

رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه سه ژنوتیپ گندم دوروم تحت تراکم‌های مختلف کاشت در اصفهان

ایمان زرین‌آبادی و پرویز احسان‌زاده^۱

چکیده

علی‌رغم اهمیت اقتصادی گندم دوروم، اطلاعات علمی کمی در مورد رشد و عملکرد آن تحت شرایط مختلف در ایران و اصفهان وجود دارد. به‌منظور بررسی رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه سه ژنوتیپ گندم دوروم (PI40100 و Dipper-6، Osta/Gata) تحت تأثیر پنج تراکم کاشت (۲۰۰، ۲۷۵، ۳۵۰، ۴۲۵ و ۵۰۰ بذر در متر مربع) در منطقه اصفهان، آزمایشی با بهره‌گیری از طرح کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، در سال ۸۰-۱۳۷۹ انجام شد که در آن ژنوتیپ، تیمار اصلی و تراکم کاشت، تیمار فرعی در نظر گرفته شد و هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت شش متری به فواصل ۲۵ سانتی‌متر بود.

نتایج نشان داد که میان ژنوتیپ‌ها از نظر ویژگی‌های مرفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ژنوتیپ Osta/Gata بیشترین شمار سنبله در هر مترمربع، وزن هزاردانه و عملکرد دانه را دارا بود، درحالی‌که بالاترین شاخص سطح برگ، بلندترین ارتفاع بوته و بیشترین عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپ PI40100 به‌دست آمد. ژنوتیپ Dipper-6 نیز با شمار سنبله‌های تقریباً برابر با ژنوتیپ Osta/Gata و بیشترین شمار دانه در سنبله عملکرد نسبتاً بالایی را تولید کرد و بیشترین شاخص برداشت را دارا بود. با افزایش تراکم کاشت بر شاخص سطح برگ، شمار سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری افزوده شد ولی از شمار دانه در سنبله و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری کاسته شد. عملکرد دانه با شمار سنبله در واحد سطح، شمار دانه در سنبله و وزن هزار دانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد، ولی با شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه هم‌بستگی منفی و معنی‌داری داشت. براساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش ژنوتیپ Osta/Gata با تراکم کاشت مطلوب حدوداً ۴۲۵ بذر در مترمربع (۱۸۵ کیلوگرم بذر در هکتار) تحت شرایط آب و هوایی اصفهان از نظر تولید عملکرد دانه بر ژنوتیپ‌های دیگر برتری دارد.

واژه‌های کلیدی: گندم دوروم، تراکم کاشت، شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) که از آرد سمولینای آن برای تهیه ماکارونی، اسپاگتی و لازانیا استفاده می‌شود، حدود ۵ درصد از کل سطح زیر کشت گندم جهان را به خود اختصاص داده و تولید جهانی آن در سال ۱۹۹۵ میلادی حدود ۳۳/۸ میلیون تن (۱۹) و در سال ۱۹۹۹ با پنج درصد کاهش، تقریباً ۳۲/۱ میلیون تن بود. گندم دوروم نسبت به گندم نان از اهمیت اقتصادی کمتری برخوردار است (۱۵)، با این وجود تغذیه میلیون‌ها نفر در خاورمیانه و شمال آفریقا بر کشت و تولید این محصول بنا نهاده شده است. در ایران، گندم دوروم در سطحی تقریباً برابر با ۳۵۰ هزار هکتار (۱۵) و بیشتر به صورت دیم و با بهره‌گیری از ارقام محلی تولید شده و محصول آن با گندم نان در سیلوها مخلوط می‌شود. کارخانه‌های تولید ماکارونی در ایران نیز اغلب از گندم‌های نان و یا گاهی از مخلوط ارقام دوروم و نان برای تهیه ماکارونی استفاده می‌کنند (۴)، که به‌همین دلیل کیفیت محصولات به‌دست آمده چندان مناسب نیست.

گندم دوروم نسبت به گندم نان از قدرت پنجه‌زنی پایین‌تری برخوردار است و به تراکم کاشت حساسیت بیشتری نشان می‌دهد. بنابراین دست‌یابی به حداکثر پتانسیل عملکرد دانه نیازمند پوشش گیاهی مطلوبی است که در آن رقابت‌های درون و برون بوته‌ای به حداقل رسیده، به طوری که فرآیندهای تولید نه به‌وسیله عوامل درونی گیاه بلکه با انرژی خارجی محدود می‌شوند (۶).

فردریک و مارشال (۱۶) در پنسیلوانیای آمریکا گزارش کردند که افزایش میزان بذر گندم از ۶۷ به ۱۲۴ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش شمار پنجه در واحد سطح شده ولی شمار دانه در هر سنبله کاهش یافته است. بین اجزای عملکرد، همیشه جبران وجود دارد، به طوری که با کاهش و یا افزایش، در اجزای عملکرد اولیه، مانند شمار سنبله در واحد سطح و یا شمار دانه در سنبله، این جبران به سمتی پیش می‌رود که در نهایت تغییرات عملکرد به حداقل برسد (۱۶). جیباهو و همکاران

(۱۷) گزارش کردند که، افزایش شمار سنبله در مترمربع بر اثر افزایش تراکم کاشت، کاهش شمار دانه در سنبله و وزن هزاردانه را در پی دارد. جوزف و همکاران (۲۴) نیز نشان دادند که شمار سنبله در واحد سطح و شمار دانه در سنبله تحت مقادیر مختلف بذر، بیشتر از میانگین وزن دانه تغییر می‌کنند. در همین راستا بررسی‌های زیادی (۱۱، ۱۳ و ۲۳) نیز افزایش شمار سنبله در واحد سطح را با افزایش تراکم در گندم نان و گندم دوروم گزارش کرده‌اند، که در پی آن شمار دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاهش یافته‌اند. از طرفی جیباهو و همکاران (۱۷) هم‌بستگی مثبت بین عملکرد دانه، شمار دانه در سنبله و وزن هزاردانه را در گندم دوروم گزارش کردند و از طرفی دیگر بررسی‌های بسیاری (۱۳، ۱۶ و ۲۸) نشان می‌دهند که با افزایش تراکم، از شمار دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری کاسته شده و به دنبال آن عملکرد دانه در سنبله نیز کاهش می‌یابد. از آنجایی که افزایش تراکم، با افزایش شمار سنبله در واحد سطح می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود، بنابراین جبران بین اجزای عملکرد، در این روابط کاملاً مشخص است و با کاهشی که در شمار دانه در سنبله با افزایش تراکم رخ می‌دهد، افزایش عملکرد دانه در واحد سطح به حداقل می‌رسد. در رابطه با جزء سوم عملکرد، یعنی وزن هزار دانه، شدت و نوع تغییراتی که با افزایش تراکم به خود می‌گیرد، بسته به شرایط محیطی و شرایط کشت کاملاً متفاوت است، ولی اغلب با افزایش تراکم، از مقدار آن کاسته می‌شود (۲۴ و ۳۱).

