دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی پارامترهای فتوسنتزی و روابط آن‌ها با عملکرد دانه در لاین‌های لوبیا قرمز در شرایط مزرعه

سید سودابه شبیری[۱]، علی اکبر اسدی[۲]، محمود عظیمی[۳] و اسماعیل سهرابی[۴]

۱ و ۳- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
۲- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
(نویسنده مسوول: asadipm@gmail.com)
۴- کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۱۵

صفحه: ۶۳ تا ۷۶

چکیده

استفاده از صفات فیزیولوژیکی از بهترین روش‌ها برای تولید سریع واریته‌های جدید است به همین دلیل به‌منظور ارزیابی عوامل فتوسنتزی و روابط آن‌ها با عملکرد کل در لوبیا قرمز آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان در شرایط آبیاری نرمال در طی دو سال زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تمامی صفات (به‌جز تشعشع فعال فتوسنتزی) اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تمامی صفات (به‌جز تشعشع فعال فتوسنتزی) اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند. این نتایج حاکی از وجود تنوع بالای ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها ازلحاظ صفات مرتبط با فتوسنتز و درنتیجه ظرفیت عملکرد بوده است. ژنوتیپ‌های G1، G2، G4، G9 و G12 میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ ها نشان دادند. ژنوتیپ‌های G6، G7 و G3 دارای هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و فتوسنتز کمتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها بودند. بین صفات میزان فتوسنتز با CO_2 زیر روزنه‌ای همبستگی منفی معنی‌دار و با صفات هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و عملکرد همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد؛ بنابراین ژنوتیپ‌های دارای فتوسنتز بیشتر علاوه بر هدایت روزنه‌ای بالا هدایت مزوفیلی و به عبارتی کارایی بیشتری در استفاده از دی‌اکسید کربن وارد شده به روزنه را دارا هستند و درنتیجه از غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای آن‌ها کاسته شده است بنابراین بین صفات فتوسنتز، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی رابطه نزدیکی وجود دارد. تجزیه رگرسیون نشان داد وقتی‌که عملکرد کل به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته می‌شود صفات تشعشع فعال فتوسنتزی و میزان فتوسنتز عملکرد دانه را توجیه می‌کنند. ولی وقتی میزان فتوسنتز به‌عنوان متغیر تابع باشد صفات تشعشع فعال فتوسنتزی، CO_2 زیر روزنه‌ای، دمای برگ و میزان تعرق تغییرات میزان فتوسنتز را توجیه می‌کنند. با توجه به وجود تنوع در شاخص‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌ها، می‌توان این آزمایش را در شرایط مختلف تنش مانند خشکی و شوری نیز انجام داده و نتایج را با شرایط نرمال این ژنوتیپ‌ها جهت انتخاب ژنوتیپ‌های کارآمد در شرایط تنش مورد بهره‌برداری قرار داد.

واژه‌های کلیدی: تنوع، تعرق، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی

مقدمه

حبوبات به‌ویژه لوبیا از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین در اکثر کشورها به‌خصوص کشورهای درحال‌توسعه می‌باشد چرا که از نظر اقتصادی از پروتئین حیوانی ارزان‌تر بوده و تأمین‌کننده مناسبی برای ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری در جیره غذایی انسان می‌باشد (۲۲، ۱۵، ۳۵). سطح زیر کشت این محصول در جهان حدود ۳۳/۸ میلیون هکتار و میزان تولید آن ۳۰/۲ میلیون تن با متوسط عملکرد ۱۵۵۷ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۲۴). سطح زیر کشت لوبیا در ایران طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، ۱۰۵۲۹۹ هکتار با متوسط عملکرد ۲۱۶۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۱).

استفاده از صفات فیزیولوژیک بهترین روش برای تولید سریع واریته‌های جدید است (۵۷). ولی اصلاح برای محیط‌های نامطلوب، نیاز به درک عمیق فرایندهای تعیین‌کننده عملکرد دارد (۱۳). درک بهتر پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاهان به تنش‌های محیطی می‌تواند به‌نژادگر را در برنامه‌هایی که هدف آن‌ها اصلاح برای تحمل به خشکی یا شوری است، یاری نماید (۲۰، ۳۸). افزایش آگاهی از صفات فیزیولوژیک مؤثر در شکل‌گیری عملکرد دانه می‌تواند معیاری مناسب جهت انتخاب این صفات برای اصلاح عملکرد دانه باشد.

فتوسنتز مهم‌ترین فرایند گیاهی است که نقش بسزایی در تثبیت کربن و تولید مواد آلی در گیاهان دارد (۱۲). حساس‌ترین شاخص برای بررسی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه، بررسی رفتار روزنه‌هاست. واکنش برگ‌ها به‌عنوان اندام اصلی فتوسنتز کننده با توجه به دمای هوا، دمای برگ، رطوبت نسبی هوا و سایر خصوصیات محیطی متفاوت است. حفظ و نگهداری سرعت طبیعی تبادلات گازی ازجمله خصوصیاتی است که

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

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 (۵). بستن روزنه‌ها موجب کاهش هم‌زمان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای می‌شود. روزنه‌ها میزان کارایی مصرف آب و درنهایت ظرفیت عملکرد را در فرایند فتوسنتزی تحت تاثیر قرار می‌دهند. اندازه روزنه‌ها عموماً در واکنش به عوامل محیطی و درونی تحت تأثیر قرار گرفته و درنتیجه مقدار آب تعرق یافته و گاز کربنیک جذب شده تغییر می‌یابد. نتایج مطالعات حاکی از این است که درصد بالایی از آب وارد شده در گیاه از طریق تعرق روزنه‌ای خارج می‌شود. مطالعات انجام شده توسط برونلی (۲۰۰۱) نشان داد که با افزایش سن برگ، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. ضمن اینکه رابطه ضعیفی بین فتوسنتز و میزان هدایت روزنه‌ای مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که روزنه‌ها تحت تاثیر عوامل محیطی ازجمله نور، میزان رطوبت، غلظت دی‌اکسید کربن و وضعیت آبی گیاه قرار می‌گیرند (۱۶). 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 رقم قدیمی و جدید گندم مشخص شد که رقم جدید سرعت فتوسنتزی بیشتری دارد و این سرعت فتوسنتز به‌واسطه هدایت مزوفیلی بیشتر بود. همچنین نتایج نشان داد که میزان فتوسنتز گیاه زراعی به‌سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ و مساحت سطح برگ بستگی داشته است (۵۹).

افزایش آگاهی از صفات فیزیولوژیک موثر 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 محیطی تنش، آگاهی از تنوع ژنوتیپی شاخص‌های فتوسنتزی در شرایط محیطی عادی و روابط آنها با عملکرد کل دانه حائز اهمیت است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عوامل فتوسنتزی و روابط آن‌ها با عملکرد دانه کل در ۱۷ رقم و لاین لوبیا قرمز در طی دو سال متوالی در شرایط مزرعه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی عوامل فتوسنتزی و روابط آن‌ها با عملکرد کل در لوبیا قرمز، تعداد ۱۷ لاین و رقم لوبیا قرمز (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان در شرایط آبیاری نرمال به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹) کشت گردید. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق پائیزه، شخم سطحی بهاره، دیسک و لولر صورت گرفت. عناصر غذایی ماکرو و میکرو بر اساس آزمون خاک به زمین داده شد. مشخصات خاک ایستگاه در جدول ۲ نشان داده شده است. از علف‌کش پیش‌کاشت تریفلورالین به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار به‌منظور کنترل علف‌های هرز قبل از کاشت استفاده شد. لاین‌ها و ارقام موردنظر با فواصل بین بوته ۵ و فواصل ردیف ۵۰ سانتیمتر بر روی چهار خط شش متری کشت گردیدند. آبیاری پس از ۵۰-۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر انجام شد. در طول دوران رشد و نمو مراقبت‌های زراعی به‌طور یکسان برای تمامی ژنوتیپ‌ها در کرت‌های آزمایشی انجام شد. در زمان برداشت بوته‌های هر پلات به‌صورت جداگانه برداشت و عملکرد دانه هر پلات (کیلوگرم در هکتار) پس از خرمن‌کوبی توزین گردید.

صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی شامل عملکرد دانه (kg/h)، 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.

