فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۴، شماره ۶۸، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۴ صفحه: ۱۱۵-۱۳۲
https://doi.org/10.22034/14.68.115

مقاله پژوهشی

ارزیابی پارامترهای فیزیولوژیک و روابط آن‌ها با عملکرد دانه در لاین‌های لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری

علی اکبر اسدی و سید سودابه شبیری*

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: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۱۴)

چکیده

افزایش آگاهی از صفات فیزیولوژیک مؤثر در شکل‌گیری عملکرد دانه در شرایط متفاوت آبیاری می‌تواند معیاری مناسب جهت انتخاب این صفات برای اصلاح عملکرد دانه در این شرایط باشد. به‌منظور بررسی تغییرات این پارامترها و روابط آن‌ها با عملکرد در لوبیا چیتی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در دور آبیاری ۵ و ۹ روز در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ انجام شد. بین دو شرایط آبیاری تفاوت معنی‌داری در صفات دمای برگ، تعرق، کارایی مصرف آب فتوسنتزی، کارایی مصرف آب و عملکرد مشاهده شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در صفات دمای برگ، CO_2 زیر روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و عملکرد با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ این صفات است. ژنوتیپ‌های G1، G2، G4، G9 و G12 میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها نشان دادند. ژنوتیپ‌های G10، G15 و G8 دارای بیشترین عملکرد نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها بودند. بیشترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی مربوط به ژنوتیپ‌های G16 و G14 و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ G2 و G10 بود. بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به ژنوتیپ‌های G4 و G13 و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G11 و G14 بود. بین عملکرد با هیچ کدام از صفات فیزیولوژیک مورد بررسی در هر دو شرایط آبیاری همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. میزان فتوسنتز با هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب در هر دو شرایط آبیاری رابطه مثبت معنی‌دار داشت. فتوسنتز با میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای در دور آبیاری ۹ روز همبستگی مثبت معنی‌دار و در دور آبیاری پنج روز همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار داشت. این حالت نشان‌دهنده اهمیت هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش است. در هر دو شرایط آبیاری صفات میزان CO_2 زیر روزنه‌ای و دمای برگ با ضریب منفی و میزان تعرق با ضریب مثبت، توجیه‌کننده میزان تغییرات فتوسنتز بودند و در شرایط دور آبیاری ۹ روز هدایت روزنه‌ای با ضریب منفی نیز در توجیه تغییرات فتوسنتز دخالت دارد. بنابراین در انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به شرایط تنش استفاده از این صفات فیزیولوژیک می‌تواند مؤثر باشد. با توجه به وجود تنوع در برخی شاخص‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌ها، می‌توان این آزمایش را در شرایط مختلف تنش انجام داده و جهت انتخاب ژنوتیپ‌های کارآمد در شرایط تنش مورد بهره‌برداری قرار داد.

کلمات کلیدی: تعرق، دور آبیاری، فتوسنتز، لوبیا چیتی

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

مقدمه

بهبود کارایی مصرف و استفاده بهینه از منابع آب به عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. ایران دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است و با متوسط نزولات ۲۳۵ میلی‌متر در سال در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد (آمارنامه بارندگی، ۱۴۰۲).

حبوبات به‌ویژه لوبیا از منابع مهم تأمین‌کننده پروتئین در اکثر کشورها به‌خصوص کشورهای در حال توسعه است چرا که از نظر اقتصادی از پروتئین حیوانی ارزان‌تر بوده و تأمین‌کننده مناسبی برای ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری در جیره غذایی انسان است (Ebrahimi *et al.*, 2010). لوبیا گیاهی یکساله، علفی و خودگشن از تیره Fabaceae بوده که به عنوان یکی از منابع تأمین غذای انسان دارای پروتئین بالا، فسفر، آهن، ویتامین‌های B1، C و فیبر بوده و فاقد کلسترول است (رضوانی مقدم و صادقی سمرجان، ۱۳۸۷).

لوبیا به تنش خشکی حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت تنش، صدمه می‌بینند. هنگامی که تنش خشکی اتفاق می‌افتد هدایت روزنه‌ای به سرعت کاهش می‌یابد و محدودیت تثبیت دی‌اکسید کربن باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Yathisha *et al.*, 2020). تنش خشکی باعث کاهش محتوای رطوبتی، منفی‌تر شدن پتانسیل آب برگ و نزول فشار آماس، انسداد روزنه و کاهش بزرگ‌شدن سلول و رشد آن می‌شود (Abdul Jaleel *et al.*, 2009). نواحی رشد لوبیا در مناطق مختلف دنیا به وسیله تنش‌های متوالی یا متناوب قرار می‌گیرند، بنابراین اتخاذ روش‌هایی برای استفاده بهینه از منابع آب موجود از جمله استفاده از روش‌های کم‌آبیاری می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Beheshti *et al.*, 2016).

افزایش آگاهی از صفات فیزیولوژیک مؤثر در شکل‌گیری عملکرد دانه در شرایط متفاوت آبیاری می‌تواند معیاری مناسب جهت انتخاب این صفات برای اصلاح عملکرد دانه در این شرایط باشد. اولین مکانیسم سازگاری گیاهان در برابر تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری و گرما بستن روزنه‌ها است تا در این صورت از هدررفت آب به وسیله تعرق جلوگیری کند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). 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 (Amiri *et al.*, 2017). 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 (Jaleel *et al.*, 2009). 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. گیاهان در شرایط تنش آبی به ازای تولید هر واحد ماده خشک، آب کمتری مصرف نموده و در نتیجه کارایی مصرف آب بالاتری دارند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۶). Wakrim و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی مقدار کارایی مصرف آب در عملکرد غلاف لوبیا را در شرایط آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی، به ترتیب ۱/۹۱ و ۲/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. کاهش عملکرد در اثر کم‌آبی را می‌توان به حساس بودن گیاه به تنش آبی و در نتیجه کاهش فتوسنتز و انتقال مواد به غلاف دانست (برزگر و همکاران، ۱۳۹۷؛ Mahajan and Tuteja, 2005; Sarker *et al.*, 2005). Ludlow و Muchow (۱۹۹۰) نشان دادند که در آبیاری یک در میان جوی‌ها به علت کم آبی، از میزان فتوسنتز و تولید مواد در گیاه به سرعت کاسته شده، در حالی‌که تنفس بسیار آهسته‌تر کاهش می‌یابد و حتی در مراحل اولیه خشکی ممکن است افزایش یابد. در پژوهشی دیگر مشاهده شد که تعداد غلاف‌های بوته در آبیاری یک در میان جوی‌ها کاهش یافته و همچنین در اثر کم‌آبی، از فتوسنتز و تولید مواد در گیاه کاسته می‌شود و چون انتقال مواد در آوندهای آبکش نیاز به پتانسیل فشاری دارد، بنابراین از انتقال مواد به سمت مخازن (دانه‌ها) نیز کاسته می‌شود (Taiz and Zeiger, 1998).

تغییر در رژیم آبیاری باعث تغییر در ساختمان پوشش

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

گیاهی، الگوی انتشار تابش درون پوشش گیاهی و در نهایت کارآیی مصرف تابش گیاه می‌شود. کمبود آب خاک، تولید ماده خشک گیاهان را به علت کاهش جذب تابش فعال فتوسنتزی ناشی از سطح برگ، پژمردگی، جمع شدن پهنک و در نهایت پیری زودرس برگ‌ها و هم‌چنین کاهش کارآیی تبدیل تابش جذب شده به ماده خشک تحت تأثیر قرار می‌دهد (Earl and Davis, 2003). در شرایط کم‌آبی به دلیل آسیب‌دیدن فرایندهای فیزیولوژیک گیاه، از جمله فتوسنتز، تولید گیاه کم می‌شود. کاهش ساخت مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای حاصل از آن، به همراه ریزش گل‌ها در اثر تنش کمبود آب موجب کاهش تعداد غلاف و ناباروری تعداد بیشتری از غلاف‌های تشکیل‌شده می‌شود (Wakrim *et al*., 2005; Santos *et al*., 2006). دلیل احتمالی دیگر می‌تواند این باشد که در پایان دوره رشد به دلیل کمبود آب قابل دسترس، قدرت انتقال مواد پرورده به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه می‌شود. عدم تشکیل دانه یا کاهش شدید آن در تیمارهای کم‌آبیاری شدید در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است (حبیبی و بی‌همتا،۱۳۸۶؛ Porch *et al*., 2009; Bayat *et al*., 2010; Ramirez-Liodra *et al*., 2011). کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در اثر محدودیت آب، توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Ramirez-Liodra *et al*., 2011). افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و نیز داوم آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی، باعث افزایش تولید ماده خشک شده است (لک و همکاران، ۱۳۸۶؛ Bayat *et al*., 2010). تنش آبی منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید مواد غذایی می‌شود. تنش آبی همچنین، باعث کاهش انتقال مواد غذایی از برگ‌ها به دانه‌ها شده و باعث تسریع در رسیدگی و در نهایت کاهش وزن دانه و در نهایت عملکرد خواهد شد (Hemati Far and Rahimi, 2015). نتایج تحقیقات محققین نشان داد در ژنوتیپ‌های ماش و لوبیا با کاهش رطوبت خاک، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق و راندمان مصرف آب کاهش یافتند (Islam, 2022; Papathanasiou, 2022). 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 (Rasti *et al*., 2014). مطالعه دیگری روی ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم لوبیا نشان داد که در ژنوتیپ‌های مقاوم، بازماندن طولانی مدت روزنه و تثبیت کربن بالاتر منجر به افزایش فتوسنتز گردید (Polania *et al*., 2022). 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 تأثیر عوامل محیطی ازجمله نور، میزان رطوبت، غلظت دی‌اکسید کربن و وضعیت آبی گیاه قرار می‌گیرند (Brownlee, 2001). تحقیقات نشان داد هدایت روزنه‌ای نقش مهمی در محدودیت فتوسنتز دارد (Baath *et al*., 2020). تحقیقات بر روی ارقام عدس و 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 (رهباریان و همکاران، ۱۳۹۲؛ Ahmadpour *et al*., 2017).