اگرچه با افزایش تراکم بر عملکرد دانه گندم افزوده می‌شود ولی این افزایش همیشه به‌صورت خطی نبوده و بسته به دامنه تراکم‌ها ممکن است به‌صورت سهمی و گاهی خطی باشد. در تراکم‌های بسیار زیاد، ممکن است نه تنها افزایشی در عملکرد دانه دیده نشود، بلکه از عملکرد دانه نیز کاسته شود. روث و همکاران (۳۲) نشان دادند که نان با افزایش تراکم از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۶۸ کیلوگرم بذر در هکتار عملکرد دانه گندم افزایش پیدا کرد، ولی با افزایش میزان بذر به ۲۳۵ کیلوگرم در هکتار، تغییر معنی‌داری در عملکرد دانه دیده نشد.

بود و تیمار فرعی نیز تراکم کاشت در پنج سطح شامل ۲۰۰، ۲۷۵، ۳۵۰، ۴۲۵ و ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. ژنوتیپ‌های نام‌برده در ارزیابی‌های مقدماتی کلکسیون لاین‌های گندم دوروم، از ویژگی‌های زراعی و کیفی مطلوب و متفاوتی، به‌ویژه از نظر ارتفاع، پنجه دهی و مقاومت به شوری و خشکی برخوردار بودند (ارزانی، مذاکرات شخصی).

هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر با فواصل ۲۵ سانتی‌متر بود. محل اجرای آزمایش، در سال قبل از کشت در آیش بود. معادل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) به‌صورت نیمی پایه و نیمی سرک (در دو مرحله ساقه‌دهی و اوایل سنبله‌دهی) به خاک اضافه شد. کود پایه قبل از کاشت (اوایل آبان ماه سال ۱۳۷۹) پخش و به کمک دیسک با خاک مخلوط شد. مقدار فسفر و پتاسیم خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری به‌ترتیب ۲۵ و ۲۶۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک بود، بنابراین از کود فسفره و پتاسه استفاده نشد.

بذرهای مربوط به هر کرت درشماره‌های تعبیه شده به‌صورت دستی قرار گرفتند و روی آنها با ۳ سانتی‌متر خاک پوشانده شد. کشت در تاریخ‌های ۲۱ و ۲۲ آبان ماه ۱۳۷۹ انجام گرفت و در ۲۳ آبان ماه نخستین آبیاری اعمال شد. آبیاری‌های بعدی پس از استقرار گیاهچه‌ها، براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ در مرحله ساقه‌دهی، با محلول یک در هزار توفوردی سمپاشی به‌عمل آمد.

ارتفاع گیاه در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌ها (محو رنگ سبز از گلوم و گلومل)، با اندازه‌گیری ارتفاع ۱۰ ساقه که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند از سطح خاک تا انتهای سنبله به‌دست آمد. شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی با استفاده از معادله $Y = 570/46 + 99/37X$ به‌دست آمد (۳). در این معادله Y سطح برگ و X وزن خشک ۴۰ برگ تصادفی جداشده از بوته‌های مربوط به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از انتهای یکی از ردیف‌های کاشت (با رعایت حاشیه) است.

سایر یادداشت برداری‌ها و اندازه‌گیری‌های لازم در دو طول

بیکر (۹) نیز افزایش خطی عملکرد دانه گندم نان بهاره را با استفاده از تراکم‌های ۱۱۰، ۲۷۰ و ۴۳۰ بذر در مترمربع گزارش کرد، در حالی که کاک (۲۵) نشان داد که کاربرد مقادیر ۴۵۰، ۶۵۰ و ۸۵۰ بذر در هر مترمربع تأثیری بر عملکرد دانه گندم‌های دوروم و نان نداشت.

بیکر (۹) و دونالدسون و همکاران (۱۳) گزارش کردند که با افزایش تراکم کاشت تحت شرایط دیم آمریکای شمالی بر مقدار عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نان گندم به‌صورت غیرخطی افزوده می‌شود و تفاوت بین تراکم‌های بالاتر از حدوداً ۲۰۰ بذر در مترمربع از نظر آماری معنی‌دار نیست.

مطالعه گندم دوروم در ایران، به‌ویژه اصفهان، به بررسی ویژگی‌های ژنتیکی لاین‌ها و اغلب ویژگی‌های کیفی آنها محدود بوده و گزارش مکتوب قابل‌ذکری در مورد تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌ها و ویژگی‌های رشد متفاوت تحت تأثیر شرایط مختلف محیطی کشور و به‌ویژه اصفهان وجود ندارد. از همین‌رو مطالعه حاضر به بررسی واکنش سه ژنوتیپ گندم دوروم با ویژگی‌های رشد متفاوت به تراکم‌های مختلف کاشت در اصفهان پرداخته است.

مواد و روشها

این آزمایش در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹، در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲° ۳۲' شمالی و طول جغرافیایی ۵۱° ۲۳' شرقی) انجام شد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر و براساس گروه‌بندی کوپن (Koppan) دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و خشک است. میانگین بارندگی و دمای سالیانه به‌ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴/۵ درجه‌سانتی‌گراد است (۵). بافت خاک مزرعه لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب و میانگین pH آن ۷/۵ است.

آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی درچهار تکرار پیاده شد. تیمار اصلی ژنوتیپ در سه سطح شامل PI40100 و Dipper-6، Osta/Gata

بیشتر از تراکم پنجم بود (جدول ۲). بریگز (۱۲) عدم تغییر و اتمن نیز کاهش غیرمعنی‌دار ارتفاع با افزایش تراکم در ارقام گندم دوروم مورد استفاده در آزمایش خود را گزارش کرده است.

اثر متقابل ژنوتیپ در تراکم کاشت بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در ژنوتیپ‌های Osta/Gata و Dipper-6 ارتفاع گیاه با تغییر تراکم تغییر معنی‌داری پیدا نکرد، ولی در ژنوتیپ PI40100 با افزایش تراکم، ارتفاع کاهش معنی‌داری پیدا کرد. به نظر می‌رسد قدرت پنجه‌زنی بالا، همراه با رشد رویشی زیاد در ژنوتیپ اخیر سبب تسریع در ایجاد محدودیت منابع و به دنبال آن تشدید رقابت، به‌ویژه در تراکم‌های بالا شده است که در نهایت کاهش ارتفاع بوته‌ها را در تراکم‌های نام‌برده باعث شده است. ژنوتیپ و تراکم‌های کاشت هر دو از نظر شمار پنجه در بوته تفاوت داشتند (جدول ۱)، به طوری که بیشترین شمار پنجه متعلق به ژنوتیپ PI40100 و به‌طور متوسط در پایین‌ترین تراکم‌های کاشت حاصل شد (جدول ۲). تفاوت بودن رفتار پنجه‌دهی گندم و نیز کاهش در شمار پنجه در بوته با افزایش تراکم کاشت توسط سایر محققین (۶، ۲۱، ۲۲ و ۲۹) گزارش شده است. به‌علاوه، با افزایش تراکم کاشت سهم پنجه یا ساقه اصلی در عملکرد دانه گندم افزایش می‌یابد (۳۰).

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) وجود دارد (جدول ۱). ژنوتیپ‌های PI40100، Osta/Gata و Dipper-6 به ترتیب با میانگین شاخص سطح برگ ۳/۹، ۳/۲ و ۲/۶ بیشترین تا کمترین شاخص سطح برگ را نشان دادند (جدول ۲). مقدار شاخص سطح برگ هم تابع ژنوتیپ و هم تابع مرحله رشد گیاه و شرایط محیطی است، به طوری که در شرایط دم

نیم‌متری (با رعایت حاشیه) معین شده از ابتدای دوره رشد در دو ردیف کاشت انجام گرفت. شمارش تعداد دانه در سنبله و اندازه‌گیری وزن هزاردانه با برداشت طول نیم‌متری یکی از ردیف‌های معین شده فوق و انتخاب ۲۰ سنبله از آن انجام گرفت. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، طول نیم‌متری دیگر ردیف معین شده را برداشت کرده و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده، پس از توزین این نمونه‌ها عملکرد بیولوژیک براساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد. سپس وزن دانه‌های جدا شده از این نمونه، به‌عنوان عملکرد دانه یادداشت شد و در نهایت شاخص برداشت نیز به دست آمد. باقیمانده مساحت هر کرت با رعایت حاشیه برداشت شد و پس از خرمن‌کوبی و بوجاری، عملکرد نهایی دانه براساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار اس. آ. اس [Statistical Analysis System (SAS)] و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel) بهره‌گیری شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارهای آزمایشی، برای مقایسه میانگین‌ها، آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار [Least Significant Difference (LSD)] (اس. ال. دی) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. هم‌بستگی ساده بین صفات نیز به‌وسیله نرم‌افزار اس. آ. اس محاسبه شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و شمار پنجه

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) وجود دارد (جدول ۱). ژنوتیپ PI40100 با میانگین ۱۳۱ سانتی‌متر ارتفاع، بلندترین و ژنوتیپ Dipper-6 با میانگین ۸۷ سانتی‌متر ارتفاع، کوتاه‌ترین ژنوتیپ شناخته شد (جدول ۲). افزایش تراکم، تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشت (جدول ۱)، با این وجود با افزایش تراکم، از ارتفاع گیاه نسبتاً کاسته شد، به طوری که میانگین ارتفاع در تراکم اول حدوداً ۲/۵ سانتی‌متر

رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه سه زونتیپ گندم دوروم تحت تراکم‌های ...

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس برخی ویژگی‌های رشد، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت سه زونتیپ گندم دوروم در پنج تراکم کاشت

شاخص برداشت	میانگین مربعات ^(۱)										درجه	منابع تغییر
	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد دانه	وزن هزارانه	تعداد دانه در	تعداد سنبه	تعداد پنجه در	تعداد سطح	شاخص	ارتفاع گیاه		
					سنبه	سنبه	پونه	برگ				
۶۵/۱	۲۶۶۶۸۹/۵	۹۰۲۰۳۳/۱*	۳۲/۲	۱۴/۲	۱۷۸۳/۵	۰/۳۵	۱/۸۸	۱۷۷/۷	۳	۱۷۷/۷	۳	بلوک
۲۰۵۴/۴**	۳۳۰۰۳۷۰۰/۹**	۱۶۶۸۹۴۳/۸**	۲۴۸/۴*	۶۶۷/۶**	۲۵۰۳/۸	۲/۱**	۱۲/۵۵**	۱۰۳۳۵/۲**	۲	۱۰۳۳۵/۲**	۲	زونتیپ
۳۵/۸	۱۶۹۵۱۷/۸	۲۶۱۵۲۱/۰	۲۵/۱	۲/۳	۸۲۳/۹	۰/۱۵	۰/۱۸	۶۸/۴	۶	۶۸/۴	۶	خطای
۱۰/۴*	۷۳۵۷۶۷۵/۳**	۱۰۱۸۲۲۲/۱**	۵/۵*	۶۵/۸*	۲۷۰۹/۳**	۲/۲**	۰/۵*	۱۱/۹	۴	۱۱/۹	۴	(الف)
۱۰/۵	۱۶۸۷۱۱/۰	۱۴۶۱۹۶/۰	۱/۵	۳۰/۵	۲۹۸۶/۱	۰/۱	۰/۳	۳۹/۷*	۸	۳۹/۷*	۸	تراکم
۳/۰	۱۱۳۴۳۳/۱	۱۶۷۸۸/۸	۱/۹	۲/۱	۵۵۳۷/۱	۰/۱۵	۰/۱۴	۱۳	۳۶	۱۳	۳۶	زونتیپ × تراکم
												خطای (ب)