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 می‌باشد. 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 لوبیا در ساعات ۱۰ تا ۱۲ صبح و در شدت نور بیشتر از ۱۰۰۰ پار انجام شد. صفات موردنظر 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 مرکب بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. تجزیه همبستگی و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام با متغیر تابع عملکرد و میزان فتوسنتز نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. لازم به ذکر است که در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام با متغیر فتوسنتز از صفاتی که در محاسبه فتوسنتز به کار رفته‌اند استفاده نشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش

Table 1. Genotypes studied in the experiment

کد	رقم یا لاین	کد	رقم یا لاین	کد	رقم یا لاین
G1	KS31361	G7	KS31336	G13	KS31264
G2	KS31360	G8	KS31338	G14	KS31340
G3	KS31362	G9	KS31353	G15	KS31363
G4	KS31359	G10	افق	G16	KS31339
G5	یاقوت	G11	KS31148	G17	دادفر
G6	KS31358	G12	KS31253		

جدول ۲- مشخصات خاک منطقه کشت آزمایش

Table 2. Soil characteristics of the experimental cultivation area

درصد اشباع (٪)	هدایت الکتریکی Ds/m	pH	مواد خنثی شونده %	کربن آلی %	پتاسیم ppm	فسفر ppm	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)
۰/۳۹	۰/۷۰۳	۸/۲۴	۵/۱	۰/۵۹	۲۶۵	۲/۴	۳۴	۳۰	۳۶

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. بین دو سال اجرای آزمایش تفاوت معنی‌داری در صفات مورد مطالعه به‌جز صفات تشعشع فعال فتوسنتزی، CO_2 زیر روزنه‌ای و میزان فتوسنتز مشاهده شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تمامی صفات (به‌جز تشعشع فعال فتوسنتزی) اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان دادند. این نتایج حاکی از تنوع بالای ژنتیکی این ژنوتیپ‌ها ازلحاظ صفات مرتبط با فتوسنتز و درنتیجه ظرفیت عملکرد بوده است. از طرف دیگر اثرمتقابل ژنوتیپ در سال در صفات تعرق، هدایت روزنه‌ای، میزان فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و عملکرد کل معنی‌دار شد که نشان می‌دهد روند تغییرات این صفات بین ژنوتیپ‌ها در طول دو سال مورد بررسی یکسان نیست، بنابراین تجزیه‌های واریانس جداگانه بین ژنوتیپ‌ها در سطح هرسال برای این صفات انجام شد (جدول ۶).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات فتوسنتزی و عملکرد دانه در ۱۷ لاین لوبیا قرمز

Table 3. Analysis of variance of photosynthetic traits and grain yield in 17 red bean genotypes

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
سال	۱	۵۷۱۴۰۸/۶	۷۳۲/۷**	۱۹۵۳۹/۹	۲۹۹**	۰/۴۴۳**	۱۰۴/۴	۵۰۴۸/۶**	۰/۰۰۸*	۱۳۹/۸**	۴۳۸۷۷۸۹۹/۲
خطای ۱	۴	۲۲۸۱۵۷/۷	۱۵	۳۰۹۱/۸	۸/۵۸	۰/۰۱۲	۲۳/۲	۱۵۹/۷	۰/۰۰۱	۰/۵۱	۴۶۵۰۷۳/۹
ژنوتیپ	۱۶	۹۳۶۹/۳	۱/۰۰۹**	۹۱۸/۳**	۱/۴۱**	۰/۰۳۷*	۳۸/۲**	۱۸۱/۵*	۰/۰۰۱**	۰/۶۹**	۳۲۸۱۳۲۷/۵**
رقم در سال	۱۶	۴۰۷۲/۹	۰/۷۱۶	۶۳۳/۴	۱/۶۴**	۰/۰۳۵*	۳۵/۱**	۱۰۱/۹۹	۰/۰۰۰۹**	۰/۳۳	۱۶۴۶۹۸۲/۳**
خطای ۲	۶۴	۷۹۲۴	۰/۴۳۳	۴۵۷/۲	۰/۵۰۲	۰/۰۱۷	۷/۰۸	۱۰۱/۳	۰/۰۰۰۳	۰/۲۶	۵۹۹۵۵۷/۹
CV%		۵/۲	۲/۲	۸/۷	۱۱/۴	۲۶/۶	۱۲/۷	۲۱/۶	۱۹	۱۳/۸	۲۹

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

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در دو سال زراعی

Table 4. Comparison of mean traits related to photosynthesis and yield in the two years

سال	تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	تعرق	هدایت روزنه‌ای	فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	عملکرد کل
سال ۹۸	۱۶۱۹ a	۲۶/۷۶۵ b	۲۳۲/۴۵ a	۴/۵۱۶ b	۰/۴۱۸ b	۲۲/۰۶ a	۵۳/۶۵ a	۰/۰۹۷ a	۴/۸۸ a	۳۳۲۸/۴ a
سال ۹۹	۱۷۶۵/۴ a	۳۲/۰۸۴ a	۲۶۰/۹ a	۷/۹۱۱ a	۰/۵۵۲ a	۱۹/۹۷ a	۳۹/۴۲ b	۰/۰۷۸ b	۲/۵۴ b	۲۰۰۹/۴ b

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار دارند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا قرمز

Table 5. Comparison of mean traits related to photosynthesis and yield in different genotypes of red beans

کد	دمای برگ	CO2 زیر روزنه‌ای	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	کارایی مصرف آب
G1	۲۸/۶۵ b	۲۴۲/۵ ab	۴۲/۶۰۶ ab	۴/۱۱۸ ab
G2	۲۹/۰۷ ab	۲۳۹/۱۷ ab	۵۷/۶۷۱ a	۴/۰۰۷ abc
G3	۲۹/۱۱ ab	۲۶۲/۶۷ a	۴۵/۱۰۵ ab	۳/۳۲۶ abc
G4	۲۸/۹۵ ab	۲۴۲ ab	۴۳/۳۸۶ ab	۴/۱۵۳ abc
G5	۲۸/۸۵ ab	۲۴۷/۳۳ ab	۴۳/۳۶۸ ab	۴/۰۳۶ abc
G6	۲۹/۳۸ ab	۲۵۷/۱۷ ab	۴۴/۱۴۴ ab	۳/۵۷۸ abc
G7	۲۹/۲۵ ab	۲۶۶/۱۷ a	۳۸/۴۵۷ b	۳/۲۴۳ bc
G8	۲۹/۷۲ ab	۲۵۱/۳۳ ab	۴۸/۰۴۶ ab	۳/۴۳۵ abc
G9	۲۹/۴۷ ab	۲۲۶/۸۳ b	۵۳/۴۳۱ ab	۴/۲۲۲ a
G10	۲۹/۷۲ ab	۲۶۶ a	۴۰/۱۲۳ ab	۳/۱۳۳ c
G11	۲۹/۶۲ ab	۲۳۵/۸۳ ab	۴۹/۸۲۴ ab	۳/۹۰۲ abc
G12	۲۹/۶۸ ab	۲۳۵/۸۳ ab	۴۶/۰۹۹ ab	۳/۹۴۷ abc
G13	۲۹/۵۸ ab	۲۵۰/۶۷ ab	۴۵/۵۶۹ ab	۳/۵۵ abc
G14	۲۹/۶ ab	۲۵۲/۶۷ ab	۴۰/۶۱۷ ab	۳/۵۵۸ abc
G15	۲۹/۸۸ a	۲۴۸/۸۳ ab	۴۵/۸۶۳ ab	۳/۴۴۰ abc
G16	۲۹/۹۲ a	۲۳۶ ab	۵۵/۰۰۶ ab	۳/۶۱۹ abc
G17	۲۹/۷۷ ab	۲۳۲/۵ ab	۵۱/۷۵۴ ab	۳/۸۳۰ abc

میانگین‌های دارای حروف غیرمشابه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار دارند

جدول ۶- جدول تجزیه واریانس صفات در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هرسال

Table 6. Analysis of variance of traits in the studied genotypes in each year

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعرق	هدایت روزنه‌ای	فتوسنتز	هدایت مزوفیلی	عملکرد کل
سال ۹۸	۱۶	۰/۲۸۸۴**	۰/۰۱۳۷**	۲۷/۵۴۸**	۰/۰۰۱**	۳۹۶۷۲۴۲**
سال ۹۹	۱۶	۲/۷۵۷۶**	۰/۰۵۷۷*	۴۵/۷۳۵**	۰/۰۰۰۹۷**	۹۶۶۳۶۰