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 متفاوت، آگاهی از تغییرات شاخص‌های فتوسنتزی در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری و تغییرات روابط آنها با عملکرد کل دانه حائز اهمیت است، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی عوامل فتوسنتزی و روابط آن‌ها با عملکرد دانه کل در ۱۶ رقم و لاین لوبیا چیتی در دو شرایط نرمال و کم آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی عوامل فتوسنتزی و روابط آن‌ها با عملکرد کل در لوبیا چیتی، چهارده ژنوتیپ امیدبخش لوبیا چیتی حاصل از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

جدول ۱- ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی مورد مطالعه در دو شرایط نرمال و کم آبیاری

کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype
G1	KS21500	G9	KS21607
G2	KS21538	G10	KS21492
G3	KS21565	G11	KS21255
G4	KS21563	G12	KS21184
G5	KS21597	G13	TAYLOR
G6	KS21600	G14	KS21495
G7	KS21601	G15	Sadri (Check)
G8	KS21606	G16	Kosha (Check)

جدول ۲- مشخصات خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

بافت خاک	رس ٪	سیلت ٪	شن ٪	کربن آلی ٪	مواد خنثی شونده ٪	واکنش گل اشباع (PH)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس)	درصد اشباع
لومی سیلتی	۲۰	۴۶	۳۴	۰/۵۴	۴/۷	۷/۴	۰/۶۱	۴۶

جدول ۳- شرایط دمایی و میزان بارندگی ماهانه در طی دو سال انجام آزمایش در طول دوره رشد

	سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
دما °C	۱۴۰۱	۸/۸	۱۲/۵	۲۸/۶	۱۵/۶	۲۳/۵	۱۸/۹
	۱۴۰۲	۹/۹	۱۳/۷	۲۹/۹	۱۶/۹	۲۵/۴	۲۱/۷
بارندگی (mm)	۱۴۰۱	۱۴/۲	۳۰/۹	۳/۱	۰	۱۳/۴	۰
	۱۴۰۲	۳۶/۵	۵۳/۳	۱۵/۷	۱/۸	۱۳/۲	۰/۱

برنامه‌های اصلاحی در مرکز تحقیقات لوبیای خمین (جدول ۱) در سال زراعی ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۲ به همراه ارقام رایج منطقه (صدری و کوشا)، در ایستگاه تحقیقات خیرآباد زنجان در دو شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفتند. اعمال کم‌آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه و در مرحله سومین سه برگچه‌ای لوبیا صورت گرفت. در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری، دور آبیاری به ترتیب براساس ۵ و ۹ روز یک‌بار بود. آزمایش در قالب تجزیه مرکب با دو شرایط آبیاری با طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه و بهاره، دیسک و استفاده از لولر بود. قبل از کاشت برای مبارزه با علف‌های هرز از سم ترفلان به میزان ۲ لیتر در هکتار استفاده شد. کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) قبل از کاشت به زمین آزمایش داده شد. بر این اساس ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۸۰ کیلو در هکتار پتاس قبل کاشت، ۱۰۰ کیلو در هکتار اوره در دو مرحله و در نهایت اسید هیومیک به میزان ۴ کیلو در هکتار همراه با آب آبیاری استفاده شد. بذور ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی (تهیه‌شده از ایستگاه تحقیقات حبوبات خمین) قبل از کاشت با سم قارچ‌کش ضدعفونی شدند. شرایط دمایی و میزان بارندگی در طی دو سال مورد بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است. بذور هر ژنوتیپ در یک کرت شامل ۴ ردیف به طول ۴ متر با فواصل بین ردیف ۵۰ و فواصل بوته در روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. در طول مرحله رشد مراقبت‌های زراعی معمول از قبیل وجین علف‌های هرز و سم‌پاشی علیه آفات (پروپارژیت به میزان دو لیتر در هکتار طی دو مرحله جهت کنترل آفت کنه) انجام شد.

صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی شامل عملکرد دانه(تن در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

هکتار)، میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرومول بر متر مربع در ثانیه)، هدایت روزنه‌ای (مول بر متر مربع در ثانیه)، میزان تعرق (میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه)، تشعشع فعال فتوسنتزی (میکرومول بر متر مربع در ثانیه)، غلظت داخلی دی‌اکسید کربن (میکرومول بر مول)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (میکرومول دی‌اکسید کربن بر مول آب) با تقسیم میزان فتوسنتز به هدایت روزنه‌ای، هدایت مزوفیلی (میلی‌مول دی‌اکسید کربن بر متر مربع) با تقسیم فتوسنتز به غلظت دی‌اکسید کربن درون روزنه‌ای و کارایی مصرف آب (میکرومول دی‌اکسید کربن بر مول آب) با تقسیم میزان فتوسنتز بر تعرق حاصل محاسبه شد. اندازه‌گیری‌های شاخص‌های فتوسنتزی توسط دستگاه اندازه‌گیری تبادل گازی قابل‌حمل مدل L.C.I ساخت کشور انگلستان انجام 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 است. 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 انتهای غلاف‌دهی در ساعات ۱۰ تا ۱۲ صبح و در شدت نور بیشتر از PAR ۱۰۰۰ انجام شد. صفات موردنظر از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته سالم و بالغ از قسمت میانی بوته‌های مربوط به هر ژنوتیپ اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس مرکب بر اساس طرح بلوک‌های کاملاً 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 میزان فتوسنتز نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد (لازم به ذکر است در تجزیه رگرسیون از صفاتی که به صورت گام‌به‌گام با متغیر فتوسنتز از صفاتی که در محاسبه فتوسنتز به کار رفته‌اند استفاده نشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول ۴ ارائه شده است. بین دو شرایط آبیاری تفاوت معنی‌داری در صفات دمای برگ، تعرق، کارایی مصرف آب فتوسنتزی، کارایی مصرف آب و عملکرد مشاهده شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در صفات دمای برگ، CO_2 زیر روزنه‌ای، کارایی مصرف آب فتوسنتزی و عملکرد با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند. این نتایج حاکی از تنوع بالای ژنتیکی این ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مرتبط با فتوسنتز و درنتیجه ظرفیت عملکرد بوده است. اثر متقابل ژنوتیپ در سال در هیچ کدام از صفات معنی‌دار نشد که نشان می‌دهد روند تغییرات این صفات بین ژنوتیپ‌ها در طول دو شرایط مورد بررسی یکسان بود، بنابراین تجزیه‌های واریانس جداگانه بین ژنوتیپ‌ها در سطح هر کدام از دورهای آبیاری مورد نیاز نبود (جدول ۶).

تشعشع فعال فتوسنتزی: اختلاف مشاهده‌شده از نظر میزان تشعشع فعال فتوسنتزی بین دو شرایط آبیاری و بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). با این حال دور آبیاری ۹ روز باعث افزایش میزان تشعشع فعال فتوسنتزی شد (جدول ۵). از طرف دیگر بیشترین میزان تشعشع فعال فتوسنتزی مربوط به ژنوتیپ‌های G1، G15 و G11 و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ G3 بود (جدول ۶). تغییر در رژیم آبیاری باعث تغییر در ساختمان پوشش گیاهی، الگوی انتشار تابش درون پوشش گیاهی و در نهایت کارآیی مصرف تابش گیاه می‌شود. کمبود آب خاک، تولید ماده خشک گیاهان را به علت کاهش جذب تابش فعال فتوسنتزی ناشی از سطح برگ، پژمردگی، جمع‌شدن پهنک و در نهایت پیری زودرس برگ‌ها و همچنین کاهش کارآیی تبدیل تابش جذب شده به ماده خشک تحت تأثیر قرار می‌دهد (Earl and Davis, 2003).

