تولید شاخه‌های فرعی دارد،

## 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 ۴۶ 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 تکمله‌دهی نداشت (جدول ۱). مرحله تکمله‌دهی در تراکم‌های مختلف به طور میانگین ۷۶ 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  $52, 13, 111$  و  $135$  روز ثبت گردید (جدول ۲). تسریع غیر معنی‌دار در زمان رسیدن به هر یک از مراحل فوق، از یک سو به دلیل افزایش انداک 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 سریع تر طی شده است. این نتیجه با گزارش‌های پژوهندگان دیگر (۲۱، ۲۲ و ۳۴) هم خوانی دارد.

اثر رقم بر مراحل سبز شدن، تکمله‌دهی، 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 ارک ۲۸۱۱ بود، به طوری که شمار روز پس از کاشت تا رسیدن به مراحل فوق در رقم کوسه نسبت به رقم ارک  $2, 3, 4$  و  $4$  روز دیرتر مشاهده شد (جدول ۳). شمار روز لازم از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در ارقام کوسه و ارک ۲۸۱۱، به ترتیب  $136$  و  $134$  روز به

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

صفت	تراکم	رقم	تراکم × رقم	خطا (df=۲۱)
روز تا سیز شدن	۵/۲۳	۳۲/۰۰ **	۱/۳۳	۲/۹۴
روز تا آغاز ساقه دهی	۱۲/۶۶	۱۰/۱۲	۲/۱۲	۴/۸۵
روز تا آغاز تکمه دهی	۲۳/۳۰ **	۷۲/۰۰ **	۰/۸۷	۷/۸۲
روز تا آغاز گل دهی	۱۵/۷۸	۱۱۶/۲۸ **	۰/۲۸	۱۷/۶۶
روز تا ۵۰٪ گل دهی	۱۲/۶۶	۱۲۸/۰۰ **	۰/۳۳	۱۷/۸۴
روز تا ۱۰۰٪ گل دهی	۵/۲۳	۵۵/۱۲	۱۵/۷۹	۲۲/۵۴
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	۲۳/۳۳	۳۲/۰۰	۰/۲۵	۲۶/۲۳
شمار شاخه فرعی در بوته	۴/۳۲ *	۱۳/۴۵	۰/۳۰	۱/۱۰
شمار طبق در شاخه فرعی	۱/۵۲ **	۱/۵۷ *	۰/۱۴	۰/۲۲
شمار طبق در بوته	۱۱۴/۹۸ **	۰/۶۹	۲/۶۹	۴/۸۶
شمار دانه در طبق	۷۳/۰۰ **	۴/۳۱	۲/۵۶	۱۳/۵
وزن هزار دانه	۱۰/۸۶	۳۶۲/۴۷ **	۲/۰۷	۴/۸۶
عملکرد دانه در هکتار	۵۸۱۹۷۲/۴۲	۶۴۷۹۲۰/۳۶	۹۶۰۷۲/۶۰	۲۱۹۸۴۶/۳۵
شاخص برداشت	۰/۰۰۳۷ **	۰/۰۰۰۴۶	۰/۰۰۱۰۹	۰/۰۰۰۵
وزن ماده حشک نهایی در هکتار	۴۶۲۳۳۰/۰۰	۱۱۷۱۲۸۰۰/۰۰	۱۵۶۲۳۳/۳۳	۴۴۰۴۶۷۱/۴۲
میانگین شاخص سطح برگ	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۰۴	۰/۱۸
دoram سطح برگ	۳۵/۳۳	۳۲/۰۰	۴/۰۰	۱۷/۶۴
سرعت رشد محصول در دوره خطی	۱۵/۷۵	۲۲/۱۱	۱/۳۹	۱۰/۸۳

\* و \*\* : به ترتیب معنی دار بودن اثر عامل آزمایشی در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می دهد.

خود تأثیر کاهنده افزایش تراکم بوته بر شمار طبق در بوته را گزارش کرده اند. 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 سطح احتمال یک درصد معنی دار 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 می رسد با افزایش تراکم بوته و به دنبال آن محدودیت مواد غذایی و نور، تولید واحدهای زایشی

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

تأثیر تراکم کاشت بر شمار طبق در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار 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 می توان به رقابت گیاهان برای کسب نور، مواد غذایی، سایه اندازی برگ ها و شاخه های بخش فوقانی گیاه نسبت داد. ایبل (۱۰) و ویلیامز (۳۳) نیز در پژوهش های

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های<sup>۱</sup> شمار روز پس از کاشت تا مرحله تکمه‌دهی، اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های رشد گلنگ در تراکم‌های مختلف

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

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.

رقم اراك 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 متضkel 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.