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

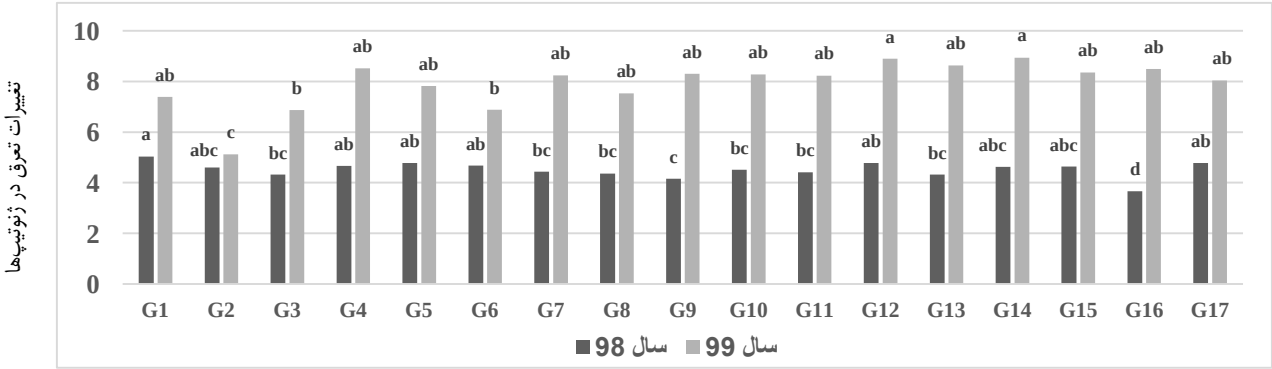
دمای برگ: بین دو سال مورد بررسی از نظر دمای برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که در سال اول دمای برگ ۲۶/۷۵ و در سال دوم ۳۲/۰۸ درجه بود (جدول ۴). البته با توجه به دمای متفاوت دو روز اندازه‌گیری این اختلاف طبیعی می‌باشد. دامنه تغییرات دمایی برگ در بین ژنوتیپ‌ها بین ۲۸/۶۵ برای ژنوتیپ G1 تا ۲۹/۹۲ برای ژنوتیپ G16 متغیر بود. بااین‌حال دو ژنوتیپ G15 و G16 با ژنوتیپ G1 اختلاف معنی‌دار نشان دادند. بین بقیه ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

CO_2 زیر روزنه‌ای: اختلاف مشاهده‌شده از نظر میزان CO_2 زیر روزنه‌ای بین دو سال متوالی معنی‌دار نبود (جدول ۴). غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای به ترتیب در ژنوتیپ‌های G7، G10 و G3 بیشترین و ژنوتیپ G9 کمترین میزان را نشان دادند. با کاهش غلظتCO_2 داخل برگ و کاهش انتقال آن به کلروپلاست، فتوسنتز محدود می‌گردد (۳۶). 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 (۱۲).

تعرق: با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل و تجزیه واریانس جداگانه این صفت در دو سال متوالی مشاهده می‌شود که در هر دو سال بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۶). اثر متقابل از نوع تغییر در مقدار است. در بین ژنوتیپ‌ها در دو سال مورد بررسی بیشترین میزان اختلاف به ژنوتیپ G16 و کمترین میزان، مربوط به ژنوتیپ G2 بود (شکل ۱). در سال ۹۸ بیشترین میزان تعرق به ژنوتیپ G1 و کمترین میزان به ژنوتیپ‌های G9 و G16 اختصاص داشت (شکل ۱). به همین ترتیب، در سال ۹۹ بیشترین میزان تعرق به ژنوتیپ‌های G12 و G14 و کمترین میزان به ژنوتیپ G2 بود (شکل ۱). کاهش تعرق منجر به کاهش فتوسنتز و کارایی مصرف آب می‌شود (۱۹). درواقع گیاهان در معرض نور کم و تنش کمبود آب بیشتر تحت تنش خواهند بود (۶). نتایج برخی پژوهش‌ها که بر روی گندم انجام گرفت نشان داد که کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای، منجر به مصرف آب پایین‌تر در گیاه و نیز موجب افزایش پتانسیل آب برگ پرچم می‌شود. طبق برخی گزارش‌ها مشاهده‌شده است که با افزایش آب موجود در گیاه میزان تعرق در گیاه افزایش می‌یابد (۱۶).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]



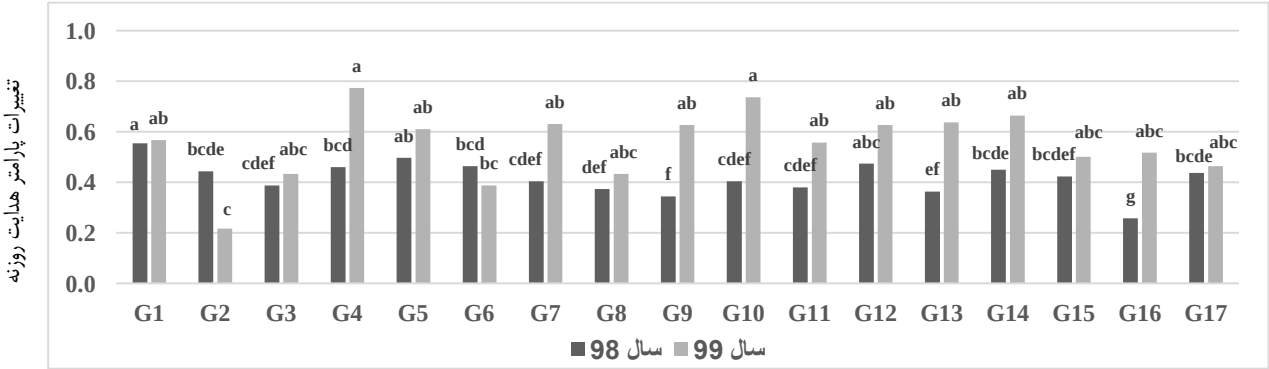
شکل ۱- روند تغییرات تعرق در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو سال
Figure 1. The trend of transpiration changes in the studied genotypes in two years

هدایت روزنه‌ای: با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل و تجزیه واریانس جداگانه صفت هدایت روزنه‌ای در دو سال متوالی مشاهده می‌شود که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۶). اثر متقابل از نوع تغییر در ترتیب است. در سال اول بیشترین هدایت روزنه‌ای مربوط به ژنوتیپ G1 و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ G16 بود (شکل ۲)، به همین ترتیب در سال دوم بیشترین هدایت روزنه‌ای مربوط به ژنوتیپ‌های G4 و G10 و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ G2 بود (شکل ۲). به‌منظور به دست آوردن کارایی مصرف آب لحظه‌ای، میزان فتوسنتز بر هدایت روزنه‌ای تقسیم می‌شود (۵۱). 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 (۴۷، ۳۹، ۱۷). جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزنه‌ها جزء اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است (۳۷) و بسته شدن روزنه‌ها در پاسخ به کمبود آب رفتار مشترکی است که در میان گونه‌های گیاهی به چشم می‌خورد (۴۶). آنیا و هرزوگ (۵) گزارش کردند که با گذشت زمان از استرس خشکی، در لوبیا چشم‌بلبلی، سرعت فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای کاهش و در مقابل غلظت CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای افزایش می‌یابد. آن‌ها بیان کردند که علت این امر ممکن است به خاطر پیری برگچه‌ها باشد. همچنین، کاهش در سرعت آسیمیلاسیون عمدتاً به خاطر بسته شدن روزنه‌ها بود. بااین‌حال بعضی محدودیت‌های ناشی از تنظیم غیر روزنه‌ای نیز مشاهده‌شده بود.

سازگاری به خشکی در لوبیا چشم‌بلبلی وابسته به حداقل رسانیدن تلفات آب به‌وسیله کنترل شکاف روزنه است (۲۱). اثبات شده است که لوبیا قادر به نگهداری پتانسیل آب برگی بالا یا محتوای رطوبت نسبی برگی بالا، طی تنش آبی است (۵۵). درنتیجه می‌تواند از پسابیدگی بافت جلوگیری کند. این راهبرد به‌واسطه بسته شدن روزنه‌ها، ممکن است باعث کاهش در آسیمیلاسیون CO_2 و کاهش رشد و عملکرد شود.