محققین با برآورد کارایی مصرف تابش از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک تجمعی و میزان نور جذب شده تجمعی، گزارش کردند کارآیی مصرف تابش با توزیع بهتر تشعشع فعال فتوسنتزی در پوشش گیاهی تحت شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد و تأثیر تنش خشکی بر کاهش عملکرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات فتوسنتزی و عملکرد دانه در ۱۶ لاین لوبیا چیتی در دو شرایط نرمال و کم آبیاری

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
دور آبیاری	۱	۷۰۱۱۰۰/۲	۷۱۲/۳***	۴۶/۷۶	۴۷۵/۶***	۰/۴۹۹	۱۸/۴۳	۲۸۷۵/۷*	۰/۰۰۰۴۲	۱۷/۷۶***	۴/۸۴***
خطای ۱	۴	۱۸۵۷۶۱/۸	۱۳/۸	۹۰۴/۳	۱۱/۸۲	۰/۱۹۶	۱۴/۷۸	۵۲۰/۹۱	۰/۰۰۰۱۳	۰/۲۶۹	۰/۱۴۳
ژنوتیپ	۱۵	۲۷۲۶۹/۳	۰/۶۶۹*	۶۱۵*	۱/۰۰۳	۰/۰۳۱	۸/۸۶	۱۷۷/۳**	۰/۰۰۰۲۷	۰/۱۰۱	۰/۶۸۲***
رقم × آبیاری	۱۵	۳۱۱۰۹/۹	۰/۲۴۸	۴۹۲/۸	۰/۷۳	۰/۰۱۹	۴/۷۴	۱۲۹/۲۵	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۶۳	۰/۰۶۲
خطای ۲	۶۰	۳۱۲۱۴/۹	۰/۳۹۹	۳۸۳/۳	۰/۹۶۷	۰/۰۲۳	۱۰/۴۲	۹۱/۷۴	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۸	۰/۱۵۹
CV%		۹/۸۵	۱/۸۱	۷/۸	۱۰/۵	۳۴/۶	۱۷/۹۴	۲۱/۲	۲۲/۸	۱۳/۸۹	۲۳/۸

*****، ** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱، ۵ و ۱۰ درصد**

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در دو شرایط نرمال و کم آبیاری

دور آبیاری	تشعشع فعال فتوسنتزی (µmol/m² s)	فتوسنتز (µmol/m² s)	تعرق mmol/m² s	دمای برگ °C	CO_2 زیر روزنه‌ای µmol/mol	هدایت روزنه‌ای mol/m² s	کارایی مصرف آب فتوسنتزی (µmol CO_2/mol H_2O)	کارایی مصرف آب (µmol CO_2/mol H_2O)	هدایت مزوفیلی mmol CO_2/m² s	عملکرد کل ton/ha
۵ روز	۱۷۰۷/۸[a]	۱۸/۴۳۳[a]	۱۱/۵۶۷[a]	۳۲/۲[a]	۲۵۱/۷۳[a]	۰/۵۰۹۸[a]	۳۹/۷۷۳[b]	۱/۶۱[b]	۰/۰۷۴۷[a]	۱/۹۰۴۶[a]
۹ روز	۱۸۷۸/۸[a]	۱۷/۵۵۷[a]	۷/۱۱۷[b]	۳۷/۶[b]	۲۵۰/۳۳[a]	۰/۳۶۵۶[a]	۵۰/۷۱۹[a]	۲/۴۷[a]	۰/۰۷۰۴[a]	۱/۴۵۵۴[b]

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

از طریق کاهش سطح برگ و تسریع پیری برگ‌ها بسیار مهم‌تر از تأثیرگذاری آن بر فتوسنتز است (Araus *et al.*, 2002). در شرایطی که کمبود آب و مواد غذایی وجود نداشته باشد و در غیاب مشکل آفات و بیماری‌ها، تولیدات گیاهی یک رابطه خطی با مقدار تابش تجمعی دریافتی دارند و تابش فعال فتوسنتزی جذب‌شده به عنوان مهم‌ترین عامل رشد گیاه خواهد بود (Tohidi *et al.*, 2012).

دمای برگ: بین دو شرایط آبیاری از نظر دمای برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که در شرایط دور آبیاری ۹ روز دمای برگ ۳۷/۶ و در شرایط آبیاری ۵ روز ۳۲/۲ درجه بود (جدول ۵). دامنه تغییرات دمایی برگ در بین ژنوتیپ‌ها بین ۳۴/۳۸ برای ژنوتیپ G1 تا ۳۵/۴۳ برای ژنوتیپ G16 متغیر بود (جدول ۶). با بررسی ژنوتیپ‌های سویا مشخص شد که تنش کمبود آب، باعث افزایش دمای برگ می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۴۰۰) 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 استفاده خاک، پتانسیل آب گیاه و در نهایت تعرق آن نیز کاهش می‌یابد (Pasban Eslam, 2011; Khatun *et al.*, 2021). 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).

CO_2 زیر روزنه‌ای: اختلاف مشاهده‌شده از نظر میزان CO_2 زیر روزنه‌ای (کاهش اندک در شرایط آبیاری ۹ روز) بین دو شرایط آبیاری معنی‌دار نبود (جدول ۵). غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای به ترتیب در ژنوتیپ‌های G2، G10 و G1 بیشترین و ژنوتیپ G16 کمترین مقدار بود (جدول ۶). در گیاهان اولین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مرتبط با فتوسنتز و عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا چیتی

ژنوتیپ	تشعشع فعال فتوسنتزی	فتوسنتز	دمای برگ °C	CO_2 زیر روزنه‌ای μmol/mol	تعرق mmol/m² s	هدایت روزنه‌ای mol/m² s	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	کارایی مصرف آب	هدایت مزوفیلی mmol CO_2/m² s	عملکرد کل ton/ha
	μmol/m² s						μmol CO_2/mol H_2O			
G1	۱۸۶۷/۳[a]	۱۸/۹[a]	۳۴/۳۸[c]	۲۶۰/۲[abc]	۹/۶۵[ab]	۰/۵۱[ab]	۳۹/۷[bc]	۲/۰۷[ab]	۰/۰۷۴[a]	۱/۴۸[bcdef]
G2	۱۷۹۵/۸[ab]	۱۷/۷[a]	۳۴/۷۵[abc]	۲۷۲/۷[a]	۱۰/۴۴[a]	۰/۶۱[a]	۳۳/۲[c]	۱/۸[b]	۰/۰۶۵[a]	۱/۳۱۸[ef]
G3	۱۵۸۰/۵[b]	۱۸/۶[a]	۳۴/۷۲[abc]	۲۴۳/۸[bc]	۸/۹۷[b]	۰/۳۹[b]	۴۹/۸[ab]	۲/۲۱[a]	۰/۰۷۶[a]	۱/۶۸۴[abcde]
G4	۱۸۱۵/۶۷[ab]	۱۹/۶۵[a]	۳۴/۶۷[abc]	۲۵۳/۷[abc]	۹/۸۶[ab]	۰/۴۸[ab]	۴۱/۶[abc]	۲/۱۱[ab]	۰/۰۷۸[a]	۱/۴۹۹[bcde]
G5	۱۷۵۲/۱۷[ab]	۱۸/۷[a]	۳۴/۶۲[abc]	۲۴۷/۷[abc]	۹/۴۶[ab]	۰/۵۶[ab]	۴۶/۱۴[abc]	۲/۱۵[ab]	۰/۰۷۶[a]	۱/۸۷۵[abcd]
G6	۱۷۹۳/۸[ab]	۱۹/۱[a]	۳۴/۵۸[abc]	۲۴۸/۸[abc]	۹/۳۳[ab]	۰/۴۵[ab]	۴۳/۹[abc]	۲/۱۵[ab]	۰/۰۷۷[a]	۱/۳۹۲[def]
G7	۱۷۶۱/۳[ab]	۱۸/۵[a]	۳۴/۵۲[bc]	۲۵۴/۲[abc]	۹/۲۳[ab]	۰/۴۵[ab]	۴۲/۷[abc]	۲/۰۸[ab]	۰/۰۷۵[a]	۱/۵۶۵[bcde]
G8	۱۸۳۱/۸۳[a]	۱۷/۱[a]	۳۴/۸۲[abc]	۲۵۷/۷[abc]	۹/۳۳[ab]	۰/۴۳[ab]	۴۲/۴[abc]	۱/۹۵[ab]	۰/۰۶۷[a]	۲/۰۲[ab]
G9	۱۷۹۸[ab]	۱۷/۶[a]	۳۵/۲۵[abc]	۲۴۲/۷[bc]	۸/۹۳[b]	۰/۳۶[b]	۵۰/۸۴[ab]	۲/۰۵[ab]	۰/۰۷۲[a]	۱/۹۸۱[ab]
G10	۱۷۷۴[ab]	۱۶/۴[a]	۳۵/۰۲[abc]	۲۶۴/۷[ab]	۹/۵۷[ab]	۰/۴۳[ab]	۳۹/۵[bc]	۱/۸[b]	۰/۰۶۲[a]	۲/۲۰۶[a]
G11	۱۸۶۲/۲[a]	۱۵/۹۸[a]	۳۵/۱۳[abc]	۲۵۴/۲[abc]	۸/۹۶[b]	۰/۳۸[b]	۴۶/۴[abc]	۱/۹۲[ab]	۰/۰۶۲[a]	۱/۸۶[abcd]
G12	۱۷۷۰[ab]	۱۶/۶[a]	۳۵/۲۸[ab]	۲۵۶/۵[abc]	۹/۴۳[ab]	۰/۴۲[ab]	۴۴/۱[abc]	۱/۸۸[ab]	۰/۰۶۴[a]	۱/۵۲۸[bcde]
G13	۱۷۸۹/۵[ab]	۱۹/۲۸[a]	۳۴/۷۱[abc]	۲۳۹/۸[bc]	۸/۹۹[b]	۰/۴۱[ab]	۴۸/۹[ab]	۲/۱۹[ab]	۰/۰۸۲[a]	۰/۹۷۱[f]
G14	۱۷۹۹/۱۷[ab]	۱۶/۱۲[a]	۳۵/۴[a]	۲۴۴/۸[bc]	۸/۸۴[b]	۰/۳۶[b]	۵۲/۰۷[ab]	۲/۰۳[ab]	۰/۰۶۷[a]	۱/۹۵۱[abc]
G15	۱۸۶۴/۷[a]	۱۸/۸[a]	۳۵/۱۳[abc]	۲۴۱/۸[bc]	۹/۲۴[ab]	۰/۳۹[b]	۴۸/۶[ab]	۲/۰۸[ab]	۰/۰۷۸[a]	۲/۱۱[a]
G16	۱۸۳۶/۶۷[a]	۱۸/۸[a]	۳۵/۴۳[a]	۲۲۲/۳[c]	۹/۲۵[ab]	۰/۳۸[b]	۵۴/۰۵[a]	۲/۱۵[ab]	۰/۰۸۱[a]	۱/۴۳۱[cdef]

