فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۲، شماره ۵۴، خرداد و تیرماه ۱۴۰۲ صفحه: ۲۷۵-۲۸۹

مقاله پژوهشی

بررسی اثر تراکم، فاصله ردیف و ژنوتیپ بر صفات فیزیولوژیک در عدس تحت شرایط دیم

سیده سودابه شبیری* و علی‌اکبر اسدی

بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۳/۰۴، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۷/۲۷)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک دو ژنوتیپ عدس کیمیا و بیله‌سوار، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات دیم خدابنده زنجان در دو سال زراعی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ اجرا شد. سه فاصله بین ردیف (۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) و شش سطح تراکم بذر (۱۵۰، ۱۷۵، ۲۰۰، ۲۲۵، ۲۵۰ و ۲۷۵ بذر در مترمربع) در نظر گرفته شد. بین دو سال اجرای آزمایش تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد کل در سطح یک درصد مشاهده شد. بین فواصل کاشت از نظر دمای برگ، هدایت روزنه‌ای، CO_2 زیر روزنه، میزان فتوسنتز در سطح احتمال پنج درصد و عملکرد کل در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر دمای برگ و عملکرد کل در سطح احتمال یک درصد و کارایی مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. با افزایش فاصله بین ردیف‌ها دمای برگ بیشتر شد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین دما به ترتیب در فاصله بین ردیف ۲۵ و ۱۵ سانتی‌متر مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای نیز به ترتیب در فاصله بین ردیف ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متری به‌دست آمد. افزایش فاصله ردیف از ۱۵ به ۲۵ سانتی‌متر عملکرد کل را کاهش داد. در فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متری کمترین دمای برگ و بیشترین میزان هدایت روزنه ای، CO_2 زیر روزنه و میزان فتوسنتز مشاهده شد و بیشترین میزان عملکرد نیز در این فاصله کشت بدست آمد؛ بنابراین با انتخاب این فاصله ردیف، از نظر این صفات فیزیولوژیک نیز مزرعه در وضعیت مطلوب‌تری قرار گرفته و در نهایت عملکرد بالاتری به‌دست آمد. بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب مربوط به تراکم بذر ۲۲۵ و ۱۵۰ بود. البته تراکم ۲۲۵ با تراکم ۲۰۰ تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین، جهت کشت عدس دیم بهترین تراکم ۲۰۰ دانه در مترمربع و بهترین فاصله ردیف برای کاشت ۱۵ سانتی‌متر بود.

کلمات کلیدی: دمای برگ، عملکرد، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز

مقدمه

عدس پس از نخود دومین گیاه بقولاتی غذایی مهم کشور محسوب شده و نقش مهمی در تأمین نیازهای پروتئینی موردنیاز کشور ایفا می‌کند (Muehlbauer *et al.*,1995). براساس آخرین آمار و اطلاعات در آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی (۹۹-۱۳۹۸)، سطح زیر کشت عدس در ایران، حدود ۱۱۶/۱۳۲ هزار هکتار بوده که ۱۱۱/۲۸۱ هکتار مربوط

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: s.shobeiri@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

به اراضی دیم و بقیه به‌صورت کشت آبی است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹).

ازآنجایی‌که میزان دسترسی به منابع مورد استفاده یک گیاه از جمله تشعشع خورشیدی، آب قابل استفاده و مواد غذایی ارتباط زیادی با تراکم گیاهی دارند، تنظیم تراکم گیاهی براساس میزان قابلیت دسترسی به این منابع و وضعیت سایر عوامل تولید جهت بالا بردن عملکرد در واحد سطح حائز اهمیت خواهد بود (جعفری و مرعشی، ۱۳۹۹). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهند که در بسیاری از موارد عملکرد عدس می‌تواند با افزایش تراکم بوته و نسبت بذر کاشته شده بهبود یابد (شبیری و همکاران، ۱۳۹۷؛ Parveen and Bhuiya, 2010). تعداد تراکم بوته و میزان بذر کشت‌شده با توجه به شرایط آب و هوایی، نوع خاک، میزان آب در دسترس در مناطق مختلف و فاکتورهای دیگر متغیر خواهد بود (Wilson and Treare,1972). بنابراین برای دستیابی به سطح بهینه تولید در هر منطقه‌ای باید سعی شود که تراکم بوته مناسب با انجام آزمایش‌ها مشخص شود (Lopez Bellido *et al.*, 2005). بنابراین انتخاب تراکم بوته مناسب براساس عوامل گیاهی و محیطی می‌تواند روی عملکرد گیاه تأثیر داشته باشد (Beech and Leach, 1989; Lather, 2000).

تحقیقات Ahmadpour و همکاران (۲۰۱۷) روی ارقام گیاه عدس و Rahbarian و همکاران (۲۰۱۱) روی ارقام نخود نشان داد که ثبات ویژگی‌های فیزیولوژیک و حفظ توان فتوسنتزی گیاه اهمیت زیادی در مطالعات مرتبط با تحمل به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم جهت کشت دارد. مطالعات Flexas و Medrano (۲۰۰۸) و Ashraf و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که استفاده از ظرفیت فتوسنتزی، فلورسانس کلروفیل و محتوای کلروفیل کل در گیاه می‌تواند به‌عنوان روشی ساده برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش خشکی در نظر گرفته شود. تنش خشکی با تغییر در میزان پارامترهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی می‌تواند به‌طور معنی‌داری بر عملکرد گیاهان با تأثیر بگذارد (Allen, 2003; Reynolds *et al.*, 1994). باید در نظر داشت که عملکرد دانه، خصوصیت پیچیده‌ای است و تحت تأثیر تعداد زیادی از فرآیندهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی گیاه و اثرات متقابل آن‌ها، قرار می‌گیرد (Monneveux and Belhassan, 1996). از این صفات و ویژگی‌ها می‌توان به میزان کلروفیل برگ که یک شاخص مفید برای بهره‌وری از پتانسیل فتوسنتزی و قدرت عمومی گیاه است اشاره کرد. کاهش معنی‌دار آن در برگ گندم و در پاسخ به خشکی تأیید شده است، به‌طوری‌که ارقام مقاوم کاهش کمتری در میزان کلروفیل در طی تنش خشکی نشان داده‌اند (Tas and Tas, 2007). Pirevatlou و همکاران (۲۰۰۸) به همبستگی مثبت میزان کلروفیل با عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش خشکی اشاره کرده‌اند. حساس‌ترین شاخص برای بررسی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه، بررسی رفتار روزنه‌هاست. واکنش برگ‌ها به‌عنوان اندام اصلی فتوسنتز کننده با توجه به دمای هوا، رطوبت نسبی هوا و سایر خصوصیات محیطی متفاوت است (پاپی موسوی و همکاران، ۱۳۹۲). حفظ و نگهداری سرعت طبیعی تبادلات گازی از جمله خصوصیاتی است که باعث افزایش رشد و عملکرد می‌شود. روزنه‌ها مدخل اصلی گیاه هستند و شکاف روزنه‌ها نقش مهمی را در کنترل تبادلات گازی، تعرق و فتوسنتز ایفا می‌کنند (Ratnayaka and Kincaid, 2005). بسته شدن روزنه‌ها در طی تنش خشکی گرچه به‌منظور کاهش هدر رفت آب صورت می‌گیرد اما به علت ممانعت از ورود CO_2 می‌تواند فتوسنتز را به کمتر از نقطه جبرانی کاهش دهد (Yordanov *et al.*, 2003). در شرایط تنش‌های محیطی تنظیم عملکرد روزنه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و بسته شدن روزنه‌ها موجب کاهش ورود CO_2 به فضای بین سلول‌های زیر روزنه شده که باعث کاهش غلظت CO_2 درون سلولی می‌شود (Zlatev and Yordanov, 2004).