طی تحقیقات انجام گرفته توسط وینتر و همکاران (۵۹) بر روی گندم، مشخص گردید که هدایت روزنه‌ای فاکتور مناسبی جهت غربال کردن ژنوتیپ‌ها نیست و این شاخص بسته به شرایط محیطی متفاوت خواهد بود. شاید به همین دلیل باشد که در مطالعه حاضر روند تغییرات در دو سال متوالی شدیداً متفاوت است و اثر متقابل تغییر در ترتیب را به وجود آورده است. برخی محققین اعلام داشتند بین صفات فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در گیاه کلزا ارتباطی وجود ندارد (۵۸) و برخی دیگر در گیاه سویا بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای ارتباط معنی‌داری را گزارش کرده‌اند (۳۰). طی تحقیق دیگری که بر روی گندم انجام گرفت ارتباط معنی‌دار بین هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز مشاهده شد (۱۰).

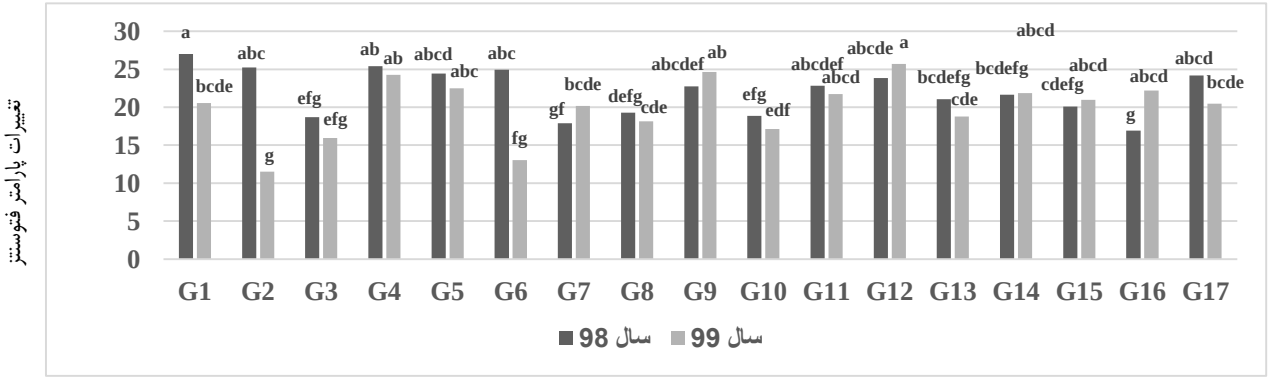
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]



شکل ۲- روند تغییرات پارامتر هدایت روزنه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو سال
Figure 2. The trend of changes in stomatal conductance in the studied genotypes in two years

فتوسنتز: با معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در سال و تجزیه واریانس جداگانه این صفت در دو سال متوالی مشاهده می‌شود که بین ژنوتیپ‌ها در هر دو سال متوالی اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۶). اثر متقابل از نوع تغییر در ترتیب می‌باشد. در سال ۹۸ بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به ژنوتیپ‌های G1 و G4 و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G16 و G7 بود. به همین ترتیب در سال ۹۹ بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به ژنوتیپ‌های G12، G4 و G9 و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G2 و G6 بود (شکل ۳). نکته قابل‌توجه اختلاف زیاد بین میزان فتوسنتز بین دو سال در ژنوتیپ‌های G2 و G6 و اختلاف اندک در باقی ژنوتیپ‌ها بود. البته باید دانست که میزان فتوسنتز خالص با زمان ثابت نمی‌باشد و با افزایش سن گیاه یک افت نزولی نشان می‌دهد. کاهش هماهنگ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت شرایط محیطی، نشان‌دهنده محدودیت روزنه‌ای در فتوسنتز است (۹). بسته شدن روزنه‌ها موجب توقف فتوسنتز می‌گردد که علی‌رغم حفظ آب، به علت افزایش دمای برگ نامطلوب است. نرخ بالاتر فتوسنتز بدون وجود تغییرات قابل توجه در عملکرد می‌تواند به دلیل اثرات چندژنی عملکرد در طی پر شدن دانه و یا به دلیل روش اندازه‌گیری میزان فتوسنتز (به‌عنوان‌مثال، در یک برگ و تنها برای یک دوره کوتاه از زمان) باشد. گزارش موجود در ارقام هیبرید کلزا حاکی از این است که سرعت فتوسنتز خالص در ارقام ناسازگار و دیررس کمتر از هیبریدهای زودرس بوده و ازآنجاکه مقدار فتوسنتز با افزایش مدت‌زمان فتوسنتز روزانه یا افزایش دوام سطح برگ در طول پر شدن دانه بیشتر می‌شود، بنابراین هیبریدهای زودرس از توان تولید عملکرد بیشتری در مقایسه با هیبریدهای دیررس برخوردارند (۴۱).

آسیمیلاسیون خالص CO_2 از طریق فرایند فتوسنتز، اولین مرحله تولید بیوماس است (۵) و سرعت آسیمیلاسیون خالص حساس‌ترین جزء ظرفیت بیوشیمیایی به تنش کم‌آبی است و می‌تواند نقطه کنترل کلیدی تحمل خشکی باشد (۳۹). زو و همکاران (۶۲) نشان دادندکه تنش کم‌آبی در طول مدت پر شدن دانه میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای را کاهش داده و پیری برگ را تسریع می‌کند.



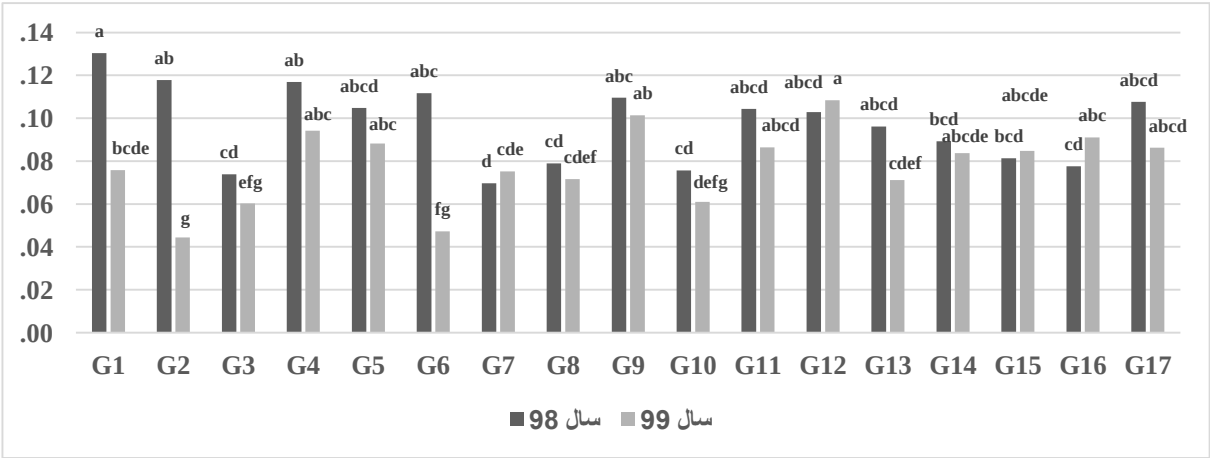
شکل ۳- روند تغییرات پارامتر فتوسنتز در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو سال
Figure 3. The trend of photosynthetic changes in the studied genotypes in two years

کارایی مصرف آب فتوسنتزی: کارایی مصرف آب فتوسنتزی در سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بود به همین دلیل میزان فتوسنتز در اکثر ژنوتیپ‌ها در سال اول نسبتاً بیشتر بود (جدول ۴). بیشترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی مربوط به ژنوتیپ‌های G2 و G16 و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ G7 بود (جدول ۵). با افزایش پتانسیل فتوسنتز،

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

کارایی مصرف آب فتوسنتزی افزایش می‌یابد بنابراین مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌هایی که کارایی مصرف آب فتوسنتزی بالایی دارند میزان فتوسنتز بیشتری را نیز نشان می‌دهند و بالعکس به‌عنوان‌مثال ژنوتیپ G7 از نظر هر دو پارامتر اندازه‌گیری شده میانگین پایینی را نشان می‌دهد (جدول ۵). هنگام تنش رطوبتی، پایداری گیاه بسیار مهم است؛ بنابراین نسبت جذب دی‌اکسید کربن به تعرق ثابت نمی‌ماند. به همین دلیل عمده تفاوت بین بازده مصرف آب فتوسنتزی در رژیم‌های مختلف رطوبتی ناشی از این امر می‌باشد که تنش خشکی به میزان متفاوتی فتوسنتز و تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد که درنهایت منجر به تفاوت معنی‌دار بازده مصرف آب فتوسنتزی بین رژیم‌های مختلف رطوبتی می‌گردد (۲۳).