* و ** به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۲. میانگین‌های * برخی ویژگی‌های رشد، اجزای عملکرد، بیولوژیک و شاخص برداشت سه زونبپ گندم دوروم در پنج تراکم کاشت

شاخص برداشت (%)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن هزاردانه (g)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در مترمربع	تعداد پنجه در بوته	تعداد سطح برگ	ارتفاع (cm)	منابع تغییر
۳۹/۹ ^a	۱۱۰۹۷/۲ ^a	۴۴۲۲/۱ ^a	۴۰۹ ^a	۳۳۲/۸ ^a	۲/۸ ^b	۳/۲ ^b	۹/۸۰ ^b	۱۰۶/۱ ^a	زونبپ Osta/Gata
۲۴/۲ ^b	۱۱۲۹۷/۵ ^a	۲۶۵۷/۵ ^c	۳۴۵ ^b	۲۸۰/۵ ^a	۳/۳ ^a	۳/۹ ^a	۱۳۰/۷ ^a	۱۰۵/۱ ^a	P140100
۴۲/۹ ^a	۹۳۹۱/۱ ^b	۳۹۴۹/۰ ^b	۳۵۱ ^b	۳۳۷/۲ ^a	۲/۷ ^b	۲/۶ ^c	۸۶/۹ ^c	۱۰۴/۳ ^a	Dipper-6
۴/۶	۱۰۰۷/۵	۳۹۵/۷	۲/۹	۷۰/۲	۵/۳	۵/۵	۷/۴	۱۰۴/۱ ^a	LSD (۰/۰۵)
۳۴/۸ ^b	۹۶۷/۱ ^b	۳۳۴/۸ ^c	۳۷/۸ ^a	۲۸/۳ ^a	۲۵۴/۸ ^c	۳/۵ ^a	۳/۱ ^c	۱۰۶/۱ ^a	تراکم (بذر در متر مربع)
۲۵/۳ ^{ab}	۹۸۷/۳ ^b	۳۱۳/۵ ^{bc}	۳۷/۰ ^{ab}	۲۸۷/۰ ^{bc}	۲/۳ ^a	۳/۳ ^b	۱۰۵/۱ ^a	۲۰۰	
۲۵/۶ ^{ab}	۱۱۰۶۴/۸ ^a	۳۷۸/۸ ^{ab}	۳۷/۰ ^{ab}	۲۴۵/۳ ^c	۲/۸ ^b	۳/۳ ^b	۱۰۴/۳ ^a	۲۷۵	
۳۶/۸ ^a	۱۱۲۱۲/۸ ^a	۳۹۸۷/۸ ^a	۳۶ ^b	۳۶۰/۷ ^a	۲/۷ ^b	۳/۵ ^a	۱۰۴/۱ ^a	۲۵۰	
۳۶/۸ ^a	۱۱۳۰۲/۹ ^a	۳۹۴۴/۸ ^a	۳۷/۱ ^b	۳۳۷/۰ ^{ab}	۲/۵ ^c	۳/۴ ^{ab}	۱۰۴/۱ ^a	۴۲۵	
۱/۴	۱۱۲۸/۵	۳۳۹/۳	۱/۱	۵۰/۷	۵/۳	۵/۲	۳/۰	۱۰۴/۱ ^a	۵۰۰
									LSD (۰/۰۵)

* میانگین‌های هر گروه در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSP در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

غذایی فتوسنتزی که به هر پنجه تخصیص یافته کاهش پیدا کند و در نهایت در اثر نارس ماندن برخی پنجه‌ها، شمار سنبله کمتری در واحد سطح برای این ژنوتیپ به دست آمد. جانسون و همکاران (۲۳) گزارش کردند که بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان از نظر تولید سنبله در واحد سطح تفاوت وجود دارد. تراکم کاشت شمار سنبله در واحد سطح را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد، به طوری که با افزایش تراکم بر شمار سنبله در واحد سطح افزوده شد (جدول ۲). دونالدسون و همکاران (۱۳) نیز افزایش شمار سنبله در واحد سطح و کاهش شمار سنبله در بوته را با افزایش تراکم کاشت گندم نان گزارش کرده‌اند. افزایش مرگ و میر پنجه‌ها و نیز کاهش در شمار سنبله در گیاه، همراه با افزایش شمار سنبله در واحد سطح (در اثر افزایش شمار بوته) برای گندم دوروم در شرایط آب و هوایی خوزستان گزارش شده است (۲). به علاوه، در گندم نان نیز با افزایش تراکم گیاهی درصد بیشتری از پنجه‌ها قادر به تولید سنبله نخواهند بود (۳۶).

شمار دانه در سنبله

بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر شمار دانه در سنبله تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) وجود داشت (جدول ۱). ژنوتیپ Dipper-6 با حدود ۳۸ و ژنوتیپ PI40100 با حدود ۳۱ دانه در سنبله به ترتیب بیشترین و کمترین شمار دانه در سنبله را تولید کردند (جدول ۲). در ژنوتیپ PI40100 برخوردار بودن از تعداد پنجه زیاد (جدول ۲) و رشد رویشی بالا احتمالاً با تشدید رقابت درون بوته‌ای در زمان تشکیل آغازه‌های گل سبب کاهش در شمار آغازه‌های گل در سنبله و در نهایت شمار دانه در سنبله شد. عثمان و محمود (۲۹) نتایج مشابهی را در رابطه با تفاوت ارقام گندم از نظر تولید دانه در سنبله در شرایط آب و هوایی سودان گزارش کرده‌اند. تراکم کاشت شمار دانه در سنبله را در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر قرارداد (جدول ۱). با افزایش تراکم از شمار دانه در سنبله کاسته شد. تراکم اول (۲۰۰ بذر در مترمربع) با حدود ۳۸ دانه