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

اندام حس‌کننده 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 (Karimi *et al.*, 2015). بسته‌شدن روزنه‌ها در طی تنش خشکی گرچه به‌منظور کاهش هدررفت 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 بسته‌شدن روزنه‌ها موجب کاهش ورود CO_2 به سلول‌های زیر روزنه شده که درنهایت کاهش غلظت CO_2 درون‌سلولی را به دنبال دارد (Zlatev and Yordanov, 2004). 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 (Amiri *et al.*, 2017; Armand *et al.*, 2015). با کاهش غلظت CO_2 داخل برگ و کاهش انتقال آن به کلروپلاست، فتوسنتز محدود می‌گردد (Kicheva *et al.*, 1994).

تعرق: با افزایش دور آبیاری به دور آبیاری ۹ روز، کاهش معنی‌دار در میزان تعرق مشاهده شد (جدول 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 تأثیر 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

شده تغییر می‌یابد. نتایج مطالعات متعدد حاکی از این است که درصد بالایی از آب وارد شده در گیاه از طریق تعرق روزنه‌ای خارج می‌شود و در نتیجه کاهش تعرق منجر به کاهش فتوسنتز و کارایی مصرف آب می‌شود (Cornic and Massacci, 1996; Khatun *et al.*, 2021). در واقع گیاهان در معرض نور کم و تنش کمبود آب بیشتر تحت تنش خواهند بود (Aranda *et al.*, 2005). نتایج برخی پژوهش‌ها که بر روی گندم انجام گرفت نشان داد که کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای، منجر به مصرف آب کمتر در گیاه و نیز موجب افزایش پتانسیل آب برگ پرچم می‌شود. برخی گزارشات نشان می‌دهند که با افزایش آب موجود در گیاه میزان تعرق در گیاه افزایش می‌یابد (Brownlee, 2001). در بین ژنوتیپ‌ها در دو شرایط مورد بررسی نیز بیشترین میزان تعرق در ژنوتیپ G2 و کمترین در ژنوتیپ G2 مشاهده شد (جدول ۶).

هدایت روزنه‌ای: دور آبیاری ۹ روز باعث کاهش غیر معنی‌دار در میزان هدایت روزنه‌ای شد (جدول ۵). کمترین هدایت روزنه‌ای مربوط به ژنوتیپ‌های G9 و G14 و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای متعلق به ژنوتیپ G2 بود (جدول ۶). حساس‌ترین شاخص برای بررسی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه، بررسی رفتار روزنه‌هاست. واکنش برگ‌ها به‌عنوان اندام اصلی فتوسنتزکننده با توجه به دمای هوا، دمای برگ، رطوبت نسبی هوا و سایر خصوصیات محیطی متفاوت است. 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 (Anyia and Herzog, 2004). زمانی که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود، در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای و در نهایت سرعت تعرق و فتوسنتز به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (Pinheiro *et al.*, 2004; Kruger *et al.*, 1995; Khatun *et al.*, 2021; Chartzoulakis *et al.*, 2002). جلوگیری از رشد همراه با بسته‌شدن روزنه‌ها جزء اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است (Kruger *et al.*, 1995) و بسته‌شدن روزنه‌ها در پاسخ به کمبود آب رفتار مشترکی است که در میان گونه‌های گیاهی به چشم می‌خورد (Pearce *et al.*, 2006). محققین 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. با این حال بعضی محدودیت‌های ناشی از تنظیم غیرروزنه‌ای نیز مشاهده‌شده بود (Anyia and Herzog, 2004). سازگاری به خشکی در لوبیا چشم‌بلبلی وابسته به حداقل رسانیدن تلفات آب به‌وسیله کنترل شکاف روزنه است (De Carvalho *et al*, 1998). اثبات شده است که لوبیا قادر به نگهداری پتانسیل آب برگی بالا یا محتوای رطوبت نسبی برگی بالا، طی تنش آبی است (Souza *et al.*, 2004) در نتیجه می‌تواند از پسابیدگی بافت جلوگیری کند. این راهبرد به‌واسطه بسته‌شدن روزنه‌ها، ممکن است باعث کاهش در آسیمیلاسیون CO_2 و کاهش رشد و عملکرد شود. طی تحقیقات انجام گرفته توسط Winter و همکاران (۱۹۸۸) بر روی گندم، مشخص گردید که هدایت روزنه‌ای فاکتور مناسبی جهت غربال‌کردن ژنوتیپ‌ها نیست و این شاخص بسته به شرایط محیطی متفاوت خواهد بود. 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 نخود 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).

فتوسنتز: اختلاف مشاهده‌شده از نظر میزان فتوسنتز بین دو شرایط آبیاری و بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۵). با این حال دور آبیاری ۹ روز باعث کاهش میزان فتوسنتز شد. از طرف دیگر بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به ژنوتیپ‌های G4 و G13 و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G11 و G14 بود (جدول ۶). فتوسنتز مهم‌ترین فرایند گیاهی است که نقش

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

بسزایی در تثبیت کربن و تولید مواد آلی در گیاهان دارد (Bishop and Bugbee, 1998). میزان فتوسنتز گیاه زراعی به‌سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ و مساحت سطح برگ بستگی داشته است (Winter *et al*., 1988). کاهش هماهنگ فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای تحت شرایط دور آبیاری ۹ روز، نشان‌دهنده محدودیت روزنه‌ای در فتوسنتز است (Austin, 1989). 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 (به‌عنوان مثال، در یک برگ و تنها برای یک دوره کوتاه از زمان) باشد. آسیمیلاسیون خالص CO_2 از طریق فرایند فتوسنتز، اولین مرحله تولید بیوماس است (Anyia and Herzog, 2004) و سرعت آسیمیلاسیون خالص حساس‌ترین جزء ظرفیت بیوشیمیایی به تنش کم‌آبی است و می‌تواند نقطه کنترل کلیدی تحمل خشکی باشد (Kruger *et al*., 1995). محققین نشان دادند که تنش کم‌آبی در طول مدت پر شدن دانه میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای را کاهش داده و پیری برگ را تسریع می‌کند (Zou *et al*., 2007; Olorunwa *et al*., 2021; Khatun *et al*., 2021; Hlahla, 2021). از مهم‌ترین عوامل محدودکننده فتوسنتز در شرایط تنش خشکی عبارتند از 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 نوری) به‌جای کربوکسیلاسیون (فتوسنتز) انجام خواهد شد (Pagter *et al*., 2005). در مرتبه دوم 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 بیس فسفات و کاهش انتقال الکترون فتوسنتزی به فتوسیستم II است (Pagter *et al*., 2005). افزایش فتوسنتز خالص در نخود 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 (Ganjeali *et al*., 2011). برخی مطالعات گزارش کردند که ممانعت از فتوسنتز در شرایط تنش خشکی با افزایش غلظت CO_2محیط بهبود می‌یابد که این امر تعیین‌کننده نقش کلیدی روزنه‌ها در کاهش فتوسنتز است (Armand *et al*., 2015).

کارایی مصرف آب فتوسنتزی: اختلاف مشاهده‌شده بین دو شرایط آبیاری معنی‌دار بود و دور آبیاری ۹ روز باعث افزایش کارایی مصرف آب فتوسنتزی شد (جدول ۵) به همین دلیل میزان فتوسنتز در اکثر ژنوتیپ‌ها در دور آبیاری ۹ روز نسبتاً بیشتر بود. بیشترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی مربوط به ژنوتیپ‌های G16 و G14 و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ G2 و G10 بود (جدول ۶). به‌منظور به دست آوردن کارایی مصرف آب لحظه‌ای، میزان فتوسنتز بر هدایت روزنه‌ای تقسیم می‌شود (Ritchie *et al*., 1990). 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 است 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 (El Hafid *et al*., 1998).