هدایت مزوفیلی: با معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در سال و تجزیه واریانس جداگانه این صفت در دو سال متوالی مشاهده می‌شود که بین ژنوتیپ‌ها در هر دو سال متوالی اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۶). در سال اول بیشترین میزان هدایت مزوفیلی مربوط به ژنوتیپ‌های G1، G4 و G2 و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G3 و G7 بود، به همین ترتیب در سال دوم بیشترین میزان هدایت مزوفیلی مربوط به ژنوتیپ‌های G12 و G9 و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G2 و G6 بود (جدول ۲). مشاهده می‌شود در این صفت نیز روند تغییرات یکسان نیست و ژنوتیپ‌های G2 و G6 دارای بیشترین اختلاف بین دو سال اندازه‌گیری این صفت بود که نشان تغییرات زیاد این صفت در زمان اندازه‌گیری است. عامل اصلی محدودکننده فتوسنتز، کاهش هدایت مزوفیلی است (۱۱). در گندم مشخص شده است که سرعت بیشتر فتوسنتز به‌واسطه هدایت مزوفیلی بیشتر است و بالا بودن هدایت مزوفیلی بیانگر کارایی فرآوری بیشتر کربن می‌باشد (۴۵). در این تحقیق نیز این موضوع اثبات می‌شود که ژنوتیپ‌هایی که دارای هدایت مزوفیلی بیشتری هستند دارای میزان فتوسنتز بالایی نیز می‌باشند بنابراین همان‌طور که از مقایسات برمی‌آید ژنوتیپ‌های G1، G2 و G4 دارای بیشترین میزان فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و تا حدودی کارایی مصرف آب می‌باشند درحالی‌که ژنوتیپ G6 دارای کم‌ترین میزان این پارامترها می‌باشد. روزنه‌ها در دوره‌های کمبود آب می‌توانند از طریق بسته شدن، میزان اتلاف آب را کنترل کرده و به مقاومت گیاه در مقابله با تنش خشکی کمک کنند (۵۴). محققین معتقدند که یکی از عوامل مهم در کاهش فتوسنتز بسته شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب، می‌باشد که سبب کاهش هدایت روزنه‌ای شده و درنهایت کاهش میزان فتوسنتز را به همراه دارد. درواقع محدودیت روزنه‌ای سبب کاهش میزان فتوسنتز و غلظت دی‌اکسید کربن در فضای بین سلولی برگ شده که به‌نوبه خود سبب جلوگیری از سوخت‌وساز گیاه می‌شود (۴۰)؛ اما در ارتباط با محدودیت‌های غیر روزنه‌ای، صفت هدایت مزوفیلی (میزان فتوسنتز به غلظت CO_2 درون روزنه‌ای) مهم می‌باشد و بنا به گفته برخی دیگر از محققین کاهش هدایت مزوفیلی عامل اصلی محدودکننده فتوسنتز می‌باشد (۲۷،۱۱).



شکل ۴- روند تغییرات پارامتر هدایت مزوفیلی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو سال
Figure 4. The trend of changes in mesophilic conductance in the studied genotypes in two years

کارایی مصرف آب: کارایی مصرف آب در سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بود (جدول ۴). بیشترین میزان کارایی مصرف آب مربوط به ژنوتیپ‌های G9، G4، G1، G2 و G5 و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G10، G7 و G3 بود (جدول ۲). هر چه میزان فتوسنتز بیشتر و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای کمتر باشد، کارایی مصرف آب بیشتر خواهد بود (۴۲). برخی پژوهشگران بیان داشتند استفاده از فن‌آوری‌های آبیاری، اندازه زمین و شیوه‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب مؤثر هستند (۲۶). کاهش رطوبت خاک ممکن است از طریق انسداد روزنه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف آب در برخی گیاهان ازجمله ذرت دانه‌ای گردد (۵۳).

عملکرد کل: با معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در سال و تجزیه واریانس جداگانه عملکرد کل در دو سال متوالی مشاهده شد که بین ژنوتیپ‌ها در سال اول اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۶). در این سال بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ‌های G12، G5 و G17 و کمترین میزان عملکرد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

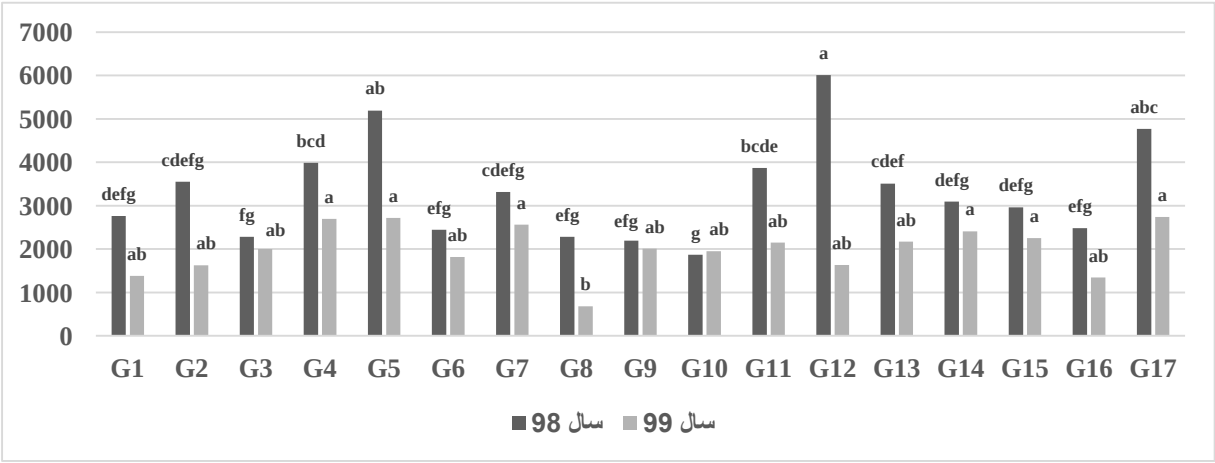
مربوط به ژنوتیپ‌های G10، G8، G9 و G3 بود. در سال دوم علی‌رقم معنی‌دار نشدن اختلافات، ژنوتیپ‌های G4، G5 و G17 بیشترین میزان عملکرد را نشان دادند. اندازه‌گیری عملکرد دانه یکی از شاخص‌های مهم در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی برای مقامت به خشکی بخصوص می‌باشد؛ اما به دلیل وراثت‌پذیری پایین این صفت، اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تنش خشکی در کنار آن ضروری به نظر می‌رسد (۱۴).

تحقیقات احمدپور و همکاران (۲) بر روی ارقام عدس و رهبریان و همکاران (۴۸) در بر 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.

اولین مکانیسم سازگاری گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نظیر خشکی، شوری و گرما بستن روزنه‌ها است تا در این صورت از هدر رفت آب به وسیله تعرق جلوگیری کند (۳۱). با توجه به اینکه تعرق عامل اصلی در کشش آب در آوند چوبی است بنابراین قطعاً کاهش تعرق منجر به اختلال در فرآیند انتقال غیرفعال می‌شود (۳). گیاهان با مکانیسم‌های کارآمد در ارتباط با تنظیم عملکرد روزنه‌های برگی قادر به تحمل بهتر شرایط تنش کم‌آبی خواهند بود، به‌طوری‌که با حفظ بیشتر آب درون برگی و اختلال کمتر در انتقال فعال و غیرفعال، امکان رشد و انجام فرایندهای سلولی را بهتر فراهم می‌نمایند (۲،۳۲). در مقابل ارقام حساس به تنش خشکی، توانایی جلوگیری از کاهش شدید تعرق را نداشته و درنهایت با اختلال در انتقال فعال و غیرفعال به ترتیب در آوندهای آبکش و چوب در معرض اثرات منفی کاهش فشار تورگر و پژمردگی قرار می‌گیرند (۴۸).

در مطالعه بر روی شناسایی ارقام متحمل و حساس گیاه لوبیا به تنش کم‌آبی مشاهده شد که ارقام مقاوم در تنش‌های ملایم (۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) دارای محتوای کلروفیل، میزان تعرق، غلظت CO_2 زیر روزنه و فتوسنتز خالص بیشتری بودند (۴۹).