(۲۰) مرکز کانادا مقدار آن را برای ژنوتیپ‌های گندم بهاره در مرحله گرده‌افشانی ۱/۷ گزارش کرده است. ولی در آزمایش احسان‌زاده (۱۴) مقدار شاخص سطح برگ در همان شرایط از ۱/۸ تا ۱/۸ متفاوت بوده و در بررسی آپاریسیو و همکاران (۸) برای ژنوتیپ‌های گندم دوروم بین ۱/۶ تا ۳/۱ در شرایط آبیاری ۰/۹ تا ۲/۲ در شرایط بدون آبیاری گزارش شده است. ژنوتیپ PI40100 به دلیل داشتن شمار برگ و پنجه بیشتر و سطح برگ پهن، شاخص سطح برگ بیشتری را نسبت به دو ژنوتیپ دیگر نشان داد. این امر، توانایی بالای ژنتیکی ژنوتیپ اخیر را در تولید شاخص سطح برگ بالا و به دنبال آن ظرفیت بیشتر تولید ماده خشک، می‌رساند. با افزایش تراکم کاشت، افزایش معنی‌داری در شاخص سطح برگ تراکم‌های مختلف استفاده شده در آزمایش دیده شد (جدول ۲). احسان‌زاده و زارعیان (۱) در گیاه گل‌رنگ، افزایش شاخص سطح برگ (هرچند به صورت غیرمعنی‌دار) با افزایش تراکم بوته را گزارش کردند. با افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش رقابت و کاهش شمار پنجه در هر بوته، از سطح برگ هر بوته کاسته و در صورتی که محدودیت شدیدی از نظر آب، مواد غذایی خاک و نور وجود نداشته باشد، بر شاخص سطح برگ سایه‌انداز گیاهی افزوده می‌شود. احسان‌زاده (۱۴) برای شرایط دیم مرکز کانادا عدم تغییر شاخص سطح برگ در تراکم‌های مختلف را گزارش کرده است. شاخص سطح برگ، همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.81^{**}$) را با ارتفاع بوته نشان داد (جدول ۳) که وجود چنین همبستگی دور از انتظار نیست.

تعداد سنبله در واحد سطح

بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر شمار سنبله در واحد سطح، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱). با این وجود ژنوتیپ‌های Dipper-6 و Osta/Gata تعداد سنبله در واحد سطح بیشتری را (حدود ۳۳۵ سنبله) نسبت به ژنوتیپ PI40100 (۲۸۰ سنبله) تولید کردند (جدول ۲). در ژنوتیپ PI40100 به دلیل شمار بالای پنجه، ممکن است سهم مواد

در سنبله بیشترین و تراکم پنجم (۵۰۰ بذر در مترمربع) با حدود ۳۳ دانه کمترین شمار دانه در سنبله را دارا بودند (جدول ۲). با افزایش تراکم، رقابت بین بوته‌ای بیشتر شده و چون سهم هر بوته از عناصر غذایی خاک و نور کاهش می‌یابد امکان تولید ماده خشک گیاهی و همچنین تشکیل دانه کمتری در هر سنبله وجود خواهد داشت (۳۶)، در نتیجه تعداد دانه تشکیل شده در هر سنبله کاهش می‌یابد. در آزمایش دونالدسون و همکاران (۱۳) و جوزف و همکاران (۲۴) نیز افزایش تراکم، سبب کاهش در شمار دانه در سنبله گندم نان شده است. بلو و همکاران (۱۱) نیز نشان دادند که تحت شرایط دیم با افزایش تراکم از ۳۴ به ۱۰۱ کیلوگرم بذر در هکتار، شمار دانه در سنبله گندم نان از ۳۷ عدد به ۳۱ عدد کاهش یافت.

وزن هزاردانه

وزن هزار دانه بین ژنوتیپ‌ها و تراکم‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱). ژنوتیپ Osta/Gata با وزن هزار دانه‌ای حدود ۴۱ گرم بیشترین، و ژنوتیپ‌های Dipper-6 و PI40100 با به ترتیب ۳۵/۱ و ۳۴/۵ گرم در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۲). کم بودن نسبی وزن هزار دانه ژنوتیپ PI40100 احتمالاً به اختصاص بیش از حد منابع و تولیدات فتوسنتزی به اندام‌های رویشی گیاه بر می‌گردد. کاک (۲۵) نشان داد که وزن هزار دانه میان دو ژنوتیپ گندم دوروم که از نظر پنجاه‌دهی و برخی ویژگی‌های دیگر تفاوت داشتند، کاملاً متفاوت است. افزایش تراکم کاشت در سطح احتمال ۵ درصد کاهش وزن هزاردانه را در پی داشت (جدول ۱). اگرچه اساساً وزن هزاردانه صفتی است که نسبت به سایر اجزای عملکرد کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (۲۴ و ۲۶) ولی با افزایش تراکم کاشت، به دلیل افزایش رقابت درون بوته‌ای و بین بوته‌ای، مواد فتوسنتزی کمتری به پرکردن دانه‌ها اختصاص یافته و در نهایت وزن هزاردانه کاهش می‌یابد. با این‌که تأثیر تراکم کاشت بر وزن هزار دانه گندم تحت شرایط محیطی مختلف ممکن است متفاوت باشد (۱۳)، وارگا و همکاران