هدایت مزوفیلی: اختلاف مشاهده‌شده از نظر میزان هدایت مزوفیلی بین دو شرایط آبیاری و بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). با این حال دور آبیاری ۹ روز باعث کاهش میزان هدایت مزوفیلی شد (جدول ۵). از طرف دیگر بیشترین میزان هدایت مزوفیلی مربوط به ژنوتیپ G13 و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G11 و G10 بود (جدول ۶). عامل اصلی محدودکننده فتوسنتز، کاهش هدایت مزوفیلی است (Barutcular *et al*., 2000). در شرایط محیطی یکسان ارقام مختلف گیاهان زراعی توانایی تبادلات گازی متفاوتی نشان می‌دهند که ناشی از اختلاف در تعداد روزنه در واحد سطح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

برگ و نیز اندازه متفاوت روزنه در برگ‌هاست. در گیاه نی مشخص شده است که سرعت بیشتر فتوسنتز به‌واسطه هدایت مزوفیلی بیشتر است و بالا بودن هدایت مزوفیلی بیانگر کارایی فرآوری بیشتر کربن است (Pagter *et al.*, 2005). 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 مقایسه‌ها برمی‌آید ژنوتیپ‌های G4، G13 و G6 دارای بیشترین میزان فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و تا حدودی کارایی مصرف آب هستند درحالی‌که ژنوتیپ G11 دارای کم‌ترین میزان این پارامترها است. 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 (Schmidt, 1983; Khatun *et al.*, 2021). محققین معتقدند که یکی از عوامل مهم در کاهش فتوسنتز، بسته‌شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب است که سبب کاهش هدایت روزنه‌ای شده و درنهایت کاهش میزان فتوسنتز را به همراه دارد. در واقع 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 (Lawler and Cornic, 2002). اما در ارتباط با محدودیت‌های غیرروزنه‌ای، صفت هدایت مزوفیلی (میزان فتوسنتز به غلظت CO_2 درون روزنه‌ای) مهم است و بنا به گفته برخی دیگر از محققین کاهش هدایت مزوفیلی عامل اصلی محدودکننده فتوسنتز است (Fischer *et al.*, 1998; Barutcular *et al.*, 2000).

کارایی مصرف آب: اختلاف مشاهده‌شده از نظر میزان کارایی مصرف آب بین دو شرایط آبیاری معنی‌دار و بین ژنوتیپ‌ها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵). محققین دیگر نیز اثر شرایط آبیاری بر کارایی مصرف آب را معنی‌دار ولی ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری روی کارایی مصرف آب نداشت (Soureshjani *et al.*, 2019). دور آبیاری ۹ روز باعث افزایش میزان کارایی مصرف آب شد. از طرف دیگر بیشترین میزان کارایی مصرف آب مربوط به ژنوتیپ‌های G3، G13 و G16 و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ‌های G2 و G10 بود (جدول ۶). یکی از شاخص‌های اساسی در تعیین استفاده کارا از آب جهت تولید محصولات کشاورزی، شاخص کارایی مصرف آب است. افزایش کارآیی مصرف آب می‌تواند با راهبردهای بسیاری حاصل گردد که یکی از آنها تغییر توان گیاهان زراعی برای تولید عملکرد قابل قبول در شرایط کم آبی است (Alinezhad *et al.*, 2017; Hong Bo *et al.*, 2008). کارآیی مصرف آب همچنین یکی از خصوصیات مهم فیزیولوژیک بوده که نشان‌دهنده توانایی گیاه در مقابله با تنش است. با توجه به محدودیت منابع آب در ایران، اعمال تنش آبی یا کم‌آبیاری بر روی بعضی از محصولات زراعی امری اجتناب‌ناپذیر است (Sobhani and Hamidi, 2015). اگر چه نتیجه کم آبیاری کاهش عملکرد در واحد سطح است، اما کارآیی مصرف آب و کارآیی آبیاری افزایش می‌یابد (Sobhani and Hamidi, 2015; Khatun *et al.*, 2021; Shayannejad and Moharrari, 2010).

هر چه میزان فتوسنتز بیشتر و غلظت دی‌اکسید کربن زیر روزنه‌ای کمتر باشد، کارایی مصرف آب بیشتر خواهد بود (Martin and Ruiz-Torres, 1992). برخی پژوهشگران بیان داشتند استفاده از فن‌آوری‌های آبیاری، اندازه زمین و شیوه‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب مؤثر هستند (Frija *et al.*, 2009). کاهش رطوبت خاک ممکن است از طریق انسداد روزنه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف آب در برخی گیاهان از جمله ذرت دانه‌ای گردد (Sander and Bastiaanssen, 2004).

عملکرد کل: اختلاف مشاهده‌شده از نظر میزان عملکرد بین دو شرایط آبیاری و بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار بود (جدول ۴). با این حال دور آبیاری ۹ روز باعث کاهش میزان عملکرد شد (جدول ۵). از طرف دیگر بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ‌های G10، G15، G8، G9 و G14 و کمترین میزان عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های G13، G2، G6 و G16 بود (جدول ۶). اندازه‌گیری عملکرد دانه یکی از شاخص‌های مهم در برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی برای مقامت به خشکی است؛ اما به دلیل وراثت‌پذیری پایین این صفت، اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی مرتبط با تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

خشکی در کنار آن ضروری به نظر می‌رسد (Blum, 1985).

روابط بین صفات: نتایج تجزیه همبستگی (جدول ۷) نشان داد که بین بین عملکرد با هیچ کدام از صفات فیزیولوژیک مورد بررسی در هر دو شرایط آبیاری همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. اگرچه میزان فتوسنتز عامل اصلی کنترل رشد بوته و عملکرد است، اما رابطه بین میزان فتوسنتز و عملکرد دانه بسیار پیچیده است و از این‌رو، نتایج متناقض در مورد این ارتباط مشاهده شده است. به‌طوری‌که در گزارشی بین صفات فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه در گیاه کلزا ارتباطی وجود نداشته است و از طرفی در گیاه سویا بین فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای ارتباط معنی‌داری گزارش شده است (Wells *et al*., 1982). 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 محدودشدن فتوسنتز صورت می‌گیرد. کاهش فتوسنتز را می‌توان به نقصان هدایت روزنه‌ای نسبت داد که تحت تنش کاهش می‌یابد. بسته‌شدن 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 (Ashraf and Harris, 2004).

فتوسنتز با میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای در دور آبیاری ۹ روز همبستگی مثبت معنی‌دار و در دور آبیاری ۵ روز همبستگی مثبت و غیرمعنی‌دار داشت. این حالت نشان‌دهنده اهمیت هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش است. میزان فتوسنتز با CO_2 زیرروزنه‌ای در شرایط دور آبیاری ۵ روز همبستگی منفی معنی‌دار و در دور آبیاری ۹ روز بدون همبستگی بود. از طرف دیگر میزان فتوسنتز با هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب در هر دو شرایط آبیاری رابطه مثبت معنی‌دار داشت. 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 (Blanco *et al*., 2000). رابطه بین هدایت روزنه‌ای با فتوسنتز، نشان از اهمیت آن در تولید دارد. بسته شدن روزنه اولین دلیل کم‌شدن سرعت فتوسنتز در شرایط خشکی متوسط است (Cornic, 2000). 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 (Flexas and Medrano, 2002). همبستگی سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای با عملکرد دانه، توسط محققین دیگری (میری و همکاران، ۱۳۸۶) نیز گزارش شده است. کلروفیل‌ها، مولکول‌های ضروری هستند که مسئول دریافت انرژی خورشیدی در سیستم‌های فتوسنتزی هستند (Tanaka and Tanaka, 2006). 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 (Sairam *et al*., 1997; Jiang and Huang, 2001). در شرایط دور آبیاری ۹ روز هدایت روزنه‌ای با هدایت مزوفیلی همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد. کاهش هدایت روزنه‌ای می‌تواند به دلیل بسته‌شدن 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 (Anjum *et al*., 2011).