از مهم‌ترین عوامل محدودکننده فتوسنتز در شرایط تنش خشکی عبارت‌اند از (۱) عوامل محدودکننده روزنه‌ای، که با بسته شدن روزنه‌ها همراه بوده و ورود CO_2 به‌عنوان عامل اصلی، آنزیم روبیسکو را محدود می‌کند، در نتیجه با کاهش CO_2 در اطراف آنزیم روبیسکو فرآیند اکسیژناسیون (تنفس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

نوری) به‌جای کربوکسیلاسیون (فتوسنتز) انجام خواهد شد (Pagter *et al*., 2005). (۲) عوامل محدودکننده غیر روزنه‌ای که شامل کاهش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در اثر تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳) کاهش مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو، مهار سنتز ریبولوز بیس‌فسفات و کاهش انتقال الکترون فتوسنتزی به فتوسیستم II است (Pagter *et al*., 2005). بستن روزنه‌ها موجب کاهش هم‌زمان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای می‌شود. روزنه‌ها میزان کارایی مصرف آب و درنهایت ظرفیت عملکرد را در فرایند فتوسنتزی تحت تأثیر قرار می‌دهند (Armand *et al*., 2015). اندازه روزنه‌ها عموماً در واکنش به عوامل محیطی و درونی تحت تأثیر قرار گرفته و در نتیجه مقدار آب تعرق یافته و گازکربنیک جذب‌شده تغییر می‌یابد (Brownlee, 2001). درصد بالایی از آب واردشده در گیاه از طریق تعرق روزنه‌ای خارج می‌شود. تعداد روزنه‌ها در واحد مساحت و اندازه آن‌ها نیز نقش مهمی در تبادلات گازی گیاه دارند. مطالعات انجام‌شده نشان داد که با افزایش سن برگ، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. ضمن اینکه آن‌ها مشاهده نمودند که رابطه ضعیفی بین فتوسنتز و میزان هدایت روزنه‌ای وجود دارد. روزنه‌ها تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله نور، میزان رطوبت، غلظت دی‌اکسید کربن و وضعیت آبی گیاه قرار می‌گیرند (Brownlee, 2001). در شرایط محیطی یکسان ارقام مختلف گیاهان زراعی توانایی تبادلات گازی متفاوتی نشان می‌دهند که ناشی از اختلاف در تعداد روزنه در واحد سطح برگ و نیز اندازه متفاوت روزنه در برگ‌هاست. طی تحقیقی بر روی دو ژنوتیپ قدیمی و جدید گندم مشخص شد که ژنوتیپ جدید سرعت فتوسنتزی بیشتری دارد و این سرعت فتوسنتز به‌واسطه هدایت مزوفیلی بیشتر بود. طی آزمایشی مشخص شد که میزان فتوسنتز گیاه زراعی به‌سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ و مساحت سطح برگ بستگی داشته است (Winter *et al*., 1988).

افزایش آگاهی از صفات فیزیولوژیک مؤثر در شکل‌گیری عملکرد دانه می‌تواند معیاری مناسب جهت انتخاب این صفات برای اصلاح عملکرد دانه باشد. تحقیقات متعددی بر روی شاخص‌های فتوسنتزی در گیاهان زراعی با تعداد محدود ژنوتیپ در شرایط تنش اجرا شده است؛ اما با توجه به واکنش متفاوت شاخص‌های فتوسنتزی در شرایط تنش، آگاهی از تنوع شاخص‌های فتوسنتزی در شرایط کشت و روابط آن‌ها با عملکرد دانه حائز اهمیت است. باوجود مطالعات فراوان در خصوص نقش صفات فیزیولوژی در تحمل تنش خشکی در گیاهان زراعی، مطالعاتی از این دست در روی عدس به‌ویژه در ایران محدود است. این تحقیق با هدف بررسی تنوع برخی صفات فیزیولوژیکی عدس و عملکرد در تراکم‌های کاشت مختلف در دو ژنوتیپ متفاوت در شرایط کشت دیم طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه اثر فاصله ردیف، نوع ژنوتیپ و تراکم کاشت بر عملکرد و صفات فیزیولوژیکی دو ژنوتیپ عدس کیمیا و بیله‌سوار این تحقیق در دو سال زراعی ۹۶-۹۵ در ایستگاه تحقیقات دیم خدابنده زنجان (با طول ۴۸ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۹ دقیقه شمالی، با ۱۸۷۵ متر ارتفاع از سطح دریا و ۳۲۰ میلی‌متر میانگین بلندمدت بارندگی) در قالب طرح اسپلیت پلات فاکتوریل با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سه فاصله بین ردیف ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر به‌عنوان فاکتور اصلی و دو ژنوتیپ عدس کیمیا و بیله‌سوار و با میزان بذر (۱۵۰، ۱۷۵، ۲۰۰، ۲۲۵، ۲۵۰ و ۲۷۵ بذر در مترمربع) به‌عنوان فاکتورهای فرعی بودند. هر واحد آزمایشی شامل چهار خط ۴ متری بود. زمین آزمایش در سال قبل آیش بود. پس از شخم و آماده‌سازی زمین که شامل دیسک و لولر و ایجاد شیار در پاییز بود، با مساعد شدن شرایط اقلیمی منطقه، کشت در اواخر اسفندماه صورت گرفت. میزان بارندگی ماهانه سال‌های آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از آماده‌سازی زمین، ۳۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۲۰ کیلوگرم اوره در هکتار برای آزمایش استفاده شد. کود سرک به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در زمان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

جدول ۱- میزان بارندگی ماه‌های سال طی دو سال زراعی مورد مطالعه

سال زراعی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مجموع
۹۵-۹۴	۰	۵۳	۳۵/۸	۴۶/۱	۴۵/۱	۵۸	۲۶/۴	۴۴/۹	۰	۰	۳۰۹/۳
۹۶-۹۵	۰	۲۷/۳	۶۱/۱	۱۹	۲۱/۳	۲۲/۴	۷۴/۶	۳۵/۲	۲	۰	۲۶۲/۹

کاشت و قبل از گلدهی) داده شد. در طول فصل رشد مراقبت‌های معمول زراعی نظیر وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات به‌طور یکسان برای تمام کرت‌ها صورت گرفت. در زمان برداشت بوته‌های هر پلات به‌صورت جداگانه برداشت و عملکرد هر پلات پس از خرمن‌کوبی توزین گردید.

علاوه بر عملکرد دانه (kg/h)، پارامترهای فیزیولوژیکی مورد بررسی شامل میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ ($\mu mol/m^2\ s$)، هدایت روزنه‌ای ($mol/m^2\ s$)، میزان تعرق ($mmol/m^2\ s$)، تشعشع فعال فتوسنتزی ($\mu mol/m^2\ s$)، غلظت داخلی دی‌اکسید کربن ($\mu mol/mol$)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی ($\mu mol\ CO_2/mol\ H_2O$) با تقسیم میزان فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی ($mmol\ CO_2/m^2\ s$) با تقسیم فتوسنتز به غلظت دی‌اکسید کربن درون روزنه‌ای و کارایی مصرف آب ($\mu mol\ CO_2/mol\ H_2O$) با تقسیم میزان فتوسنتز بر تعرق حاصل محاسبه شد (پاپی موسوی و همکاران، ۱۳۹۲). میزان کمتر فتوسنتز و فرآوری دی‌اکسید کربن در حضور مقادیر بالای دی‌اکسید کربن داخل روزنه‌ای به مفهوم پایین بودن میزان هدایت مزوفیلی و عدم توانایی سلول‌های مزوفیل در استفاده از دی‌اکسید کربن است (پاپی موسوی و همکاران، ۱۳۹۲). کارایی مصرف آب فتوسنتزی شاخصی است که میزان فتوسنتز به ازای هر واحد هدایت روزنه‌ای و تعرق را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری شاخص‌های فتوسنتزی طی یک نوبت برای هر ژنوتیپ در مرحله گلدهی عدس در ساعات ۱۰ تا ۱۲ صبح و در شدت نور بیشتر از ۱۰۰۰ Par انجام شد. صفات مورد نظر از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته سالم و بالغ از قسمت میانی بوته‌های مربوط به هر ژنوتیپ اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌های شاخص‌های فتوسنتزی توسط دستگاه اندازه‌گیری تبادل گازی قابل‌حمل مدل L.C.I ساخت کشور انگلستان انجام شد. تجزیه واریانس براساس طرح اسپلیت پلات فاکتوریل توسط نرم‌افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. بین دو سال اجرای آزمایش تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد کل، کارایی مصرف آب، تعرق و اثر متقابل میزان بذر در فاصله ردیف در پارامترهای تشعشع فعال فتوسنتزی و تعرق در سطح احتمال ۱٪ و میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۵٪ مشاهده شد. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر پارامترهای دمای برگ و عملکرد کل در سطح احتمال ۱٪ و کارایی مصرف آب در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بین تراکم‌های کشت مختلف از نظر پارامترهای تشعشع فعال فتوسنتزی و عملکرد کل اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در فاصله ردیف در پارامترهای دمای برگ و تعرق در سطح احتمال ۵٪، کارایی مصرف آب و عملکرد کل در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل میزان بذر در فاصله ردیف در پارامترهای تشعشع فعال فتوسنتزی و تعرق در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها و میزان بارش در دو سال زراعی مورد مطالعه مشاهده می‌شود که عملکرد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ بیشتر از سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ است (جدول ۳).