(۳۴) طی گزارشی کاهش وزن هزاردانه را با افزایش تراکم کاشت نشان دادند. وزن هزاردانه هم با شمار سنبله در متر مربع ($r = -0.29^*$) و هم با شمار دانه در سنبله ($r = -0.28^*$) هم‌بستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). با افزایش تراکم کاشت شمار سنبله در واحد سطح افزایش پیدا می‌کند، که در نتیجه رقابت برای دستیابی به مواد فتوسنتزی جهت انتقال به دانه‌ها افزایش یافته و مواد فتوسنتزی کمتری به پرشدن دانه‌ها اختصاص می‌یابد و در نهایت کاهش در وزن هزار دانه با افزایش شمار سنبله در واحد سطح دیده می‌شود. به همین منوال، هر چه تعداد دانه بیشتری در هر سنبله وجود داشته باشد، به دلیل عدم کفایت تولیدات فتوسنتزی برای پرکردن دانه‌ها، به طور معمول از میانگین وزن دانه کاسته می‌شود و در نتیجه هم‌بستگی منفی بین تراکم بوته و وزن هزاردانه ایجاد می‌شود.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر تولید عملکرد دانه نشان می‌دهند (جدول ۱). ژنوتیپ Osta/Gata با ۴۴۲۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را نسبت به ژنوتیپ‌های Dipper-6 و PI40100 تولید کرد (جدول ۲). از آنجایی که شمار سنبله در مترمربع در دو ژنوتیپ Osta/Gata و Dipper-6 تقریباً برابر و شمار دانه در سنبله برای ژنوتیپ Osta/Gata از Dipper-6 کمتر است، بنابراین برتری ۱۱ درصدی ژنوتیپ Osta/Gata به ژنوتیپ Dipper-6 باید مربوط به وزن هزار دانه بالاتر ژنوتیپ Osta/Gata باشد. ژنوتیپ PI40100 علی‌رغم تولید شاخص سطح برگ بالا، نتوانست عملکرد دانه بالایی را تولید کند، و به نظر می‌رسد به‌طور عمده این امر با الگوی اختصاص مواد فتوسنتزی در این ژنوتیپ مرتبط باشد. اگر چه شاخص سطح برگ می‌تواند در عملکرد گندم نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد (۱۰) ولی در گیاهان زراعی آنچه که به‌طور عمده تعیین‌کننده عملکرد اقتصادی است، نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی بین

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی‌های ساده صفات تحت تأثیر سه ژنوتیپ گندم دوروم در پنج تراکم کاشت

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
							۱	ارتفاع بوته
						۱	۰/۸۱**	شاخص سطح برگ
					۱	-۰/۰۶	-۰/۲۱*	شمار سنبله در مترمربع
				۱	-۰/۰۷	-۰/۶۵**	-۰/۵۸**	شمار دانه در سنبله
			۱	-۰/۲۸*	-۰/۲۹*	-۰/۲۶*	-۰/۴۷**	وزن هزار دانه
		۱	۰/۵۳**	-۰/۳۴**	۰/۲۹*	-۰/۳۲*	-۰/۶۷**	عملکرد دانه
	۱	۰/۲۴	-۰/۱۸	-۰/۳۸**	۰/۲۰	۰/۵۵**	۰/۳۳*	عملکرد بیولوژیک
۱	-۰/۳۸	۰/۸۴**	۰/۶۱**	۰/۵۶**	۰/۱۶	-۰/۶۸**	-۰/۸۶**	شاخص برداشت

* و ** به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد

عملکرد گندم دوروم معرفی کرده‌اند و تامکینز و همکاران (۳۳) در مورد گندم نان زمستانه نیز چنین نتیجه‌ای گرفتند. هم‌چنین راهنما و همکاران تراکم ۴۰۰ تا ۴۵۰ دانه در مترمربع را برای گندم دوروم در خوزستان توصیه کرده‌اند. کاک (۲۵) دریافت که تراکم‌های بالاتر از ۴۵۰ بذر در مترمربع در گندم نان و گندم دوروم افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه ایجاد نکرده و جوزف و همکاران (۲۴) و راث و همکاران (۳۲) نیز دریافتند که تراکم‌های بالاتر از حدوداً ۴۵۰ بذر در مترمربع سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه گندم نان نخواهند شد. بیکر (۹) نیز گزارش کرد که در تراکم‌های بالا در شرایط دیم مرکز کانادا افزایش عملکرد دانه به صورت خطی نبوده و به‌ویژه واکنش ژنوتیپ‌های مختلف به تراکم، بستگی به شرایط محیطی دارد. اگر چه اصولاً در تراکم‌های بالا انتظار می‌رود که عملکرد دانه گیاه زراعی متأثر از محدودیت‌هایی نظیر کمبود رطوبت، مواد غذایی خاک و نور باشد (۱) ولی در آزمایش حاضر ظاهراً شرایط محیطی و دسترسی گیاه به این شرایط حداقل تا تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع چندان محدود کننده نبوده‌اند. عملکرد دانه با اجزای عملکرد مانند شمار سنبله در مترمربع ($r=0/29^*$)، شمار دانه در سنبله ($r=0/34^{**}$) و وزن هزاردانه ($r=0/53^{**}$) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد (جدول

اندام‌های مختلف است (۳۵). از این رو بزرگ‌تر بودن شاخص سطح برگ یک ژنوتیپ ضرورتاً منجر به تولید عملکرد دانه بالاتری نخواهد شد. وارگا و همکاران (۳۴) نیز نشان دادند که بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم از نظر تولید عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود دارد. افزایش تراکم در سطح احتمال یک درصد افزایش عملکرد دانه را در پی داشت (جدول ۲). تراکم اول با حدود ۳۳۳۵ کیلوگرم در هکتار، کمترین و تراکم چهارم با حدود ۳۹۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۲). البته تفاوت عملکرد دانه در تراکم‌های چهارم و پنجم از نظر آماری معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد دلیل عمده تفاوت عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف به شمار سنبله در مترمربع مربوط باشد، چرا که با افزایش تراکم بوته جزء اخیر به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده و بیشترین تغییرات را نسبت به دو جزء دیگر عملکرد به خود گرفته است. در واقع شمار دانه بیشتر در سنبله و همین‌طور وزن هزار دانه بالاتر در تراکم‌های پایین بوته نتوانست کاهش عملکرد ناشی از شمار سنبله کمتر در واحد سطح را جبران کند. بلو و همکاران (۱۱) نشان دادند که افزایش تراکم کاشت از طریق افزایش شمار سنبله در واحد سطح باعث افزایش عملکرد دانه شد. راهنما و همکاران (۳) نیز شمار سنبله در واحد سطح را مهم‌ترین جزء

۳). وجود چنین هم‌بستگی‌هایی قابل انتظار است، چرا که افزایش در هر کدام از اجزای عملکرد باعث افزایش در عملکرد دانه می‌شود. ژنوتیپ Osta/Gata به دلیل عملکرد دانه و وزن هزار دانه بالا، باعث هم‌بستگی مثبت و بالای وزن هزار دانه با عملکرد دانه شد.