در هر دو شرایط آبیاری میزان تعرق با هدایت روزنه‌ای در سطح یک درصد همبستگی مثبت معنی‌دار و با کارایی مصرف آب فتوسنتزی در سطح یک درصد همبستگی منفی معنی‌دار نشان می‌دهد. البته در دور آبیاری ۹ روز بین میزان تعرق با میزان فتوسنتز همبستگی مثبت در سطح یک درصد مشاهده شد. بین میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه کلزا و عملکرد آن رابطه خطی وجود دارد (Habir *et al*., 1989). همچنین در کلزا بین میزان فتوسنتز برگ در مرحله گلدهی و هدایت روزنه‌ای با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]
[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مطالعه‌شده

	تشعشع فعال فتوسنتزی	دمای برگ	CO_2 زیر روزنه‌ای	میزان تعرق	هدایت روزنه‌ای	میزان فتوسنتز	کارایی مصرف آب فتوسنتزی	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب
تشعشع فعال فتوسنتزی	۱								
	۱								
دمای برگ	-۰/۲۲	۱							
	۰/۳۳*	۱							
CO_2 زیر روزنه‌ای	-۰/۰۳	-۰/۲۲	۱						
	-۰/۲۳	-۰/۴۳**	۱						
میزان تعرق	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۳۶*	۱					
	-۰/۰۲	-۰/۲۴	۰/۵۸**	۱					
هدایت روزنه‌ای	۰/۲۲	-۰/۳۴*	۰/۴۹**	۰/۷۲**	۱				
	-۰/۱۶	-۰/۵۳**	۰/۶۲**	۰/۹۳**	۱				
میزان فتوسنتز	۰/۲۸	-۰/۱۸	-۰/۶۶**	۰/۲۱	۰/۲	۱			
	۰/۰۱	-۰/۴۳**	۰/۰۱	۰/۷۱**	۰/۷۶**	۱			
کارایی مصرف آب فتوسنتزی	-۰/۰۹	۰/۲۷	-۰/۹۲**	-۰/۶۳**	-۰/۷۱**	۰/۳۴*	۱		
	۰/۱۹	۰/۵**	-۰/۹۱**	-۰/۸۳**	-۰/۸۶**	-۰/۳۹**	۱		
هدایت مزوفیلی	۰/۲۱	-۰/۰۳	-۰/۸۵**	۰	-۰/۰۶	۰۰/۹۵**	۰/۶**	۱	
	۰/۱	-۰/۲۲	-۰/۳۹**	۰/۴۲**	۰/۴۵**	۰/۹۲**	۰	۱	
کارایی مصرف آب	۰/۱۳	-۰/۳۶*	-۰/۸۲**	-۰/۴۳**	-۰/۲۲	۰/۷۹**	-۰/۶۹**	۰/۸۶**	۱
	۰/۰۳	-۰/۳۴*	-۰/۶۳**	-۰/۱	۰/۰۵	۰/۶۳**	۰/۳۷**	۰/۸۳**	۱
عملکرد کل	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰	-۰/۰۳	-۰/۰۶	۰	-۰/۰۶	-۰/۰۶
	-۰/۲۴	-۰/۰۲	۰/۱	-۰/۱	-۰/۰۹	-۰/۱۷	-۰/۰۲	-۰/۲۱	-۰/۱۳

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

عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار گزارش شده است (میری و همکاران، ۱۳۸۶).

در هر دو شرایط آبیاری، CO_2 زیر روزنه‌ای با میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای دارای همبستگی مثبت معنی‌دار و با کارایی مصرف آب فتوسنتزی، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب دارای همبستگی منفی معنی‌دار بود. دمای برگ نیز در هر دو شرایط آبیاری با هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب همبستگی منفی معنی‌دار نشان داد و درنهایت کارایی مصرف آب با هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی در هر دو شرایط آبیاری همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد.

نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات فیزیولوژیک بر فتوسنتز (جدول ۸) به‌عنوان متغیر تابع نشان داد در دور آبیاری پنج روز، صفات میزان CO_2 زیر روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ با ضریب منفی و میزان تعرق با ضریب مثبت، وارد مدل شده و با میزان ضریب تبیین ۰/۹۸ میزان تغییرات فتوسنتز را توجیه می‌کنند. در مقابل در دور آبیاری ۹ روز صفات میزان CO_2 زیر روزنه‌ای و دمای برگ با ضریب منفی و میزان تعرق با ضریب مثبت، وارد مدل شده و با میزان ضریب تبیین ۰/۹۷

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

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

دور آبیاری ۵ روز					دور آبیاری ۹ روز				
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R^2	$\bar{R}^2$	منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R^2	$\bar{R}^2$
رگرسیون	۴	۵/۴۵۸**	۰/۹۸۶	۰/۹۸	رگرسیون	۳	۸/۸۷۸**	۰/۹۷	۰/۹۶
باقیمانده	۱۱	۰/۰۲۹			باقیمانده	۱۲	۰/۰۶۷		

Constant	۱۳۷/۹۱**±۶/۶۴	Constant	۸۹/۴۶**±۸/۵۷
دمای برگ	-۳/۱۸۹**±۰/۱۹۵	دمای برگ	-۱/۹۱۵**±۰/۲۴۲
CO_2 زیر روزنه‌ای	-۰/۱۴۴**±۰/۰۰۶	CO_2 زیر روزنه‌ای	-۰/۱۳**±۰/۰۰۹
میزان تعرق	۳/۳۰۱**±۰/۲۶۷	میزان تعرق	۳/۱۳۷**±۰/۲۴۶
هدایت روزنه‌ای	-۷/۵۸**±۱/۵۹۴		

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

میزان تغییرات فتوسنتز را توجیه می‌کنند. صفات میزان CO_2 زیر روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای و دمای برگ با ضریب منفی و میزان تعرق با ضریب مثبت، وارد مدل شده و با میزان ضریب تبیین ۰/۹۸ میزان تغییرات فتوسنتز را توجیه می‌کنند. ارتباط مثبت بین میزان فتوسنتز و عملکرد توسط محققین دیگری نیز گزارش شده است (Shobeiri *et al*., 2021; Monneveux *et al*., 2006; Martin and Ruiz-Torres, 1992; Khatun *et al*., 2021).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری، ژنوتیپ‌های G14، G15 و G9 میزان فتوسنتز، کارایی مصرف آب و عملکرد بالاتری نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها دارند. از طرف دیگر در هر دو شرایط آبیاری میزان فتوسنتز با هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب در هر دو شرایط آبیاری رابطه مثبت معنی‌دار داشت؛ بنابراین ژنوتیپ‌های دارای فتوسنتز بیشتر علاوه بر هدایت روزنه‌ای بالا (مخصوصاً در شرایط تنش)، هدایت مزوفیلی بالاتر و به عبارتی کارایی بیشتری در استفاده از دی‌اکسید کربن وارد شده به روزنه را دارا هستند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بین صفات فتوسنتز، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی رابطه نزدیکی وجود دارد. در هر دو شرایط آبیاری صفات میزان CO_2 زیر روزنه‌ای، و دمای برگ با ضریب منفی و میزان تعرق با ضریب مثبت، توجیه‌کننده میزان تغییرات فتوسنتز بودند و در شرایط دور آبیاری ۹ روز صفت هدایت روزنه‌ای با ضریب منفی نیز در توجیه تغییرات فتوسنتز دخالت دارد. بنابراین در انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به شرایط تنش استفاده از این صفات فیزیولوژیک می‌تواند مؤثر باشد.

منابع

آمارنامه بارندگی. (۱۴۰۲). سازمان هواشناسی کل کشور.

برزگر، طاهر، مرادی، پوریا، حسن‌زاده، زیبا، قهرمانی، زهرا، و نیکبخت، جعفر (۱۳۹۷) . ارزیابی رشد، عملکرد و میزان ویتامین ث بامیه با کاربرد پوترسین و اسید هیومیک تحت تنش کم آبی. *نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۸(۱)، ۱۰۹-۱۲۳.

حبیبی، غلامرضا، و بی‌همتا، محمدرضا (۱۳۸۶). مطالعه عملکرد دانه و برخی صفات مؤثر بر آن در لوبیا چیتی تحت شرایط آبیاری محدود. *مجله پژوهش و سازندگی*، ۲۰(۱)، ۳۴-۴۶.

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]	[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

حسین‌زاده، سعیدرضا، چنیانی، منیره، و سلیمی، اعظم (۱۳۹۳). بررسی اثر متانول بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی. *نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران، ۵*(۲)، ۸۲-۷۱. DOI:10.22067/ijpr.v1393i2.47031

رضوانی‌مقدم، پرویز، و صادقی سمرجان، رضا (۱۳۸۷). بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم ILC3279 در شرایط آب و هوایی نیشابور. *مجله پژوهش‌های زراعی ایران ایران، ۶*(۲)، ۳۲۵-۳۱۵. DOI: 10.22067/gsc.v6i2.2438

رهباریان، راهل، خاوری‌نژاد، رمضانعلی، گنجعلی، علی، باقری، عبدالرضا، و نجفی، فرزانه (۱۳۹۲). بررسی اثرات تنش خشکی بر فتوسنتز، فلوئورسانس کلروفیل و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس نخود (*Cicer arietinum* L.). *پژوهش‌های حبوبات ایران، ۴* (۲). DOI: 10.22067/ijpr.v1392i2.41277

صادقی، لیلا، رفیعی، مسعود، و دانشیان، جهانفر (۱۴۰۰). اثرات تنش خشکی و ریزگرد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک در گیاه سویا. *فرایند و کارکرد گیاهی، ۱۰* (۴۱)، ۲۶۳-۲۷۷.

عزیزی، زینب، برزگر، طاهر، و قهرمانی، زهرا (۱۳۹۶). تأثیر اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و کیفیت میوه خربزه زرد جلالی تحت تنش کم آبی. *مجله به زراعی کشاورزی، ۱۹* (۲)، ۴۰۰-۳۸۷.