با افزایش فاصله بین ردیف‌ها دمای برگ بیشتر شد به‌طوری‌که بیشترین دما در فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متری و کمترین دما در فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی‌متری مشاهده شد (جدول ۴). بیشترین و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در فاصله بین ردیف ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متری به‌دست آمد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات فتوسنتزی و عملکرد دانه در ۱۷ لاین لوبیا قرمز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	تعرق	هدایت روزنه‌ای	میزان فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	عملکرد کل
A	۱	۴۴۳۴۵۰/۸	۹/۷۵	۲۰۸۴/۴	۲۵/۲۵	۰/۰۳۸	۱۳۶/۹	۲۶۶۷/۹	۰/۰۰۲۶	۰/۱۸۶	۱۵۳۴۸۰۴**
خطای ۱	۴	۸۶۷۹۴/۱	۱۶۹	۷۰۹۹/۳	۴/۶۸	۰/۰۲۲	۹۳/۲	۲۲۸۳/۶	۰/۰۰۱۴	۲/۶۱	۱۹۸۶۸
B	۲	۳۰۹۴۱۴/۳	۸۸/۹*	۷۴۵۳*	۲/۸۲	۰/۰۱۳*	۵۷/۴*	۲۰۰۶/۳	۰/۰۰۰۶	۱/۶۱	۷۵۶۴۸۹**
C	۲	۱۶۱/۶	۰/۸۸	۲۲/۷	۱/۸۴	۰/۰۰۲۲	۷/۵۳	۶۴	۰/۰۰۰۲	۰/۱۶۶	۲۹۱۲۴۹
خطای ۲	۸	۲۰۸۵۱۴/۴	۱۵/۵۶	۱۳۴۴/۵	۴/۴۲	۰/۰۰۱۹	۱۱/۳	۵۳۵/۷	۰/۰۰۰۴	۰/۹۳۱	۳۰۱۷۱
D	۱	۶۹۷۰	۱۱**	۵۳۸/۳	۲/۱۲	۰	۰/۹	۱۵/۵۲	۰/۰۰۰۱	۰/۲۵*	۲۵۱۸۶۸**
E	۲	۴۲۳۱	۱/۸۵*	۷۴۴/۵	۲/۸۴*	۰/۰۰۱۴	۱/۷۹	۲۴۵/۸	۰	۰/۳۵۶**	۳۹۳۲۳**
F	۱	۴۴۷۳/۵	۰/۸۲	۱۹۰۲/۲	۳/۶۴*	۰/۰۰۶	۱۱/۲	۱۳۹۴/۸	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۱۹	۲۳۹۳۵
G	۵	۱۵۳۷۷۰**	۰/۴۶	۴۹۱/۱	۰/۵۶	۰/۰۰۰۳	۱/۱۲	۲۰۰/۵۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۵	۱۰۹۶۶۴**
H	۱۰	۱۵۵۹۵۲**	۰/۴۱	۸۷۵/۸	۲/۰۱**	۰/۰۰۱۱	۳/۳۶	۴۱۴/۵	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۸۹	۳۴۰۰
I	۵	۲۷۱۱۲/۶	۰/۵۴	۵۷۷/۸	۱/۲۱	۰/۰۰۰۷	۲/۲۶	۲۴۸/۹	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۴۲	۴۲۳/۲
J	۱۰	۱۸۹۹۴/۴	۰/۲۲	۲۹۵/۸	۰/۲۷	۰/۰۰۰۳	۲/۴۱	۱۴۰/۱	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۵۶	۳۹۱۹
K	۵	۶۴۷/۳	۰/۱۴	۶۰۲	۰/۳۱	۰/۰۰۰۵	۰/۷	۲۰۱/۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۵۲	۷۰۸۵۲**
L	۱۰	۱۸۳۶/۱	۰/۰۶	۳۳۷	۰/۳۲	۰/۰۰۰۲	۱/۰۴	۹۵/۷	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۴۷	۵۵۳۵
M	۵	۱۳۸۵/۴	۰/۰۷۶	۶۰۹/۵	۰/۱۱	۰/۰۰۰۳	۰/۷۴	۱۸۰/۵	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۷	۲۳۷۷/۸
N	۱۲	۱۸۶۴/۹	۰/۲۱	۳۱۱/۶	۰/۶۹	۰/۰۰۰۸	۲/۰۸	۲۱۰/۸	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۳۳	۸۵۳۳
خطای ۳	۱۳۲	۴۲۹۳۴/۷	۰/۵۸	۴۸۵/۴	۰/۷۷۶	۰/۰۰۰۷	۲/۳۱	۲۳۳/۷	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۶۱	۴۶۳۶
CV%		۱۰/۹۴	۲/۰۶	۱۱/۸	۲۰/۸	۳۱/۳	۱۹/۴	۱۵/۶	۹۱/۱	۱۳/۲۱	۱۸/۰۵

**** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد**

(A): سال، (B): فاصله ردیف، (C): فاصله ردیف در سال، (D): ژنوتیپ، (E): ژنوتیپ در فاصله ردیف، (F): ژنوتیپ در سال، (G): میزان بذر، (H): میزان بذر در فاصله ردیف، (I): میزان بذر در ژنوتیپ، (J): میزان بذر در ژنوتیپ در فاصله ردیف، (K): میزان بذر در سال، (L): میزان بذر در فاصله ردیف در سال، (M): میزان بذر در ژنوتیپ در سال، (N): میزان بذر در ژنوتیپ در فاصله ردیف در سال

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در دو سال زراعی مورد بررسی

سال زراعی	تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	تعرق	هدایت روزنه‌ای	فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	عملکرد کل
۹۵-۱۳۹۴	۱۸۴۸/۳^{a}	۳۷/۰۴^{a}	۱۸۸/۶^{a}	۴/۵۷^{a}	۰/۰۹۸^{a}	۸/۶۲۴^{a}	۱۰۱/۳۳^{a}	۰/۰۴۵۷^{a}	۱/۸۹۹^{a}	۴۶۱/۴۶^{a}
۹۶-۱۳۹۵	۱۹۳۸/۹^{a}	۳۶/۶۲^{a}	۱۸۲/۴^{a}	۳/۸۹^{a}	۰/۰۷۲^{a}	۷/۰۳۲^{a}	۹۴/۳^{a}	۰/۰۳۸۷^{a}	۱/۸۴^{a}	۲۹۲/۸۸^{b}

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار دارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در سه فاصله ردیف مورد بررسی

فاصله بین ردیف	تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	تعرق	هدایت روزنه‌ای	فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	عملکرد کل
۱۵ سانتی‌متر	۱۹۲۵/۶^{a}	۳۵/۶۵^{c}	۱۹۷/۱۵^{a}	۴/۴۵۶^{a}	۰/۰۹۹۷^{a}	۸/۷۷۲^{a}	۹۱/۸۱۲^{b}	۰/۰۴۴۹^{a}	۲/۰۱۶^{a}	۴۹۵/۵^{a}
۲۰ سانتی‌متر	۱۹۳۷^{a}	۳۶/۹۹^{b}	۱۷۸/۴^{b}	۴/۱۰۱^{a}	۰/۰۸۲۵^{b}	۷/۷۱۶^{ab}	۱۰۱/۷^{a}	۰/۰۴۲۸^{a}	۱/۸۷۵^{a}	۳۱۸/۰۱^{b}
۲۵ سانتی‌متر	۱۸۱۸/۲^{a}	۳۷/۸۶^{a}	۱۸۰/۹۳^{b}	۴/۱۲۷^{a}	۰/۰۷۳۳^{b}	۶/۹۹۷^{b}	۹۹/۹۱^{ab}	۰/۰۳۹۱^{a}	۱/۷۱۷^{a}	۳۱۷/۹۷^{b}

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار دارند.