عملکرد بیولوژیک

میان ژنوتیپ‌های مختلف از نظر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) وجود داشت (جدول ۱). ژنوتیپ PI40100 با ۱۱۲۹۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ژنوتیپ Dipper-6 با ۹۳۹۱ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را دارا بودند (جدول ۲). ژنوتیپ PI40100 به دلیل شمار زیاد پنجه، ارتفاع بلند و شاخص سطح برگ بالا عملکرد بیولوژیک بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر تولید کرد. عملکرد بیولوژیک نسبتاً کم در ژنوتیپ Dipper-6 به کمتر بودن شاخص سطح برگ و در نتیجه کمتر بودن سطح فتوسنتز کننده این ژنوتیپ برمی‌گردد. دونالدسون و همکاران (۱۳) تفاوت معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌های گندم که از ارتفاع و پنجه‌دهی متفاوتی برخوردار بودند در تولید عملکرد بیولوژیک گزارش کرده‌اند. احسان‌زاده (۱۴) نیز تفاوت عملکرد ماده خشک ژنوتیپ‌های گندم مورد استفاده در آزمایش خود را به ویژگی‌های رشد به‌ویژه ارتفاع، شمار پنجه و شاخص سطح برگ آنها مربوط دانسته است. افزایش تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۲) ولی افزایش عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های سوم تا پنجم از نظر آماری معنی‌دار نبود. یکی از ویژگی‌های رشدی که با تأثیرپذیری از ژنوتیپ و به‌ویژه محیط بر عملکرد ماده خشک گیاه مؤثر واقع می‌شود، شاخص سطح برگ است (۱۸). با افزایش تراکم کاشت، بر شمار پنجه در واحد سطح، شاخص سطح برگ و احتمالاً عملکرد دانه افزوده می‌شود که چنین تغییراتی در نهایت باعث افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شوند. دونالدسون و همکاران (۱۳) و بیکر (۹) نشان دادند که با

افزایش تراکم بر عملکرد بیولوژیک افزوده می‌شود که این افزایش به‌طور عمده مربوط به اجزای غیر زایشی گیاه است. عملکرد بیولوژیک با اجزای عملکرد دانه به استثنای شمار سنبله، هم‌بستگی منفی (جدول ۳) ولی با شاخص سطح برگ ($r=0/55^{**}$) و ارتفاع گیاه ($r=0/33^{**}$) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. آسی (۷) نیز وجود هم‌بستگی قوی بین سطح برگ و تولید ماده خشک گیاه را گزارش کرده است. افزایش ارتفاع و شاخص سطح برگ باعث افزایش ماده خشک، به‌ویژه در ژنوتیپ PI40100 شده که همین امر به پیدایش هم‌بستگی مثبت بین این صفات با عملکرد بیولوژیک منجر شده است.

شاخص برداشت

شاخص برداشت بین ژنوتیپ‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0/01$) را نشان داد (جدول ۱). ژنوتیپ‌های Dipper-6، Osta/Gata و PI40100 به ترتیب با ۴۲/۹، ۳۹/۹ و ۲۴/۲ درصد بیشترین تا کمترین شاخص برداشت را دارا بودند (جدول ۲). ژنوتیپ PI40100 با وجود برخوردار بودن از سطح فتوسنتزکننده بالا و به تبع آن عملکرد بیولوژیک بالا به دلیل الگوی توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی از شاخص برداشت کمتری در مقایسه با دو ژنوتیپ دیگر برخوردار بود. هم‌چنین کوچک بودن شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های پا بلند گندم توسط سایر محققان (۱۳) گزارش شده است. کاک (۲۵) نیز نشان داد که شاخص برداشت در ژنوتیپ‌های مختلف کاملاً متفاوت است و ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بیولوژیک بالاتری تولید می‌کنند در نهایت شاخص برداشت پائین‌تری خواهند داشت. شاخص برداشت با تغییر تراکم به‌طور معنی‌داری تغییر پیدا کرد (جدول ۱). تراکم اول با ۳۴/۶ درصد کمترین و تراکم‌های چهارم و پنجم با ۳۶/۷ درصد، بیشترین شاخص برداشت را دارا بودند (جدول ۲). بیکر (۹) نیز افزایش شاخص برداشت را با افزایش تراکم کاشت برای برخی ژنوتیپ‌های گندم دیم بهاره در کانادا گزارش کرد.

ناشی شده است. سایر محققان نیز وجود هم‌بستگی مثبت بین شاخص برداشت و عملکرد دانه را (۲۷) گزارش کرده‌اند. به‌طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، ژنوتیپ Osta/Gata از نظر تولید اجزای عملکرد، عملکرد دانه و شاخص برداشت نسبت به دو ژنوتیپ دیگر، به‌ویژه ژنوتیپ PI40100 برتری دارد. هم‌چنین در تراکم چهارم (۴۲۵ بذر در متر مربع) بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به‌دست آمد که نشان‌دهنده تراکم مطلوب در شرایط آب و هوایی نظیر سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ در اصفهان است.