لک، شهرام، نادری، احمد، سیادت، عطاءالله، آینه‌بند، امیر، و نورمحمدی، قربان (۱۳۸۶). اثرات تنش کمبود آب بر عملکرد و کارایی نیتروژن ذرت هیبرید دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ در مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم گیاهی. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، ۱۴* (۲)، ۶۳-۷۶.

میری، حمیدرضا، امام، یحی، و نورمحمدی، قربان (۱۳۸۶). ارزیابی برخی صفات مرفوفیزیولوژیک مؤثر بر افزایش عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.). *مجله علوم کشاورزی، ۷*(۳)، ۱۱۷-۱۰۱.

Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology, 11*, 100-105. DOI: 08.305/IGC-DYT/2009/11.1.100.105

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S. R., Armand, N., & 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*(3), 226-235. DOI:10. 21859/acadpub.nbr.4.3.226

Alinezhad, S., Sinki, J. M., & Zarei, M. (2017). Investigation on the effect of humic and biominic acid foliar on yield and yield components of barley under cut irrigation condition. *Agronomic Research in Semi Desert Regions, 3*(14), 193-203.

Amiri, H., Ismaili, A., & 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. DOI:10.1080/1065657X.2016.1249313

Anjum, S. A., Wang, L. C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L. L., & Zou, C. M. (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. DOI:10.1111/j.1439-037X.2010.00459.x

Anyia, A. O, & Herzog, H. (2004). Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronom, 20*, 327-339. DOI:10.1016/S1161-0301(03)00038-8

Aranda, I., Gil, L., & Pardos, J. (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. DOI:10.1016/j.foreco.2005.02.012

Araus, J. L., Salfer, G. A., Reynold, M. P., & Royo, C. (2002). Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? *Annals of Botany, 89*, 925-240.

Armand, N., Amiri, H., & 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), 1-219. DOI:10.1111/php.12548

Ashraf, M, & Harris, P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science, 166*, 3-16. DOI:10.1016/j.plantsci.2003.10.024

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

DOI:10.1017/S0021859600085737

Austin, R. B., Bigham, J., Blackwell, R. D., Evans, L. T., Ford, M. A., Morgan, C. L., & Taylor, M. (1980). Genetic improvement in winter wheat yields during 1900 and associated physiological changes. *Journal of Agricultural Science Cambridge, 94*, 675-89. DOI:10.1017/S0021859600028665

Baath, G. S., Rocateli, A. C., Kakani, V. G., Singh, H., Northup, B. K., Gowda, P. H., & Katta, J. R. (2020). Growth and physiological responses of three warm-season legumes to water stress. *Scientific Reports, 10*(1), 1-12.

Barutcular, C., Genc, I., & Koc, M. (2000). Photosynthetic water use efficiency of old and modern durum wheat genotypes from southeastern Turkey. In: Proceeding Seminar on durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Series A.

Bayat, A. A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., & Dorri, H. R. (2010). Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris L.*) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences, 12*(1), 42-54. (In Persian). DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.1.4.1

Beheshti, S., Tadayyon, A., & Falah, S. (2016). Effect of humic acid on the yield and yield components of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Pulses Research, 7*(2), 175-187. (In Farsi). DOI:10.22067/ijpr.v7i2.46533

Bishop, D. L, & Bugbee, B. G. (1998). Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi-dwarf wheat. *Journal of Plant Physiology, 153*, 558-565. DOI:10.1016/S0176-1617(98)80204-6

Blanco, I., Rajaram, A. S., Kronstad, W. E., & Reynolds, M. O. (2000). Physiological performance of synthetice hexaploid wheat-derived populations. *Crop Science, 40*, 1257-1263. DOI: 10.2135/cropsci2000.4051257x

Blum, A. (1985). Breeding crop varieties for stress environments. *Critical Reviews in Plant Sciences, 2*, 199-238. DOI:10.1080/07352688509382196

Brownlee, C. (2001). The long and short of stomatal density signals. *Trends in Plant Science, 6*, 441-442. DOI:10.1016/S1360-1385(01)02095-7

Carcova, J., Maddonni, G. A., & Ghersa, C. M. (1998). Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Research, 55*, 165-174. DOI:10.1016/S0378-4290(97)00076-2

Chartzoulakis, K., Patakasb, A., Kofidisc, G., Bosabalidisc, A., & Nastoub, A. (2002). Water stress affects on leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae, 95*(1), 39-50. DOI:10.1016/S0304-4238(02)00016-X

Cornic, G. (2000). Drought stress inhibits photosynthesis by decreased stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. *Tactical Information Broadcast Service, 5*, 187-188. DOI:10.1016/S1360-1385(00)01625-3

Cornic, G, & Massacci, A. (1996). Leaf photosynthesis under drought stress. In: Photosynthesis and Environment (ed. Baker, N. R.). Pp. 347-366. Kluwer Academic Publisher. DOI:10.1007/0-306-48135-9_14

De Carvalho, M. H. C., Laffray, D., & Louguet, P. (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. DOI:10.1016/S0098-8472(98)00037-9

Earl, H. J, & Davis, R. F. (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal, 95*, 688-696. DOI:10.2134/agronj2003.6880

Ebrahimi, M., Bihamta, M. R., Hoseinzade, A., Khialparast, F., & Golbashy, M. (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). DOI:10.22067/jcesc.2010.41785

El Hafid, K., Smith, D., Karrou, M., & Sqmir, K. (1998). Physiological response of spring durum wheat cultivars to early–season drought in a Mediterranian environment. *Annals of Botany, 81*, 363-370. DOI:10.1006/anbo.1997.0567

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2019). Production and trade yearbook. FAO, Rome. Available online at: https://www.fao.org. Accessed 22 June 2019.

Flexas, L, & Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C_3 plant: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. *Annoual of Botany, 89*, 183-189. DOI:10.1093/aob/mcf027

Frija, A., Chebil, A., Speelman, S., Buysse, J., & Van Huylenbroeck, G. (2009). Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in Tunisia. *Agricultural Water Management, 96*(11), 1509-1516. DOI:10.1016/j.agwat.2009.05.006

Fischer, R. A., Rees, D., Sayre, K. D., Lu, Z. M., Candon, A. G., & Saavedra, A. L. (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Science, 38*(6), 1467-1475. DOI:10.2135/cropsci1998.0011183X003800060011x

Ganjeali, A., Porsa, H., & Bagheri, A. (2011). Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. *Agriculture Water Management, 98*, 1477-1484. DOI:10.1016/j.agwat.2011.04.017

Hlahla, J. M. (2021). Photosynthetic Efficiency and Biochemical Responses of Vegetable-type Soybean Cultivars under Drought Stress. University of the Free State.

Habir, S. K., Jarwal, S. D., Singht, D. S., & Tank, D. S. (1989). Water production function for Indian rape. *Oilseeds Research, 6*, 316-321. DOI:10.1016/0550-3213(89)90033-3

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

Hemati Far, K, & Rahimi, M. M. (2015). Effect of different levels of uperabsorbent polymers on water use efficiency and characteristics of sorghum in different water regimes. *Journal of Plant Ecophysiology, 9*(31), 32-41. DOR:20.1001.1.20085958.1396.9.31.5.1

Hobbs, S. L. A, & Mahon, J. D. (1982). Variation, heritability and relation to yield of physiological characters in peas. *Crop Science, 32,* 773-7799. DOI:10.2135/cropsci1982.0011183X002200040018x

Hong-Bo, S., Li-Ye, C., Jaleel, C. A., & Chang-Xing, Z. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies, 331,* 215-22. DOI:10.1016/j.crvi.2008.01.002

Islam, M. T. (2022). Effect of drought stress on photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and yield of mungbean genotypes under high temperature. *Bangladesh Journal of Nuclear Agriculture*, *36*(1), 83-91.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of agriculture and biology, 11,* 100-105. DOI: 08.305/IGC-DYT/2009/11.1.100.105

Jiang, Y, & Huang, B. (2001). Drought and heat stress injury to two cool season Turfgrasses in relation to antioxidant metabolim and lipid peroxidation. *Crop Science, 41*, 436-442. DOI:10.2135/cropsci2001.412436x

Johnson, D. A, & Rumbaugh, M. D. (1995). Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. *Range Management Journal*, *48*, 126-131. DOI:10.2307/4002798

Karimi, S., Yadollahi, A., & Arzani, K. (2015). Gasexchange response of almond genotypes to water stress. *Photosynthetica, 53,* 29-34. DOI:10.1007/s11099-015-0070-0

Kicheva, M. L., Tsonev, T. D., & Popova, L. P. (1994). Stomatal and nonstomatal limitation to photosynthesis in two wheat cultivars subjected to water stress. *Photosynthetica, 30*, 107-116.