مشاهده می‌شود که با افزایش فاصله بین ردیف‌ها هدایت روزنه‌ای کمتر می‌شود. کاهش هدایت روزنه‌ای ممکن است که به دلیل افزایش شدت خشکی با افزایش فاصله بین ردیف‌ها باشد. زمانی که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود، درنتیجه بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای و درنهایت سرعت تعرق و فتوسنتز به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Chartzoulakis *et al*., 2002; Pinheiro *et al*., 2004; Kruger *et al*., 1995). جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزنه‌ها جز اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است (Klamkowski and trader, 2006) و بسته شدن روزنه‌ها در پاسخ به کمبود آب رفتار مشترکی است که در میان گونه‌های گیاهی به چشم می‌خورد (Pearce *et al*., 2006). از طرف دیگر نیز بیشترین میزان CO_2 زیر روزنه در فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی‌متری مشاهده شد. تحقیقات روی حبوبات از قبیل نخود، عدس و لوبیا نشان داده که تحت تأثیر تنش خشکی غلظت CO_2 درون برگی به‌واسطه بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد (Amiri *et al*., 2017; Armand *et al*., 2015). با کاهش غلظت دی‌اکسید کربن داخل برگ و کاهش انتقال آن به کلروپلاست فتوسنتز محدود می‌گردد (Kicheva *et al*. 1994). طی تحقیق صورت گرفته بر روی ارقام پابلند و پاکوتاه گندم مشخص شد که ارقام پاکوتاه گندم با سطح برگ پرچم کوچک‌تر، ظرفیت تبادل خالص دی‌اکسید کربن بیشتری در مقایسه با ارقام پابلند دارند (Bishop and Bugbee, 1998). همچنین این وضعیت در مورد میزان فتوسنتز کل نیز صادق است به‌طوری‌که بیشترین میزان فتوسنتز در فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی‌متری و کمترین میزان فتوسنتز در فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متری مشاهده شد. کاهش هماهنگ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت شرایط محیطی، نشان‌دهنده محدودیت روزنه‌ای در فتوسنتز است (Austin, 1989). برخی محققین اعلام داشتند بین صفات فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در گیاه کلزا ارتباطی وجود ندارد (Wells *et al*., 1982) و برخی دیگر در گیاه سویا بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای ارتباط معنی‌داری را گزارش کرده‌اند (Hobbs and Mahon, 1982) طی تحقیق دیگری که بر روی گندم انجام گرفت ارتباط معنی‌دار بین هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز مشاهده شد (Austin *et al*., 1980). سرعت آسیمیلاسیون خالص حساس‌ترین جز ظرفیت بیوشیمیایی به تنش کم‌آبی است و می‌تواند نقطه کنترل کلیدی تحمل خشکی باشد (Kruger *et al*., 1995). Zou و همکاران (۲۰۰۷) نیز در آزمایش‌های خود مشاهده کردند که تنش کم‌آبی در طول مدت پر شدن دانه میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای را کاهش داده و پیری برگ را تسریع می‌کند.

از نظر عملکرد کل بیشترین میزان عملکرد در فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی‌متر مشاهده شد و با افزایش فاصله به ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر از میزان عملکرد کل کاسته شد. Vinod و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند در فواصل ردیف باریک‌تر رقابت برای دریافت نور کمتر و درصد بیشتری از نور جذب‌شده و به افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه منجر شد. در واقع می‌توان گفت در فاصله ردیف کم میزان کارایی تشعشع بیشتر از فاصله ردیف بالا است (Tomar, 2004). به‌علاوه در این شرایط میزان تبخیر غیرمفید ناشی از بسته شدن سریع‌تر کانوپی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

و کاهش برخورد مستقیم نور به فضای بین ردیف‌ها کاهش می‌یابد (Suyin *et al*., 2010). Chengci و همکاران (۲۰۰۸) و Ercoli و Masoni (۱۹۹۵) در گندم نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند. از آنجا که تراکم بوته نقش بسیار مهمی در مدیریت مزرعه و گیاه به عهده دارد، لذا تعیین تراکم بوته ضمن جلوگیری از مصرف بی‌رویه بذر و کاهش هزینه‌ها، امکان حداکثر استفاده از پتانسیل ژنوتیپ‌های مختلف را میسر می‌سازد و باعث افزایش عملکرد و درآمد کشاورزان خواهد شد. هر ژنوتیپ نیز ویژگی‌های خاص خود را داشته و در تراکم مناسب امکان ظهور پتانسیل تولید بالا را دارد. میزان تراکم معمول طبق دستورالعمل فنی مؤسسه دیم ۲۰۰ دانه در مترمربع با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر است ولی در شرایط دیم برای جلوگیری از تبخیر و برای دستیابی به عملکرد بالاتر امکان کشت در فاصله ردیف‌های کمتر نیز وجود دارد که نتایج این تحقیق نیز مؤید این مطلب است.

از نظر دمای برگ، ژنوتیپ کیمیا دمای برگ پایین‌تری را نسبت به ژنوتیپ بیله‌سوار نشان داد (جدول ۵). از طرف دیگر ژنوتیپ کیمیا کارایی مصرف آب بالاتر و عملکرد کل بیشتری نیز نسبت به ژنوتیپ بیله‌سوار داشت (جدول ۵). اندازه‌گیری عملکرد دانه یکی از شاخص‌های مهم در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی برای مقامت به خشکی بخصوص می‌باشد؛ اما به دلیل وراثت‌پذیری پایین این صفت، اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تنش خشکی در کنار آن ضروری به نظر می‌رسد (Blum, 1985). از این صفات می‌توان میزان کلروفیل برگ که یک شاخص مفید برای بهره‌وری از پتانسیل فتوسنتزی و قدرت عمومی گیاه است نام برد به‌طوری‌که در طی تنش خشکی در گندم ارقام مقاوم کاهش کمتری در میزان کلروفیل نشان داده‌اند (Tas and Tas, 2007). Pirevatlou و همکاران (۲۰۰۸) نیز به همبستگی مثبت میزان کلروفیل با عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش خشکی اشاره کرده‌اند. پاپی موسوی و همکاران، (۱۳۹۲) نیز رفتار روزنه‌ها را حساس‌ترین شاخص برای بررسی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه عنوان کردند.

بین تیمارهای تراکم بذری کشت‌شده مشاهده شد که تراکم ۲۲۵ بذر در مترمربع دارای بیشترین عملکرد و تراکم بذر ۱۵۰ بذر در مترمربع دارای کمترین عملکرد کل بود (جدول ۶). با توجه به روند تغییرات عملکرد در بین تیمارهای آزمایش مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم از ۱۵۰ تا ۲۲۵ بذر در مترمربع عملکرد کل افزایش می‌یابد ولی این روند تا تراکم ۲۷۵ بذر در مترمربع کاهشی می‌شود. بنابراین می‌توان در این شرایط تراکم ۲۲۵ بذر در مترمربع را به‌عنوان بهترین تراکم بذری در نظر گرفت. Parveen و Bhuiya (۲۰۱۰) گزارش دادند که میزان بذر یکی از عوامل اصلی است که نقش مهمی در رشد، عملکرد و کیفیت عدس دارد. افزایش عملکرد در واکنش به افزایش تراکم بوته در واحد سطح، می‌تواند ناشی از افزایش تعداد غلاف در واحد سطح، بهبود جذب تشعشع خورشیدی، افزایش ظرفیت فتوسنتزی، استفاده بهینه از واحد سطح زمین زراعی، کاهش تعداد علف‌های هرز در بین ردیف‌های کاشت و کاهش رقابت بین گیاهی برای جذب نور، آب و مواد غذایی باشد. درحالی‌که با کاهش تراکم بوته در واحد سطح امکان بهره‌برداری حداکثر از منابع طبیعی رشد نظیر نور، آب، مواد غذایی و خاک زراعی میسر نمی‌شود (مصطفوی‌راد و همکاران، ۱۴۰۰). تحقیقات مختلف نشان داده گیاهان به تراکم‌های مختلف از طریق تغییرات در اندازه و تعداد اندام پاسخ می‌دهند. پاسخ گیاهان به تراکم می‌تواند به‌طور عددی به‌وسیله "قانون عملکرد متقابل" شرح داده شود. هنگامی‌که تراکم گیاهی تغییر می‌کند، محیط هر گیاه نیز برحسب شدت نور، کیفیت و در دسترس بودن منابع مانند آب و مواد غذایی تغییر خواهد کرد (Villalobos *et al*., 2017). تراکم مطلوب بوته در واحد سطح هم به عوامل زیادی از جمله خصوصیت‌های ظاهری گیاه، تاریخ کاشت و غیره بستگی دارد. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در بسیاری از موارد عملکرد عدس می‌تواند با افزایش تراکم بوته و نسبت بذر کاشته شده بهبود یابد که تعداد تراکم بوته و میزان بذر کشت‌شده با توجه به شرایط آب و هوایی، نوع خاک، میزان آب در دسترس در مناطق مختلف و فاکتورهای دیگر متغیر خواهد بود (Wilson