در آزمایش دونالدسون و همکاران (۱۳) با افزایش تراکم کاشت عدم تغییر در شاخص برداشت، در برخی سال‌ها و کاهش آن در برخی دیگر از سال‌ها دیده شده است. شاخص برداشت با شاخص سطح برگ ($r=-0/86^{**}$) و ارتفاع گیاه ($r=-0/68^{**}$) هم‌بستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). هم‌چنین شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک ($r=0/39^{**}$) و با عملکرد دانه ($r=0/84^{**}$) و اجزای عملکرد دانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. هم‌بستگی منفی شاخص برداشت با شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه تا حدودی از کمتر بودن شاخص نام‌برده در ژنوتیپ PI40100، که در عین حال از شاخص سطح برگ و ارتفاع بیشتری برخوردار بود،

منابع مورد استفاده

۱. احسان‌زاده، پ. و ع. زارعیان بغدادآبادی. ۱۳۸۲. اثر تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های رشد دو رقم گلرنگ در شرایط آب و هوایی اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۷(۱): ۱۲۹-۱۴۰.
۲. راهنما، ع.، ع. بخشنده، ا. هاشمی دزفولی و ق. نور محمدی. ۱۳۷۸. تأثیر شمار پنجه در بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم دوروم در تراکم‌های مختلف کاشت. مجله علوم زراعی ایران ۱(۳): ۲۴-۳۴.
۳. سبجانی، ا. ۱۳۷۹. راهنمای تعیین شاخص سطح برگ گیاهان زراعی. مرکز تحقیقات اصلاح نهال و بذر، بخش تحقیقات بیوتکنولوژی، انتشارات فنی، تهران.
۴. کاوه، ح. ۱۳۷۲. کیفیت محصولات زراعی. مجموعه مقالات کلیدی نخستین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران، کرج.
۵. کریمی، م. ۱۳۶۶. آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶. کوچکی، ع. و م. بنایان. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
7. Aase, J. K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.* 70: 563-565.
8. Aparicio, N., D. Villegas, J. Casadesus, J. L. Araus and C. Royo. 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining Durum wheat yield. *Agron. J.* 92: 83-91.
9. Baker, R. J. 1982. Effect of seeding rate on grain yield, straw yield and harvest index of eight spring wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 62:285-291.
10. Benbi, D. K. 1994. Prediction of leaf area indices and yields of wheat. *J. Agric. Sci.* 122: 13-20.
11. Blue, E. N., S. C. Mason and D. H. Sander. 1990. Influence of planting date, seeding rate, and phosphorus rate on wheat yield. *Agron. J.* 82:762-768.
12. Briggs, K. G. 1975. Effects of seeding rate and row spacing on agronomic characteristics of Glenlea, Pitic 62 and Neepawa wheats. *Can. J. Plant Sci.* 55: 363-367.
13. Donaldson, E., W. E. Schillinger and S. M. Dofing. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. *Crop Sci.* 41:100-106.
14. Ehsanzadeh, P. 1999. Agronomic and growth characteristics of spring spelt compared to common wheat. Ph. D. Thesis, U of Sask, Saskatoon, SK, Canada.
15. Fabriai, G. and C. Lintes. 1988. Durum Wheat: Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem. Inc.
16. Feredrick, J. R. and H. G. Marshall. 1985. Grain yield and yield components of soft red winter wheat as affected by management practices. *Agron. J.* 77: 495-499.

17. Gebiahou, G., D. R. Knott and R. J. Baker. 1982. Relationships among duration of vegetative and grain filling phases, yield components and grain yield in durum wheat cultivars. *Crop Sci.* 22:287-290.
18. Gifford, R. M. and L. T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32: 485-509.
19. Gooding, M. J. and V. P. Davies. 1997. *Wheat Production and Utilization, Systems, Quality and the Environment.* CAB International.
20. Hucl, P. 1995. Growth response of four hard red spring wheat cultivars to date of seeding. *Can. J. Plant Sci.* 75: 75-80.
21. Hucl, P. and R. J. Baker. 1989. Tillering patterns of spring wheat genotypes grown in a semiarid environment. *Can. J. Plant Sci.* 69: 71-79.
22. Ishag, H. M. and M. B. Taha. 1974. Production and survival of tillers of wheat and their contribution to yield. *J. Agric. Sci.* 83: 117-124.
23. Johnson, J. W., W. L. Hargrove and R. B. Moss. 1988. Optimizing row spacing and seeding rate for soft red winter wheat. *Agron. J.* 80:164-166.
24. Joseph, K. D. S., M. M. Alley, D. E. Bran and W. D. Gravelle. 1985. Row spacing and seeding rate effects on yield and yield components of soft red winter wheat. *Agron. J.* 77:211-214.
25. Koc, M. 1996. Biomass production and grain yield of some genotypes of bread and Durum wheat under coastal Mediterranean conditions. *Rachis* 15:27-32.
26. 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.
27. Loffler, C. M. and R. H. Busch. 1982. Selection for grain protein, grain yield and nitrogen partitioning efficiency in hard red spring wheat. *Crop Sci.* 22: 591-595.
28. Mahmoud, Z. M. and A. M. Osman. 1981. Tillering of wheat as influenced by nitrogen and seed rate in Sudan. *J. Agric. Res.* 97:619-627.
29. Osman, D. G. and Z. M. Mahmoud. 1981. Yield and yield components of wheat and their relationships as influenced by nitrogen and seed rate in Sudan. *J. Agric. Res.* 97:611-618.
30. Rawson, H. M. 1971. Tillering patterns in wheat with special reference to the shoot at the coleoptile node. *Aust. J. Biol. Sci.* 24: 829-841.
31. Read, D. W. L. and F. G. Warder. 1982. Wheat and barley responses to rate of seeding and fertilizer in southwestern Saskatchewan. *Agron. J.* 74:33-36.
32. Roth, G. W., H. G. Marshall, D. E. Hatley and R. R. Hill. 1984. Effect of management practices on grain yield, test-weight and lodging of soft red winter wheat. *Agron. J.* 76:379-382.
33. Tompkins, D. K., G. E. Hultgreen, A. T. Wright and D. B. Fowler. Seed rate and row spacing of no-till winter wheat. *Agron. J.* 83: 684-689.
34. Varga, B., I. Svecngak and I. Pospisil. 2001. Winter wheat cultivars performance as affected by production systems in Croatia. *Agron. J.* 93:961-966.
35. Wiegand, C. L., A. J. Richardson and E. T. Kanemasu. 1979. Leaf area index estimates for wheat from LANDSAT and their applications for evapotranspiration and crop modeling. *Agron. J.* 71: 336-342.
36. Willey, R. W. and R. Holliday. 1971. Plant population, shading and thinning studies in wheat. *J. Agric. Sci.* 77: 453-461.