در گیاهان اولین اندام حس کننده تنش خشکی ریشه‌ها بوده و در مواجه با تنش این ریشه‌ها (ریشه‌های دهیدراته) منجر به تولید هورمون آبسیزیک اسید شده و درنتیجه روزنه‌ها تحت تأثیر این هورمون بسته می‌شوند (۳۴). 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 (۶۰). در شرایط تنش‌های محیطی تنظیم عملکرد روزنه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است و بسته شدن روزنه‌ها موجب کاهش ورود CO_2 به سلول‌های زیر روزنه شده که درنهایت کاهش غلظت CO_2 درون‌سلولی را به دنبال دارد (۶۱). تحقیقات بر روی حبوبات از قبیل نخود، عدس و لوبیا نشان داده است که تحت تأثیر تنش خشکی غلظت CO_2 درون برگی به‌واسطه بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد (۳،۷). از مهم‌ترین عوامل محدودکننده فتوسنتز در شرایط تنش خشکی عبارت‌اند از عوامل محدودکننده روزنه‌ای، که با بسته شدن روزنه‌ها همراه بوده و ورود CO_2 به‌عنوان عامل اصلی، آنزیم روبیسکو را محدود می‌کند، درنتیجه با کاهش CO_2 در اطراف آنزیم روبیسکو فرآیند اکسیژناسیون (تنفس نوری) به‌جای کربوکسیلاسیون (فتوسنتز) انجام خواهد شد (۴۵). در مرتبه دوم عوامل محدودکننده غیر روزنه‌ای که شامل کاهش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی در اثر تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی (۳۱) کاهش مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو، مهار سنتز ریبولوز بیس فسفات و کاهش انتقال الکترون فتوسنتزی به فتوسیستم II است (۴۵). افزایش فتوسنتز خالص در رقم کرج نسبت به دو رقم دیگر (عادل و آزاد)، نشان‌دهنده وجود سازوکارهای سازگاری با تنش در جهت جلوگیری از کاهش فتوسنتز و تحمل بیشتر این رقم در برابر تنش خشکی است (۲۸). برخی مطالعات گزارش کردند که ممانعت از فتوسنتز در شرایط تنش خشکی با افزایش غلظت CO_2 محیط بهبود می‌یابد که این امر تعیین‌کننده نقش کلیدی روزنه‌ها در کاهش فتوسنتز است (۷).



شکل ۵- روند تغییرات عملکرد کل در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو سال
Figure 5. The trend of changes in total yield in the studied genotypes in two years

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

روابط بین صفات: نتایج تجزیه همبستگی (جدول ۷) نشان داد که بین صفات میزان فتوسنتز با CO_2 زیر روزنه‌ای همبستگی منفی معنی‌دار و با صفات هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و عملکرد همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. اگرچه میزان فتوسنتز عامل اصلی کنترل رشد بوته و عملکرد است، اما رابطه بین میزان فتوسنتز و عملکرد دانه بسیار پیچیده است و ازاین‌رو، نتایج متناقض در مورد این ارتباط مشاهده‌شده است. به‌طوری‌که در گزارشی بین صفات فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در گیاه کلزا ارتباطی وجود نداشته است (۵۸) و از طرفی در گیاه سویا بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای ارتباط معنی‌داری گزارش شده است (۵۸). فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است. کاهش رشد گیاهان زراعی به‌واسطه محدود شدن فتوسنتز صورت می‌گیرد. کاهش فتوسنتز را می‌توان به نقصان هدایت روزنه‌ای نسبت داد که تحت تنش کاهش می‌یابد. بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش گرچه به‌منظور کاهش هدررفت آب صورت می‌گیرد، اما به‌واسطه جلوگیری از ورود CO_2 می‌تواند فتوسنتز را به کم‌تر از نقطه جبرانی کاهش دهد (۸).

بین صفت عملکرد کل با صفات تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای برگ، CO_2 زیر روزنه‌ای و تعرق در سطح یک درصد همبستگی منفی معنی‌دار و با صفات میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب فتوسنتزی، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده می‌شود.

هدایت روزنه‌ای با دمای برگ و میزان تعرق در سطح یک درصد همبستگی مثبت معنی‌دار و با کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب فتوسنتزی در سطح یک درصد همبستگی منفی معنی‌دار نشان می‌دهد. البته با میزان فتوسنتز همبستگی مثبت در سطح پنج درصد مشاهده می‌شود. نتایج مطالعه‌ای در هندوستان، نشان داد که رابطه خطی بین میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه کلزا و عملکرد آن وجود داشته است (۲۹). در مطالعه‌ای که در شرایط استان فارسبر روی کلزا انجام گرفت، مشخص شد که بین میزان فتوسنتز برگ در مرحله گلدهی و هدایت روزنه‌ای با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری وجود دارد (۴۳).

رابطه مثبت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش هدایت روزنه‌ای میزان CO_2 ورودی برای استفاده در فتوسنتز، بیشتر می‌شود. هدایت روزنه‌ای برای بخارآب به دلیل مشترک بودن مسیرهای انتشار برای دی‌اکسید کربن و آب، با فتوسنتز رابطه دارد (۱۳). رابطه بین هدایت روزنه‌ای با فتوسنتز، نشان از اهمیت آن در تولید دارد. کورنیک (۱۸) اثبات کرد که بسته شدن روزنه اولین دلیل کم شدن سرعت فتوسنتز در شرایط خشکی متوسط است. از طرفی احتمالاً در دسترس بودن CO_2 در کلروپلاست که عمدتاً توسط هدایت روزنه‌ای تنظیم می‌شود، در پاسخ به کمبود آب، به‌عنوان سیگنالی برای تنظیم متابولیکی در برگ عمل می‌کند (۲۵). همبستگی سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای با عملکرد دانه، توسط محققین دیگری (۴۴) نیز گزارش شده است. کلروفیل‌ها، مولکول‌های ضروری هستند که مسئول دریافت انرژی خورشیدی در سیستم‌های فتوسنتزی هستند (۵۶). برخی از محققین اظهار داشتند که تحت تنش خشکی و گرما محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد و مقدار کاهش در این صفت بسته به نوع گونه و مدت‌زمان تنش فرق می‌کند و لذا کاهش کلروفیل در شرایط تنش آبی می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده غیر روزنه‌ای به‌حساب آید (۵۲، ۳۳). کاهش هدایت روزنه‌ای می‌تواند به دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش خشکی باشد تا از این طریق تلفات آب به حداقل برسد. بیش از ۹۹ درصد آب جذب شده توسط ریشه‌های گیاه از طریق تعرق و به‌ویژه توسط روزنه‌های برگ از دست می‌رود. تحت تنش آبی، گیاه سعی می‌کند محتوی آب خود را با کاهش هدایت روزنه‌ای حفظ کند (۴). هدایت مزوفیلی با CO_2 زیر روزنه‌ای در سطح یک درصد همبستگی منفی معنی‌دار و با میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب و عملکرد کل در سطح یک درصد همبستگی مثبت معنی‌دار دارد. درنهایت کارایی مصرف آب فتوسنتزی با صفات تشعشع فعال فتوسنتزی، دمای برگ، CO_2 زیر روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای و تعرق در سطح یک درصد همبستگی منفی معنی‌دار و با صفات کارایی مصرف آب و عملکرد کل در سطح یک درصد همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده می‌شود.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در ۱۷ ژنوتیپ لوبیا

Table 7. Simple correlation coefficients between studied traits in 17 bean genotypes

	تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	میزان تعرق	هدایت روزنه‌ای	میزان فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	عملکرد کل
تشعشع فعال فتوسنتزی	–									
دمای برگ	۰/۸۸**	–								
CO_2 زیر روزنه‌ای	۰/۴۸**	۰/۶۴**	–							
میزان تعرق	۰/۷۸**	۰/۹۴**	−۰/۵۷**	–						
هدایت روزنه‌ای	۰/۳۳	۰/۵۱**	۰/۳۵*	۰/۷۶**	–					
میزان فتوسنتز	−۰/۳۲	−۰/۲۹	−۰/۶۶**	−۰/۰۱	۰/۴۱*	–				
کارایی مصرف آب فتوسنتزی	−۰/۴۶**	−۰/۷**	−۰/۸۸**	−۰/۸۲**	−۰/۷۹**	۰/۱۲	–			
هدایت مزوفیلی	−۰/۴۲*	−۰/۴۵**	−۰/۸۴**	−۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۹۵**	۰/۳۹*	–		
کارایی مصرف آب	−۰/۸۱**	−۰/۴۹**	−۰/۸۴**	−۰/۸۵**	−۰/۴۴**	۰/۵۲**	۰/۷۸**	۰/۶۹**	–	
عملکرد کل	−۰/۷**	−۰/۶۱**	−۰/۴۷**	−۰/۴۸**	−۰/۱	۰/۴۴**	۰/۴۶**	۰/۵**	۰/۶۴**	–

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

نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام وقتی‌که عملکرد کل به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته می‌شود نشان می‌دهد که صفات تشعشع فعال فتوسنتزی با ضریب منفی و میزان فتوسنتز با ضریب مثبت وارد مدل شده و با میزان ضریب تبیین ۰/۵۱ عملکرد کل را توجیه می‌کنند (جدول ۸). ارتباط مثبت بین میزان فتوسنتز و عملکرد توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (۴۴،۴۲). در مقابل در تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام وقتی‌که میزان فتوسنتز به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته می‌شود نشان می‌دهد که صفات تشعشع فعال فتوسنتزی، CO2 زیر روزنه‌ای و دمای برگ با ضریب منفی و میزان تعرق با ضریب مثبت، وارد مدل شده و با میزان ضریب تبیین ۰/۹۵ میزان تغییرات فتوسنتز را توجیه می‌کنند.