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در دو ژنوتیپ مورد بررسی

ژنوتیپ	تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	تعرق	هدایت روزنه‌ای	فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	عملکرد کل
کیمیا	۱۸۸۷/۹^{a}	۳۶/۶^{b}	۱۸۷/۰۷^{a}	۴/۱۲۹^{a}	۰/۰۸۵^{a}	۷/۷۶۴^{a}	۹۸/۰۸^{a}	۰/۰۴۱^{a}	۱/۹۰۴^{a}	۴۱۱/۳۲^{a}
بیله‌سوار	۱۸۹۹/۳^{a}	۳۷/۰۶^{a}	۱۸۳/۹^{a}	۴/۳۲۷^{a}	۰/۰۸۵^{a}	۷/۸۹۳^{a}	۹۷/۵۵^{a}	۰/۰۴۳^{a}	۱/۸۳۵^{b}	۳۴۳/۰۲^{b}

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار دارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در سه فاصله ردیف مورد بررسی

میزان بذر در مترمربع	تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	تعرق	هدایت روزنه‌ای	فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	عملکرد کل
۱۵۰ بذر	۱۸۹۷/۳^{a}	۳۶/۷^{a}	۱۸۸/۰۳^{a}	۴/۰۹^{a}	۰/۰۸۶^{a}	۷/۶۰۸^{a}	۹۶/۳۶۷^{a}	۰/۰۴۰۵^{a}	۱/۸۷۴^{a}	۲۹۲/۰۶^{c}
۱۷۵ بذر	۱۹۲۳/۴^{a}	۳۶/۷۴^{a}	۱۸۹/۰۶^{a}	۴/۲۵^{a}	۰/۰۸۵^{a}	۷/۸۴۹^{a}	۹۶/۶۵۴^{a}	۰/۰۴۱۳^{a}	۱/۸۶۴^{a}	۳۵۴/۵۴^{b}
۲۰۰ بذر	۱۹۲۲/۸^{a}	۳۶/۸^{a}	۱۸۹/۱^{a}	۴/۳۹^{a}	۰/۰۸۹^{a}	۸/۱۱۲^{a}	۹۵/۰۸۱^{a}	۰/۰۴۳^{a}	۱/۸۵۸^{a}	۴۳۲/۹۶^{a}
۲۲۵ بذر	۱۹۲۰/۸^{a}	۳۶/۹۲^{a}	۱۸۲/۰۳^{a}	۴/۲^{a}	۰/۰۸۴^{a}	۷/۷۵^{a}	۹۸/۶۲۳^{a}	۰/۰۴۳^{a}	۱/۸۷۹^{a}	۴۴۰/۸۸^{a}
۲۵۰ بذر	۱۷۶۲/۶^{b}	۳۶/۸۴^{a}	۱۸۰/۹^{a}	۴/۰۹^{a}	۰/۰۸^{a}	۷/۷۲۴^{a}	۱۰۱/۸۱^{a}	۰/۰۴۳^{a}	۱/۸۸۵^{a}	۳۸۲/۱۲^{b}
۲۷۵ بذر	۱۹۳۴/۹^{a}	۳۷^{a}	۱۸۳/۸^{a}	۴/۳۴^{a}	۰/۰۸۶^{a}	۷/۹۲۷^{a}	۹۸/۳۵۸^{a}	۰/۰۴۳^{a}	۱/۸۵۷^{a}	۳۶۰/۴۶^{b}

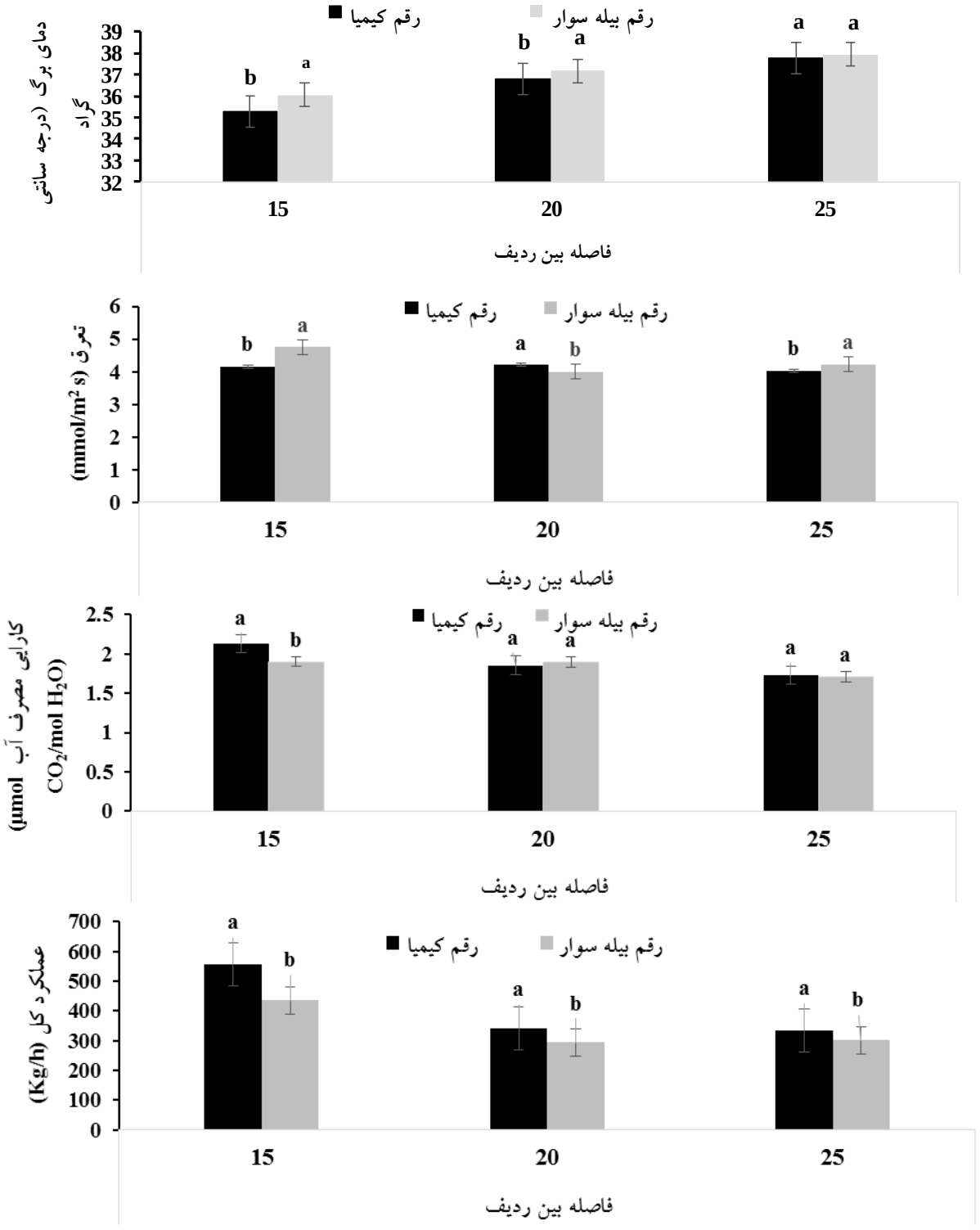
میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار دارند.

and Treare,1972)؛ بنابراین برای دستیابی به سطح بهینه تولید در هر منطقه‌ای باید سعی شود که تراکم بوته مناسب با انجام آزمایش‌ها مشخص شود (Lopez Bellido *et al.*, 2005). انتخاب تراکم بوته مناسب که براساس عوامل گیاهی و محیطی صورت گیرد روی عملکرد تأثیر می‌گذارد (Beech and Leach, 1989; Lather, 2000). Mckenzi و همکاران (۱۹۸۹) نشان دادند که عملکرد دانه و اجزای آن در عدس تحت تأثیر تراکم و نوع ژنوتیپ قرار می‌گیرد. Hayat و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که وزن دانه در سویا و ماش تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفتند و بیشترین میزان تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در دانه و وزن دانه در تراکم ۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در بررسی شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف عدس توسط ملک‌ملکی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داده شد که تیمار تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته تأثیر معنی‌داری داشت به‌طوری‌که با افزایش تراکم بوته عدس در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت افزایش یافت. حبیب‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی تأثیر تراکم کاشت بر روی سه ژنوتیپ ماش مشاهده کردند که تعداد شاخه و غلاف در بوته در بین اجزای عملکرد بیشتر تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفتند و بعضی از خصوصیات از قبیل تعداد گل در بوته، تعداد دانه در غلاف، میزان مواد فتوسنتزی تولیدشده و تخصیص این مواد و پتانسیل عملکرد تحت تأثیر ژنوتیپ گیاه قرار می‌گیرند.