کاهش می‌یابد، و یا در مراحل بعدی با افزایش رقابت برای به دست آوردن نور و مواد غذایی، شماری از واحدهای زایشی حذف می‌گردد 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 اراك ۲۸۱۱ در حدود ۶/۷ گرم (۲۰/۵) درصد بیشتر از رقم کوسه برآورد شد (جدول ۳). برتری نسبی

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های<sup>۱</sup> 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)
سبز شدن	۱۴ <sup>a</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۷۴ <sup>b</sup>	۱/۲۶
تکمدهایی	۷۷ <sup>a</sup>	۹۷ <sup>b</sup>	۱۰۱ <sup>a</sup>	۱/۹۲
آغاز گل دهی	۱۰۶ <sup>a</sup>	۱۰۲ <sup>b</sup>	۵/۰۱ <sup>b</sup>	۲/۰۹
٪ گل دهی	۵۰			۲/۰۹
شمار شاخه فرعی در بوته				۰/۷۷
شمار طبق در شاخه فرعی				۰/۳۴
شمار طبق در بوته				۱/۶۲ ns
شمار دانه در طبق				۲/۷۰ ns
وزن هزار دانه (گرم)				۱/۶۲
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)				۳۴۴/۸۱ ns
شاخص برداشت (درصد)				۰/۰۲ ns
وزن خشک نهایی بوته (کیلوگرم در هکتار)				۱۵۴۳/۳۹ ns
میانگین شاخص سطح برگ				۰/۳۱ ns
دوم سطح برگ (هفتة)				۳/۰۹ ns
سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در ۱۰ درجه روز-رشد)	۲۱/۱۵	۲۸/۲	۲۶/۷	۲/۴۲ 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.

صمدی و ظفرعلی (۳۴) 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.

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 (شاخص‌های فرعی)، باعث کاهشی غیر معنی‌دار در عملکرد دانه برابر با ۵۷۵ کیلوگرم در هکتار (۱۵/۵ درصد) شد.

ایل (۱۰) دریافت که با تغییر تراکم گلرنگ از ۲۵۸ به ۴۳۰ 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

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 بر عکس، 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 ۲۶) هم خواندنی دارد.

رونده 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 فتوستزی در کنوبی وجود خواهد داشت. هم‌چنین، حداکثر رشد محصول در گرو به دست آمدن مقدار بحرانی شاخص سطح برگ در کنوبی می‌باشد (۲۶).

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

وزن خشک نهایی در واحد سطح در تراکم‌های مختلف بوته روند افزایشی غیر معنی‌داری داشت، و تفاوت دو ژنتیپ و اثر متقابل ژنتیپ و تراکم بوته نیز از این نظر معنی‌دار نبود (جدول 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 گلنگ، کاهش شاخص برداشت در اثر افزایش تراکم بوته را گزارش کردند. تفاوت میان دو رقم ارک 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  $\frac{3}{4}$  درصد بود (جدول ۳).

### شاخص‌های رشد

با ترسیم منحنی رشد مشاهده شد که برداشت‌های چهارم تا دهم (از ۴ خرداد تا ۱۴ تیر ۱۳۷۹) حدوداً منطبق بر مرحله خطی رشد دو رقم مورد بررسی بود، و طول این دوره نیز در دو ژنتیپ 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 ارک 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).

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.

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 نخواهد کرد. نتایج آزمایش حاضر با واقعیت فوق کاملاً سازگاری دارد.

نتایج پژوهش حاضر گویای سازگاری گلنگ به دامنه گسترده‌ای از تراکم بوته است، که در آنها میزان عملکرد دانه تقریباً ثابت می‌ماند. بنابراین، به نظر می‌رسد برای دست‌یابی به

### منابع مورد استفاده

- اسمی، ر. ۱۳۷۶. بررسی اثرات فواصل بین ردیف و روی ردیف کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و سایر خصوصیات زراعی دو رقم گلنگ بهاره در منطقه اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- باقری، م. ۱۳۷۴. اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام گلنگ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۷۰. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان.
- سرمدانی، غ. ح. و ع. کوچکی. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی فردوسی مشهد.
- کریمی، م. ۱۳۶۶. آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- لکریان، ا. ۱۳۶۸. چگونگی تحول، تکامل و بررسی خصوصیات کانی‌های رسی خاک‌های سری خمینی شهر در مزرعه آزمایشی لورک نجف‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- محمدی نیکپور، ع. ر. ۱۳۷۴. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد گلنگ در منطقه مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ناصری، ف. ۱۳۷۰. دانه‌های روغنی (ترجمه). انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.
- نژاد شاملو، ع. ر. ۱۳۷۵. بررسی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد ارقام گلنگ بهاره در اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان.
- Able, G.H. 1976. Effects of irrigation regimes, planting dates, nitrogen levels and row spacing on safflower cultivars. *Agron. J.* 68: 448-451.
- Able, G. H. and M. F. Driscoll. 1976. Sequential trait development and breeding for high yields in safflower. *Crop Sci.* 16: 213-216.
- 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-Henning, 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 vulgaris* 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.