جدول ۸- جدول تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات مورد بررسی بر روی عملکرد و میزان فتوسنتز

Table 8. Stepwise regression analysis table of studied traits on yield and photosynthesis rate

رگرسیون بر روی عملکرد کل					رگرسیون بر روی میزان فتوسنتز				
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R^2	$\bar{R}^2$	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R^2	$\bar{R}^2$
رگرسیون	۲	۱۰۹۷۰۱۷۳/۸**	۰/۵۳۶	۰/۵۱	رگرسیون	۴	۱۰۱/۷۸**	۰/۹۵۶	۰/۹۵
باقیمانده	۳۱	۶۱۳۴۱۰/۱			باقیمانده	۲۹	۰/۶۴۵		

Constant	۴۷۶/۵۱** ±۳۱۹۳/۰۶	Constant	۹۸/۹۵** ± ۴/۰۸
تشعشع فعال فتوسنتزی	−۷/۹۱۶** ± ۱/۶۶۴	CO_2 زیر روزنه‌ای	−۰/۱۲۹** ± ۰/۰۰۹
میزان فتوسنتز	۷۵/۶* ± ۳۰/۱۲۴	تشعشع فعال فتوسنتزی	−۰/۰۰۸* ± ۰/۰۰۴
		میزان تعرق	۳/۷۱۴** ± ۰/۲۲۹
		دمای برگ	−۱/۷۸۱** ±۰/۲۲۶

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

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های G1، G2، G4، G9 و G12 میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها دارند. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های G6، G7 و G3 دارای هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و فتوسنتز کمتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها بودند. از طرف دیگر نتایج نشان داد بین صفات میزان فتوسنتز با CO_2 زیر روزنه‌ای همبستگی منفی معنی‌دار و با صفات هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و عملکرد همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد؛ بنابراین ژنوتیپ‌های دارای فتوسنتز بیشتر علاوه بر هدایت روزنه‌ای بالا هدایت مزوفیلی و به عبارتی کارایی بیشتری در استفاده از دی‌اکسید کربن وارد شده به روزنه را دارا هستند و درنتیجه از غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای آن‌ها کاسته شده است از این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که بین صفات فتوسنتز، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی رابطه نزدیکی وجود دارد. تجزیه رگرسیون نشان داد وقتی‌که عملکرد دانه کل به‌عنوان متغیر تابع در نظر گرفته می‌شود صفات تشعشع فعال فتوسنتزی و میزان فتوسنتز، عملکرد دانه را توجیه می‌کنند. ولی وقتی میزان فتوسنتز به‌عنوان متغیر تابع باشد صفات تشعشع فعال فتوسنتزی، CO_2 زیر روزنه‌ای، دمای برگ و میزان تعرق، تغییرات میزان فتوسنتز را توجیه می‌کنند. با توجه به تفاوت شاخص‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، می‌توان این آزمایش را در شرایط تنش خشکی نیز اجرا نموده و نتایج را با شرایط نرمال این ژنوتیپ‌ها جهت انتخاب ژنوتیپ‌های کارآمد در شرایط تنش مورد بهره‌برداری قرار داد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

منابع

1. Agricultural Statistics. 2019. Crop Year 1397-98 Volume One: Crops, Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center
2. Ahmadpour, R., S.R. Hosseinzadeh, N. Armand and S. Chashiani. 2017. Evaluation of growth features, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes activity of lentils cultivars in response to water stress. Nova Biologica Reperta, 4(3): 226-235.
3. Amiri, H., A. Ismaili and S.R. Hosseinzadeh. 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.
4. Anjum. S.A., L.C. Wang, M. Farooq, M. Hussain, L.L. Xue and C.M. Zou. 2011. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize throught modulation of enzymatic antioxidants of leaf gas exchange. Journal of Agronomy and Crop Science, 197: 177-185.
5. Anyia, A.O. and H. Herzog. 2004. Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronom, 20: 327-339.
6. Aranda, I., L. Gil and J. Pardos. 2005. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. Forest Ecology and Management, 2(10): 117-129.
7. Armand, N., H. Amiri and A. Ismaili. 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): 1-219.
8. Ashraf, M. and P.J.C. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science, 166: 3-16.
9. Austin, R.B. 1989. Genetic variation in photosynthesis. Journal of Agricultural Science, 112: 287-293.
10. Austin, R.B., J. Bigham, R.D. Blackwell, L.T. Evans, M.A. Ford, C.L. Morgan and M. Taylor. 1980. Genetic improvement in winter wheat yields during 1900 and associated physiological changes. Journal of Agricultural Science Cambridge, 94: 675-89.
11. Barutcular, C., I. Genc and M. Koc. 2000. Photosynthetic water use efficiency of old and modern durum wheat genotypes from southeastern Turkey. In Proc. Seminar on durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Series A, pp: 233-238.
12. Bishop, D.L. and B.G. Bugbee. 1998. Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat. Journal of Plant Physiology, 153: 558-565.
13. Blanco, I., A.S. Rajaram, W.E. Kronstad and M.O. Reynolds, 2000. Physiological performance of synthetice hexaploid wheat-derived populations. Crop Science, 40: 1257-1263.
14. Blum, A. 1985. Breeding crop varieties for stress environments. Critical Reviews in Plant Sciences, 2: 199-238.
15. Broughton, W.J., G. Hernández, M. Blair, S. Beebe, P. Gepts and J. Vander Leyden. 2003. Beans (Phaseolus spp.) model food legumes. Plant and Soil, 252: 55-128.
16. Brownlee, C. 2001. The long and short of stomatal density signals. Trends in Plant Science, 6: 441-442.
17. Chartzoulakis, K., A. Patakasb, G. Kofidisc, A. Bosabalidisc and A. Nastoub. 2002. Water stress affects on leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Scientia Horticulturae, 95(1): 39-50.
18. Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreased stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis, Tactical Information Broadcast Service, 5: 187-188.
19. Cornic, G. and A. Massacci. 1996. Leaf photosynthesis under drought stress. In: Baker, N. R. (Ed.). Photosynthesis and environment. Kluwer Academic Publisher, Pp. 347-366.
20. Dastneshan, S. and M. Sabokdast. 2020. Evaluation of Tolerance Rate of Some Genotypes of Beans (*Phaseolus Vulgaris* L.) To Salinity Stress. Journal of Crop Breeding, 32(1): 184-194 (In Persian).
21. De Carvalho, M.H.C., D. Laffray and P. Louguet. 1998. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. Environmental and Experimental Botany, 40: 197-207.
22. Ebrahimi, M., M.R. Bihamta, A. Hoseinzade, F. Khialparast and M. Golbashy. 2010. Studing the response of some white varieties of common bean to limited irrigation. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(2): 348-357 (In Persian).
23. El Hafid, K., D. Smith, M. Karrou and K. Sqmir. 1998. Physiological response of spring durum wheat cultivars to early–season drought in a Mediterranian environment. Annals of Botany, 81: 363-370.
24. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2019. Production and trade yearbook. FAO, Rome.
25. Flexas, L. and H. Medrano. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3 plant: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. Annoual of Botany, 89: 183-189.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