برای دستیابی به عملکرد مورد انتظار، به سطح سبز مطلوب نیاز است و تحت شرایط مساعد، تولید ماده خشک با افزایش تراکم بوته تا رسیدن به سطحی که بالاتر از آن رقابت بین بوته‌ای ایجاد نشود، افزایش می‌یابد (Miguele *et al.*, 2005). با این وجود در بعضی از موارد استفاده از تراکم بوته بالاتر از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

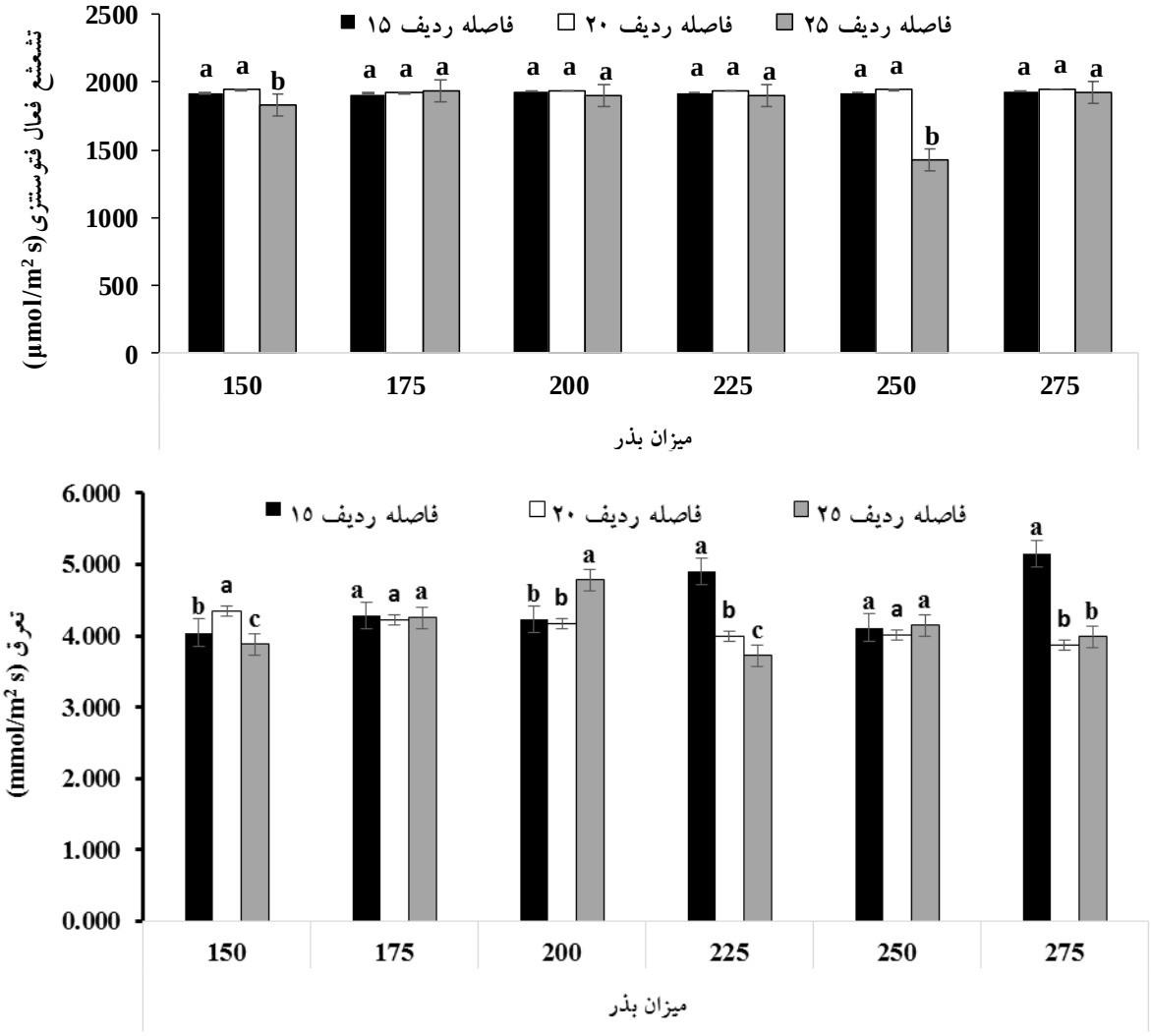
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]



شکل ۱- روند تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری شده در اثر متقابل رقم در فاصله بین ردیف

تراکم بهینه قابل توجیه است. به‌عنوان مثال، تراکم بالا و ردیف‌های باریک به‌واسطه سایه‌اندازی بیشتر قدرت رقابتی محصول نخود (*Cicer arietinum* L.) را با علف‌های هرز افزایش می‌دهند (Miguele *et al.*, 2005). تراکم کاشت بالا و بسته شدن سریع پوشش گیاهی هدر رفتن آب از سطح خاک به‌واسطه تبخیر را کاهش می‌دهد. درصورتی‌که تحت شرایط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]



شکل ۲- روند تغییرات پارامترهای تشعشع فعال فتوسنتزی (µmol/m² s) و تعرق (mmol/m² s) در اثر متقابل میزان بذر در فاصله بین ردیف

خشکی تراکم بوته افزایش و یا فاصله ردیف‌ها کاهش داده شود، مصرف آب در اوایل فصل افزایش‌یافته و آب کمتری برای نمو بذر باقی خواهد ماند. انتخاب تراکم مطلوب بوته در شرایط دیم با توجه به اقلیم و عوامل محدودکننده، نقش اساسی در حصول عملکرد مطلوب دارد (لباسچی و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین تراکم بالا ممکن است باعث کاهش شیوع شته‌ها و ویروس‌هایی شود که توسط آن‌ها منتقل می‌شوند (Pilbeam *et al.*, 1991).

شکل ۱ روند تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ در فاصله بین ردیف برای پارامترهای دمای برگ، میزان تعرق، کارایی مصرف آب و عملکرد کل را نشان می‌دهد. در دو پارامتر دمای برگ و عملکرد کل اثر متقابل تغییر در مقدار مشاهده می‌شود. بدین معنی که اختلافات مشاهده‌شده بیشتر ناشی از تغییرات ناچیز رخ داده در میزان این پارامترها بوده و در روند کلی افزایش یا کاهش تأثیر چندانی ندارد یعنی با افزایش فاصله بین ردیف‌های کاشت، در پارامتر دمای برگ در هر دو ژنوتیپ افزایش و در عملکرد کل در هر دو ژنوتیپ کاهش مشاهده می‌شود. با بررسی ژنوتیپ‌های کلزا گزارش مشخص شد که تنش کمبود آب، باعث افزایش دمای برگ می‌شود و در ژنوتیپ‌های متحمل‌تر در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، این تغییرات کمتر و پایداری عملکرد بیشتر است. به‌طورکلی دمای برگ با تنش خشکی مطابقت دارد و به دنبال کاهش آب قابل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نهایت تعرق آن نیز کاهش می‌یابد (Pasban Eslam, 2011). بر مبنای بیلان انرژی در سطح برگ، کاهش تعرق منجر به افزایش دمای برگ می‌شود (Carcova *et al.*, 1998). در یک آزمایش مزرعه‌ای روی سه ژنوتیپ یونجه مشاهده شد که مقادیر پایین‌تر هدایت روزنه‌ای با دماهای بالاتر تاج پوشش برگ مطابقت دارد (Johnson and Rummbaugh, 1995). وجود تفاوت معنی‌دار در دمای برگ بین ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به خشکی گندم و وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین شاخص مورد بحث و عملکرد دانه در شرایط تنش آبی نیز گزارش شده است (Golestani Araghi and Assad, 1998). همبستگی منفی و معنی‌دار بین هدایت روزنه‌ای با دمای برگ دمای برگ نشان می‌دهد که این شاخص در گزینش ژنوتیپ‌های بهاره متحمل به خشکی گلرنگ بسیار مناسب است (Pasban Eslam, 2011). ژنوتیپ بیله‌سوار میزان تعرق بالاتری را در فاصله بین ردیف ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متری نسبت به ژنوتیپ کیمیا نشان می‌دهد. به همین ترتیب این ژنوتیپ کارایی مصرف آب کمتری را نسبت به ژنوتیپ کیمیا در این دو فاصله کاشت نشان می‌دهد. این روند منطقی به نظر نمی‌رسد زیرا ژنوتیپ معنی‌دار نشدن اختلافات موجود بین سطوح مختلف فاصله بین ردیف‌ها میزان تعرق و کارایی مصرف آب با افزایش فاصله بین ردیف‌ها کاهش می‌یابد.