Kruger, G. H. J., Van Rensburg, L., & Mahtis, P. (1995). Carbon dioxide fixation: Stomatal and non-stomatal limitations in drought stressed *Nicotina tobacum* L. cultivar. 10th International Photosynthesis Congress, Montpellier, France. DOI:10.1007/978-94-009-0173-5_816

Khatun, M., Sarkar, S., Era, F. M., Islam, A. M., Anwar, M. P., Fahad, S., ... & Islam, A. A. (2021). Drought stress in grain legumes: Effects, tolerance mechanisms and management. *Agronomy*, *11*(12), 2374. DOI:10.3390/ agronomy11122374

Lawler, D. W, & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environment, 25,* 275-294. DOI:10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x

Ludlow, M. M, & Muchow, R. C. (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environments. *Advances in Agronomy*, *43,* 107-153. DOI:10.1016/S0065-2113(08)60477-0

Mahajan, S, & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses. *Biochemistry and Biophysics, 444*, 139-158. DOI:10.1016/j.abb.2005.10.018

Martin, B, & Ruiz-Torres, N. A. (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. DOI:10.1104/pp.100.2.733

Monneveux, P. H., Rekika, D., Acevedo, E., & Merah, O. (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. DOI:10.1016/j.plantsci.2005.12.008

Olorunwa, O. J., Shi, A., & Barickman, T. C. (2021). Varying drought stress induces morpho-physiological changes in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) genotypes inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. *Plant Stress*, *2*, 100033. DOI:10.1016/j.stress.2021.100033

Papathanasiou, F., Ninou, E., Mylonas, I., Baxevanos, D., Papadopoulou, F., Avdikos, I., ... & Kargiotidou, A. (2022). The evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under water stress based on physiological and agronomic parameters. *Plants*, *11*(18), 2432.

Polania, J. A., Salazar-Chavarria, V., Gonzalez-Lemes, I., Acosta-Maspons, A., Chater, C. C., & Covarrubias, A. A. (2022). Contrasting Phaseolus crop water use patterns and stomatal dynamics in response to terminal drought. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 894657.

Pagter, M., Bragato, C., & Brix, H. (2005). Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. *Aquatic Botany*, *81*, 285-299. DOI:10.1016/j.aquabot.2005.01.002

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., & Rood, S. B. (2006). Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Physiology*, *26*, 211-218. DOI:10.1093/treephys/26.2.211

Pinheiro, C., Passarinhoa, J. A., & Ricardo, C. P. (2004). Effect of drought and reatering on the merabolism of *Pinus albus* organs. *Journal of Plant Physiology*, *161*, 1203-1210. DOI:10.1016/j.jplph.2004.01.016

Porch, T. G., Ramirez, V. H., Santana, D., & Harmsen, E. W. (2009). Evaluation of common bean for drought tolerance in Juana Diaz, Puerto Rico. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *195*(5), 328-334. DOI:10.1111/j.1439-037X.2009.00375.x

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

Ramirez-Llodra, E., Tyler, P. A., Baker, M. C., Bergstad, O. A., Clark, M. R., Escobar, E., Levin, L. A., Menot, L., Rowden, A. A., Smith, C. R., & Van Dover, C. L. (2011). Man and the last great wilderness: Human impact on the deep sea. *PLoS One*, *6*(8), e22588. DOI:10.1371/journal.pone.0022588

Rasti Sani, M., Lahouti, M., & Ganjeali, A. (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. DOI:10.22067/ijpr.v1393i1.46210

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., & Holaday, A. S. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science, 30*, 105-111. DOI:10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Soureshjani, H. K., Nezami, A., Kafi, M., & Tadayon, M. (2019). Responses of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, *213*, 270-279. DOI:10.1016/j.agwat.2018.09.038

Sairam, P. K., Deshmukh, P. S., & Shukla, D. S. (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. DOI:10.1111/j.1439-037X.1997.tb00486.x

Sander, J. Z, & Bastiaanssen, W. G. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigation wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management, 69*, 115-33. DOI:10.1016/j.agwat.2004.04.007

Santos, M. G., Ribeiro, R. V., de Oliveira, R. F., Machado, E. C., & Pimentel, C. (2006). The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. *Plant Science*, *170*(3), 659-664. DOI: 10.1016/j.plantsci.2005.10.020

Sarker, B. C., Hara, M., & Uemura, M. (2005). Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae, 103*(4), 387-402. DOI:10.1016/j.scienta.2004.07.010

Schmidt, J. W. (1983). Drought resistance and wheat breeding. *Agricultural Water Management*, *7*(1), 181-194. DOI:10.1016/0378-3774(83)90082-3

Shayannejad, M, & Mohrhari, A. (2010). The effect of water stress on the quality characteristics of wheat and potato in Shahrekord. *Journal of Water Research in Agriculture*, *24*(1), 65-74.

Shobeiri, S. S., Asadi, A. A., Azimi, M., & Sohrabi, I. (2021). Evaluation of photosynthetic parameters and their relationships with grain yield in red bean lines in field conditions. *Journal of Crop Breeding*, *13*(39), 63-76. DOI:10.52547/jcb.13.39.63

Sobhani, A. R, Hamidi, H. (2015). Effects of water stress and different potassium levels on yield, water use efficiency and harvest index in potato. *Plant Production Technology, 7*(1), 99-112.

Souza, R. P., Machado, E. C., Silva, J. A. B., Lagoa, A. M. M. A., & Silveira, J. A. G. (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. DOI:10.1016/S0098-8472(03)00059-5

Taiz, L, & Zeiger, E. (1998). Plant Physiology. 2nd Ed. Sinauer Associates, Inc.

Tanaka, A, & Tanaka, R. (2006). Chlorophyll metabolism. *Plant Biology, 9*, 248-255. DOI:10.1016/j.pbi.2006.03.011

Tohidi, M., Nadery, A., Siadat, S., & Lak, S. (2012). Variables productivity of light interception in grain maize hybrids at various amount of nitrogen. *World Applied Sciences Journal*, *16*, 86-93.

Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., & Serraj, R. (2005). Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment, 106*, 275-287. DOI:10.1016/j.agee.2004.10.019

Wells, R., Schulze, L. L., Ashley, D. A., Boerma, H. R., & Brown, R. H. (1982). Cultivars differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to yield in soybeans. *Crop Science, 22*, 886-90. DOI:10.2135/cropsci1982.0011183X002200040044x

Winter, S. R., Musick, J. T., & Porter, K. B. (1988). Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistance winter wheat. *Crop Science, 28*, 512-516. DOI:10.2135/cropsci1988.0011183X002800030018x

Yathisha, N. S., Barbara, P., Gugi, B., Yogendra, K., Jogaiah, S., Azeddine, D., & Sharatchandra, R. G. (2020). Vegetative desiccation tolerance in *Eragrostiella brachyphylla*: Biochemical and physiological responses. *Heliyon*, *6*(9), e04948.

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

Zlatev, Z. S, & 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., & Luo, L. J. (2007). Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. *Journal of Integrative Plant Biology, 49*, 1508-1516. DOI:10.1111/j.1672-9072.2007.00560.x

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]

Evaluation of photosynthetic parameters and their relationships with grain yield in Chitti bean lines (*Phaseolus vulgaris*) in deficit and normal irrigation

Ali Akbar Asadi and Seyedeh Soudabeh Shobeiri*

Assistant Professor of Crop and Horticultural Science Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREOO), Zanjan, Iran
(Received: 2024/11/04, Accepted: 2025/03/04)

Abstract

Increasing awareness of the physiological traits effective in the formation of seed yield in different irrigation conditions can be a suitable criterion for selecting these traits to improve seed yield in these conditions. In order to investigate the changes of these parameters and their relationship with the yield in chiti beans, an experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with three replications in 5 and 9 day irrigation cycles at the Khairabad Zanjan research station in the crop year 2023-2024. Between the two irrigation conditions, a significant difference was observed in the characteristics of leaf temperature, transpiration, photosynthetic water use efficiency, water use efficiency, and yield. The studied genotypes showed significant differences in leaf temperature, substomatal CO_2, photosynthetic water consumption efficiency, and yield, which indicates the existence of genetic diversity between genotypes in terms of these traits. Genotypes G1, G2, G4, G9, and G12 showed higher photosynthesis rates, stomatal conductance, water use efficiency, and mesophilic conductance than other genotypes. Genotypes G10, G15 and G8 had the highest yield compared to other genotypes. The highest efficiency of photosynthetic water consumption was related to G16 and G14 genotypes, and the lowest was related to G2 and G10 genotypes. The highest rate of photosynthesis was related to G4 and G13 genotypes, and the lowest rate was related to G11 and G14 genotypes. No significant correlation was observed between yield and any of the investigated physiological traits in both irrigation conditions. The rate of photosynthesis had a significant positive relationship with mesophilic conductance and water use efficiency in both irrigation conditions. Photosynthesis rate had a significant positive correlation with the transpiration and stomatal conductance in the irrigation cycle of 9 days, and in the irrigation of the 5-day cycle, there was a positive and non-significant correlation. In both irrigation conditions, sub-stomatal CO_2 and leaf temperature with a negative coefficient and transpiration with a positive coefficient justified the changes in photosynthesis. In irrigation of a 9-day cycle, stomatal conductance with a negative coefficient is also involved in justifying the changes in photosynthesis. Due to the existence of variation in some photosynthetic indices in genotypes, this test can be performed in different stress conditions and used to select efficient genotypes in stress conditions.

Keywords: Chiti beans, Irrigation cycle, Photosynthesis, Transpiration

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: DOI: 10.22034/14.68.115]