26. Frija, A., A. Chebil, S. Speelman, J. Buysse and G. Van Huylenbroeck. 2009. Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in Tunisia. Agricultural Water Management, 96(11): 1509-1516.
27. Fischer, R.A., D. Rees, K.D. Sayre, Z.M. Lu, A.G. Candon and A.L. Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Science, 38(6): 1467-1475.
28. Ganjeali, A., H. Porsa and A. Bagheri. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agriculture Water Management, 98: 1477-1484.
29. Habir, S.K., S.D. Jarwal, D.S. Singht and D.S. Tank. 1989. Water production function for Indian rape. Oilseeds Research, 6: 316-321.
30. Hobbs, S.L.A. and J.D. Mahon. 1982. Variation, heritability and relation to yield of physiological characters in peas. Crop Science, 32: 773-7799.
31. Hosseinzadeh, S.R., M. Cheniany and A. Salimi. 2014. Effects of foliar application of methanol on physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research, 5: 71-82 (In Persian).
32. Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, H.J. Al-Juburi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam. 2009. Drought stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 100-105.
33. Jiang, Y. and B. Huang. 2001. Drought and heat stress Injury to two cool season Turfgrasses in relation to antioxidant metabolim and lipid peroxidation. Crop Science, 41: 436-442.
34. Karimi, S., A. Yadollahi and K. Arzani. 2015. Gasexchange response of almond genotypes to water stress. Photosynthetica, 53: 29-34.
35. Khaghani, S., M.R. Bihamta, S.D. Hosseini, S.S. Mohammadi and F. Darvish. 2012. Genetic analysis of common bean agronomic traits in stress and non-stress conditions. African Journal Agricultural Research, 7(6): 892-901.
36. Kicheva, M.L., T.D. Tsonev and L.P. Popova. 1994. Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. Photosynthetica, 30: 107-116.
37. Klamkowski, K. and W. Treder. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. Agricul Conspectus Science, 71(4): 159-165.
38. Koc, M., C. Barutcular and I. Genc. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum vheats in Mediterranean environment. Crop Science, 43: 2089-2098.
39. Kruger, G.H.J., L. Van Rensburg and P. Mahtis. 1995. Carbon dioxide fixation: stomatal and non-stomatal limitations in drought stressed *Nicotina tobacum* L. cultivar. Xth International Photosynthesis Congress, Montpellier, France, 5: 505-510.
40. Lawler, D.W. and G. Cornic. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environment, 25: 275-294.
41. Mahdavi, F., M.A. Esmaeili, A. Fallah and H. Pirdashti. 2005. Study of morphological characteristcs, physiological indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) landraces and improved cultivars, Iranian Journal of Crop Sciences, 7(4):68-79 (In Persian).
42. Martin, B. and N.A. Ruiz-Torres. 1992. Effect of water-deficit stress on photosynthesis, its components and component limitations and on water use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology, 100: 733-739.
43. Miri, H.R., Y. Imam and G. Noor mohammadi. 2007. Evaluation of some morphophysiological traits affecting the increase of rapeseed yield (*Brassica napus* L.), Journal of Agricultural Science, 7(3): 101-117 (In Persian).
44. Monneveux, P.H., D. Rekika, E. Acevedo and O. Merah. 2006. Effect of drought on leaf gas exchenge, carbon isotopes discrimination, transpiration efficiency and productivity in field grown durum wheat genotypes. Plant Science, 170: 867-872.
45. Pagter, M., C. Bragato and H. Brix. 2005. Tolerance and physiological responses of Phragmites australis to water deficit. Aquatic Botany, 81: 285-299.
46. Pearce, D.W., S. Millard, D.F. Bray and S.B. Rood. 2006. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. Tree Physiology, 26: 211-218.
47. Pinheiro, C., J.A. Passarinhoa and C.P. Ricardo. 2004. Effect of drought and reatering on the merabolism of *pinus albus* organs. Journal of Plant Physiology, 161: 1203-1210.
48. Rahbarian, R., R. Khavari-nejad, A. Ganjeali, A.R. Bagheri and F. Najafi. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica, 53: 47-56.
49. Rasti Sani, M., M. Lahouti and A. Ganjeali. 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Resarch, 5(1): 103-116.
50. Ratnayaka, H.H. and D. Kincaid. 2005. Gas exchange and leaf ultra structure tinnevelly senna, *Cassia angustifulia*, under drought and nitrogen stress. Crop Science, 45: 840-847.
51. Ritchie, S.W., H.T. Nguyen and A.S. Holaday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

52. Sairam, P.K., P.S. Deshmukh and D.S. Shukla. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 178: 171-178.
53. Sander, J.Z. and W.G. Bastiaanssen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigation wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management, 69: 115-33.
54. Schmidt, J.W. 1983. Drought resistance and wheat breeding. Agricultural Water Management, 7(1):181-194.
55. Souza, R.P., E.C. Machado, J.A.B. Silva, A.M.M.A. Lagˆoa and J.A.G. Silveira. 2004. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. Environmental and Experimental Botany, 51: 45-56.
56. Tanaka, A. and R. Tanaka. 2006. Chlorophyll metabolism. Plant Biology, 9: 248-255.
57. Turner, N.C. and M.E. Nicolas. 1987. Drought resistance of wheat for light-textured climate. In: Drought tolerance in winter cereals. Srivastava, J.P., E. Procrddu, E. Acevedo and S. Varma (eds.), pp: 203-216. John Wiley and Sons, New York.
58. Wells, R., L.L. Schulze, D.A. Ashley, H.R. Boerma and R.H. Brown. 1982. Cultivars differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to yield in soybeans. Crop Science, 22: 886-90.
59. Winter, S.R., J.T. Musick and K.B. Porter, 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistance winter wheat. Crop Science, 28: 512-516.
60. Yordanov, I., V. Velikova and T. Tsonev. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgharestan Journal of Plant Physiology, 2: 187-206.
61. Zlatev, Z.S. and I.T. Yordanov. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgarestan Journal of Plant Physiology, 30: 3-18.
62. Zou, G.H., H.Y. Liu, H.W. Mei, G.L. Liu, X.Q. Yu, M.S. Li, J.H. Wu, L. Chen and L.J. Luo. 2007. Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. Journal of Integrative Plant Biology, 49: 1508-1516.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]

Evaluation of Photosynthetic Parameters and Their Relationships with Grain Yield in Red Bean Lines in Field Conditions

Seyed Soodabeh Shobeiri[1], Ali Akbar Asadi[2], Mahmoud Azimi[3] and Ismail Sohrabi[4]

1 and 3- Asistant of Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran
2- Asistant of Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran
(Corresponding Authur: asadipm@gmail.com)
4- Researcher of Soil and Water Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zanjan, Iran
Received: January 30, 2021 Accepted: June 5, 2021

Abstract

The use of physiological traits is one of the best methods for the rapid production of new varieties, therefore, in order to evaluate photosynthetic factors and their relationship with total yield in red beans, an experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at Khairabad Research Station in Zanjan under normal irrigation conditions during two consecutive crop years (2018-2020). The studied genotypes showed significant differences in all traits (except photosynthetically active radiation). The studied genotypes showed significant differences in all traits (except photosynthetically active radiation). These results indicate that there is a high genetic diversity between genotypes in terms of photosynthesis-related traits and, consequently, yield capacity. Genotypes G1, G2, G4, G9 and G12 showed higher photosynthesis, stomatal conductance, water use efficiency and mesophilic conductivity than other genotypes. G6, G7 and G3 genotypes had less mesophilic conductivity, water use efficiency and photosynthesis than other genotypes. There is a significant negative correlation between photosynthesis and sub stomatal CO_2 and a significant positive correlation with the stomatal conductance, mesophilic conductance, water use efficiency and yield; therefore, genotypes with more photosynthesis, in addition to high stomatal conductance, have higher mesophilic conductivity and, in other words, are more efficient in using carbon dioxide entering the stomatal. As a result, the concentration of sub stomatal CO_2 is reduced, so there is a close relationship between photosynthesis, water use efficiency and mesophilic conductivity. Regression analysis showed that when total yield is considered as a function variable, the photosynthetic active radiation and photosynthesis justify grain yield. However, when the photosynthesis is a function variable, the traits of photosynthetic active radiation, sub stomatal CO_2, leaf temperature, and transpiration rate justify changes in photosynthesis. Due to the diversity of photosynthetic indices in genotypes, this experiment can be performed in different stress conditions such as drought and salinity and the results can be used with normal conditions to select efficient genotypes in stress conditions.

Keywords: Mesophilic conduction, Photosynthesis, Stomatal conductance, Transpiration, Variation

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.52547/jcb.13.39.63]