شکل ۲ روند تغییرات اثر متقابل میزان بذر در فاصله بین ردیف برای پارامترهای تشعشع فعال فتوسنتزی و تعرق را نشان می‌دهد. در پارامتر تشعشع فعال فتوسنتزی علا ژنوتیپ معنی‌دار شدن اثر متقابل روند تغییرات خاصی مشاهده نمی‌شود و کاهش شدید در سطح ۲۵۰ بذر در فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متری ناشی از خطای اندازه‌گیری باشد. در پارامتر تعرق روند تغییرات به‌صورتی است که در سطوح بالای میزان بذر با افزایش فاصله بین ردیف‌ها میزان تعرق کاهش می‌یابد ولی در سطوح پایین‌تر میزان بذر روند خاصی وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

با افزایش فاصله بین ردیف‌ها دمای برگ افزایش و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت. کاهش هدایت روزنه‌ای ممکن است که به دلیل افزایش شدت خشکی با افزایش فاصله بین ردیف‌ها باشد. زمانی که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود، درنتیجه بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای و درنهایت سرعت تعرق و فتوسنتز به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. بیشترین میزان CO_2 زیر روزنه و میزان فتوسنتز در فاصله بین ردیف ۱۵ سانتی‌متر مشاهده شد. کاهش هماهنگ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت شرایط محیطی، نشان‌دهنده محدودیت روزنه‌ای در فتوسنتز است. با افزایش فاصله بین ردیف عملکرد کل کاهش یافت. با توجه به این‌که در فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متری کمترین دمای برگ و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای، CO_2 زیر روزنه و میزان فتوسنتز مشاهده شد و بیشترین میزان عملکرد نیز در این فاصله کشت به‌دست آمد؛ بنابراین با انتخاب این فاصله ردیف، از نظر این صفات فیزیولوژیک نیز مزرعه در وضعیت مطلوب‌تری قرار گرفته و در نهایت عملکرد بالاتری به‌دست خواهد آمد. میزان تراکم معمول طبق دستورالعمل فنی مؤسسه دیم ۲۰۰ دانه در مترمربع با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر است ولی در شرایط دیم برای جلوگیری از تبخیر و برای دستیابی به عملکرد بالاتر امکان کشت در فاصله ردیف‌های کمتر نیز وجود دارد که نتایج این تحقیق نیز مؤید این مطلب است. بین تیمارهای تراکم بذری کشت‌شده، مشاهده شد که تراکم ۲۲۵ بذر در مترمربع دارای بیشترین عملکرد بود که با تراکم ۲۰۰ بذر در مترمربع هم تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به روند تغییرات عملکرد در بین تیمارهای آزمایش مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم از ۱۵۰ تا ۲۲۵ بذر در مترمربع عملکرد کل افزایش می‌یابد ولی این روند تا تراکم ۲۷۵ بذر در مترمربع کاهشی می‌شود؛ بنابراین با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان این‌گونه استنباط کرد که در این شرایط تراکم ۲۰۰ بذر در مترمربع با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر را به‌عنوان بهترین تراکم بذری در نظر گرفت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

منابع

آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۹) سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸. جلد اول. محصولات زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

پاپی موسوی، ا.، ارزانی، ا. و سعیدی، ق. ا. (۱۳۹۲) ارزیابی تنوع مؤلفه‌های فتوسنتزی در لاین‌های دابل‌هاپلویید کلزا و روابط آنها با عملکرد دانه در شرایط مزرعه. فرایند و کارکرد گیاهی ۳: ۵۵-۴۸.

حبیب‌زاده، ی.، ممقانی، ر. و کاشانی، ع. (۱۳۸۶) اثر تراکم‌های متفاوت کاشت بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و پروتئین در سه ژنوتیپ ماش (*Vigna radiate* L.) در منطقه اهواز. مجله علوم کشاورزی ۳۰: ۱۳-۱.

حسین‌زاده، س. ر.، چنیانی، م. و سلیمی، ا. (۱۳۹۳) بررسی اثر متانول بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۵: ۸۲-۷۱.

جعفری، ر. و مرعشی، س. ک. (۱۳۹۹) اثر تراکم بذر و الگوی کاشت بر خصوصیات رشدی و عملکردی ماش (*Vigna radiate* L.) در شرایط آب و هوایی باغملک. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۱: ۲۱-۱۲.

شبیری، س. س.، خرسندی، ه. و کامل، م. (۱۳۹۷) اثر فاصله خطوط کشت و میزان بذر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دو ژنوتیپ عدس در شرایط سردسیر دیم. نشریه زراعت دیم ایران ۷: ۱۴۲-۱۲۵.

مصطفوی‌راد، م.، نوبهار، ا.، غلامی، م.، رهبر ضیابری، ا.، جهانساز، ح.، ادیبی، ش. و اکبرزاده، ا.، (۱۴۰۰) اثر متقابل روش کشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه و برخی صفات فیزیولوژیک لاین‌های جدید بادام زمینی در شرایط اقلیمی گیلان. نشریه تولید گیاهان زراعی ۱۴: ۶۴-۵۱.

ملک‌ملکی، ف.، مجنون حسینی، ن. و علیزاده، ح. (۱۳۹۰) تأثیر تراکم بوته بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد در دو رقم عدس(*Lens culinaris* Medik). مجله علوم گیاهی زراعی ایران ۱: ۴۰-۳۳.

لباسچی، م. ح.، شریفی عاشورآبادی، ا.، مکی‌زاده تفتی، م.، اسدی صنم، س. و کریم‌زاده اصل، خ. (۱۳۹۶) تأثیر تراکم بوته بر عملکرد کمّی و کیفی سه گونه آویشن (Thymus) در شرایط دیم سه استان کشور. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۳۳: ۹۱۴-۸۹۷.

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S. R., Armand, N. and Chashiani, S. (2017) Evaluation of growth features, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes activity of lentils cultivars in response to water stress. Nova Biologica Reperta 4: 226-235.

Allen, J. F. (2003) Cyclic, pseudocyclic and noncyclic photophosphorylation: New links in the chain. Trends Plant Science 8: 15-19.

Amiri, H., Ismaili, A. and Hosseinzadeh, S. R. (2017) Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Karaj). Compost Science and Utilization 26: 1-14.

Armand, N., Amiri, H. and Ismaili, A. (2015) Interaction of methanol spray and water deficit stress on photosynthesis and biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry. Photochemistry and Photobiology 92: 1-219.

Ashraf, M., Nawazish, S. H. and Athar, H. (2007) Are chlorophyll fluorescence and photosynthetic capacity potential physiological determinants of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Botany 39: 1123-1131.

Austin, R. B. (1989) Genetic variation in photosynthesis. Journal of Agricultural Science 112: 287-293.

Austin, R. B., Bigham, J., Blackwell, R. D., Evans, L.T., Ford, M. A., Morgan, C. L. and Taylor, M. (1980) Genetic improvement in winter wheat yields during 1900 and associated physiological changes. Journal of Agricultural Science Cambridge 94: 675-89.

Beech, D. F. and Leach, C. J. (1989) Comparative growth, water use and yield of chickpea, safflower wheat in Southeastern Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture 29: 655-662.

Bishop, D. L. and Bugbee, B. G. (1998) Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat. Journal of Plant Physiology 153: 558-565.

Blum, A. (1985) Breeding crop varieties for stress environments. Critical Reviews in Plant Sciences 2: 199-238.

Brownlee, C. (2001) The long and short of stomatal density signals. Trends in Plant Science 6: 441-442.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

Carcova, J., Maddonni, G. A. and Ghersa, C. M. (1998) Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Research 55: 165-174.
Chartzoulakis, K., Patakasb, A., Kofidisc, G., Bosabalidisc, A. and Nastoub, A. (2002) Water stress affects on leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Scientia Horticulturae 95: 39-50.
Chengci, C., Neill, K., Wichman, D. and Westcott, M. (2008) Hard red spring wheat response to row spacing, seeding rate, and nitrogen. Agronomy Journal 100: 1296-1302.
Ercoli, L. and Masoni, A. (1995) Effects of row spacing and orientat ion on yield and yield components of winter wheat. Agriculture Mediterranea 125: 215-221.
Flexas, J. and Medrano, H. (2008) Drought-inhibition of photosynthesis in C3-plants: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. Annual of Botany 183: 183-189.
Golestani Araghi, S. and Assad, M. T. (1998) Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica 103: 293-299.
Hayat, F., Arif, M. and Kakar, K. M. (2003) Effects of seed rates on mungbean varieties under dry landconditions. International Journal of Agriculture and Biology 5: 160-161.
Hobbs, S. L. A. and Mahon, J. D. (1982) Variation, heritability and relation to yield of physiological characters in peas. Crop Science 32: 773-7799.
Johnson, D. A. and Rumbaugh, M. D. (1995) Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. Range Management Journal 48: 126-131.
Kicheva, M. L., Tsonev, T. D. and Popova, L. P. (1994) Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. Photosynthetica 30: 107-116.
Klamkowski, K. and Treder, W. (2006) Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. Agricul Conspectus Science 71: 159-165.
Kruger, G. H. J., Van Rensburg, L. and Mahtis, P. (1995) Carbon dioxide fixation: Stomatal and non-stomatal limitations in drought stressed *Nicotina tobacum* L. cultivar. 10th International Photosynthesis Congress, Montpellier, France 5: 505-510.
Lopez Bellido, F. J., Lopez Belido, L. and Lopez Belido, R. J. (2005) Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Europ Journal of Agronomy 23: 359-378.
Lather, V. S. (2000) Promising chickpea ideotype for higher plant density. International ChickpeaNewsletter 7: 26-28.
Mckenzi, B. A., Miller, M. E. and Hill, G. G. (1989) The relationship between lentil crop population and weed biomass in Canterbury. CAB Abstract.
Miguele, Z., Frade, M. M. and Valenciano, J. B. (2005) Effect of sowing density on the yield and yield components of spring-sowing irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) growing in Spain. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 4: 367-371.
Monneveux, P. and Belhassen, E. (1996) The diversity of drought adaptation in the wide. Plant Growth Regulation 20: 85-92.
Muehlbauer, F. J., Kaiser, W. J., Clement, S. L. and Erfield, R. J. (1995) Production and breeding of lentil. Advanced Agronomy 54: 283-332.
Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. (2005) Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.
Pasban Eslam, B. (2011) Evaluation of physiological indices for improving water deficit tolerance in spring safflower. Journal of Agriculture Science and Technology 13: 327-338.
Pearce, D. W., Millard, S., Bray, D. F. and Rood, S. B. (2006) Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. Tree Physiology 26: 211-218.
Parveen, K. and Bhuiya, M. S. U. (2010) Effect of method of sowing and seed rate on the yield and yield components of lentil. Journal of Agroforestry and Environment 4: 155-157.
Pilbeam, C. J., Hebblewait, P. D., Rickett, H. E. and Nyongesa, T. E. (1991) Effect of plant population density on determinate and indeterminate forms of winter field bean (*Vicia faba*). Part 1: yield and yield components. Journal of Agricutltural Science 116: 373-383.
Pinheiro, C., Passarinhoa, J. A. and Ricardo, C. P. (2004) Effect of drought and reatering on the merabolism of *pinus albus* organs. Journal of Plant Physiology 161: 1203-1210.
Pirevatlou, A. S., Aliyev, R. T., Hajieva, S. I., Javadova, S. I. and Akparov, Z. (2008) Structural changes of the photosynthetic apparatus, morphological and cultivation responses in different wheat genotypes under drought stress condition. Genetic Resources Institute, Baku, Republic of Azerbaijan.
Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A. R. and Najafi, F. (2011) Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica 53: 47-56.
Ratnayaka, H. H. and Kincaid, D. (2005) Gas exchange and leaf ultra structure tinnevelly senna, *Cassia angustifulia*, under drought and nitrogen stress. Crop Science 45: 840-847.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

Reynolds, M. P., Balota, M., Delgado, M. I. B., Amani, I. and Fischer, R. A. (1994) Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, dry irrigated conditions. Australian Journal of Plant Physiology 21: 717-730.

Suyin, C., Xiying, Z., Hongyong, S., Tusheng, R. and Yanmei, W. (2010) Effect of winter wheat row spacing on evaport ranspiration, grain yield and water use efficiency. Agriculture Water Management 97: 1126-1132.

Tas, S. and Tas, B. (2007) Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in Turkiye. World Journal of Agricultural Sciences 3: 178-183.

Tomar, S. K. (2004) Response of rainfed wheat to sowing methods and seed rate under dryland condition. Madras Agricultural Journal 91: 47-51.

Villalobos, F. J., Victor, O. and Sadras, E. F. (2017) Plant Density and Competition. Springer International Publishing.

Vinod, S., Angiras, N. N. and Shahram, V. (1996) Effect of row orientations, row spacing and weed control on light interception, canopy temperature and productivity of wheat Indian. Journal of Agronomy 41: 390-396.

Wells, R., Schulze, L. L., Ashley, D. A., Boerma, H. R. and Brown, R. H. (1982) Cultivars differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to yield in soybeans. Crop Science 22: 886-90.

Wilson, V. E. and Treare, I. D. (1972) Effect of between and within row spacing on component of lentil yield. Crop Science 12: 507-510.

Winter, S. R., Musick, J. T. and Porter, K. B. (1988) Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistance winter wheat. Crop Science 28: 512-516.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2003) Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgharestan Journal of Plant Physiology 2: 187-206.

Zlatev, Z. S. and Yordanov, I. T. (2004) Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarestan Journal of Plant Physiology 30: 3-18.

Zou, G. H., Liu, H. Y., Mei, H. W., Liu, G. L., Yu, X. Q., Li, M. S., Wu, J. H., Chen, L. and Luo, L. J. (2007) Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. Journal of Integrative Plant Biology 49: 1508-1516.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]

Investigation of the effect of density, row spacing and cultivar on physiological traits in lentils in rainfed conditions

Seyedeh Soudabeh Shobeiri *, and Ali Akbar Asadi *

Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran

(Received: 25/05/2022, Accepted: 19/10/2022)

Abstract

In order to investigate the effect of plant density on yield and physiological traits of two cultivars of lentils Kimia and Bilesvar, a factorial split plot experiment with a randomized complete block design with three replications was conducted at Khodabandeh Dryland Research Station in Zanjan in two cropping years 2015 to 2017. Three spacing between rows (15, 20 and 25 cm) and six levels of seed density (150, 175, 200, 225, 250 and 275 seeds per m^2) were considered. Between the two years of the experiment, a significant difference was observed in terms of total yield at the 1%. In terms of the parameters of leaf temperature, stomatal conductance, substomatal CO_2, photosynthesis rate at 5% and total yield at 1%, significant difference was observed between planting intervals. Significant difference was observed between the studied genotypes in terms of leaf temperature and total yield at 1% and water use efficiency at 5%. As the distance between the rows increased, the leaf temperature increased, so that the highest and lowest temperatures were observed at the distance between the rows of 25 and 15 cm, respectively. The highest and lowest stomatal conductance were obtained at the distance between rows of 15 and 25 cm, respectively. Increasing the row spacing from 15 to 25 cm decreased the total yield. At 15 cm row spacing, the lowest leaf temperature and the highest stomatal conductance, substomatal CO2 and photosynthesis rate were observed, and the highest yield was also obtained in this row distance; Therefore, by choosing this row distance, in terms of these physiological traits, the farm will be in more favorable condition and eventually a higher yield will be obtained. The highest and lowest yields were related to seed densities of 225 and 150, respectively. Of course, the density of 225 was not significantly different from the density of 200. Therefore, for the cultivation of dry lentils, the best density was 200 seeds per square meter and the best row spacing for planting was 15 cm.

Keywords: Leaf temperature, Photosynthesis, Stomatal conductance, Yield

Corresponding author, Email: s.shobeiri@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-09-04]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.17.7]