

## اثر کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیا در شرایط تنش

### قطع آبیاری

حسین خیری استیاری<sup>۱</sup>، فرهاد فرح‌وش<sup>۲\*</sup>، بهرام میرشکاری<sup>۳</sup>، ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار<sup>۴</sup> و علیرضا تازی‌نژاد<sup>۵</sup>

۱، ۲، ۳ و ۴) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۵) گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

\*نویسنده مسئول: farahvash@iaut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳

### چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد کود گوگرد و تیوباسیلوس بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد ارقام لوبیا در شرایط تنش قطع آبیاری این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۵ در گلخانه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. در این پژوهش سه رقم لوبیا (درسا، اختر و صدری)، چهار سطح کودی (شاهد، کود گوگرد (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار)، باکتری تیوباسیلوس و گوگرد + تیوباسیلوس) و تنش قطع آبیاری (شاهد، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن نیام) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تفاوت میان ارقام لوبیا، سطوح کودی و مراحل قطع آبیاری معنی دار بود. مقایسه میانگین برهمکنش‌ها نشان داد تنش قطع آبیاری به ویژه قطع آبیاری از مرحله گلدهی موجب کاهش شاخص برداشت، عملکرد و رطوبت نسبی برگ شد و نیز موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای شد که با کاربرد تیوباسیلوس + گوگرد از اثر منفی تنش کاسته شد. کلروفیل‌های a، b و کل و همچنین کارتنوئید در شرایط تنش قطع آبیاری از مرحله پر شدن نیام افزایش یافت که این افزایش در حضور گوگرد + تیوباسیلوس بیش تر بود. همبستگی منفی بین مقاومت روزنه‌ای با دو صفت شاخص برداشت و عملکرد دانه وجود داشت که بیانگر کاهش فعالیت فتوسنتزی در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها بود. بنابراین، با کاربرد باکتری تیوباسیلوس + گوگرد که سبب کمک به تداوم فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش قطع آبیاری بود، می‌توان موجب افزایش تحمل ارقام لوبیا شد و اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت.

واژه‌های کلیدی: باکتری، کارتنوئید، کلروفیل، مقاومت روزنه‌ای و نیام.

## مقدمه

گیاهان تیره بقولات به خصوص لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از عمده‌ترین منابع غذایی بشر بوده و با داشتن ۱۸-۳۲ درصد پروتئین نقش مهمی را در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان داشته است. سطح زیر کشت جهانی لوبیا ۲۴ میلیون تن است. از این نظر در بین حبوبات مقام اول را دارا است. متوسط عملکرد جهانی آن در هکتار ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). اما تنش خشکی همواره یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان بوده و موجب کاهش عملکرد در تمامی گیاهان به‌ویژه بقولات شده است. خشکی عملکرد دانه را در وهله نخست به‌واسطه محدودیت تعداد دانه از طریق تأثیر بر میزان ماده خشک تولید شده به‌واسطه تغییر زمان گلدهی و یا با تأثیر مستقیم بر گرده و تخمک و کاهش تشکیل دانه تحت تأثیر قرار می‌دهد. کمبود آب در مرحله گلدهی باعث افزایش سقط رویان در دانه گرده می‌شود و در مرحله تلقیح دانه گرده باعث کاهش شدت فتوسنتز، افزایش ABA و کاهش بارگیری فرآورده‌های فتوسنتزی شده که در نهایت با ریزش گل‌ها و غلاف‌ها عملکرد را کاهش می‌دهد (Zadehbagheri *et al.*, 2012) و به دلیل تأثیرگذاری خشکی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت در تیمارهای تحت تنش کاهش می‌یابد (Gebeyehu, 2006). مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی همواره از مهم‌ترین صفاتی بودند که به عملکرد دانه در شرایط تنش قطع آبیاری کمک کردند (Pimratch *et al.*, 2013) و به نظر می‌رسد کاهش فتوسنتز در تنش قطع آبیاری تا حدی به‌واسطه کاهش غلظت کلروفیل بوده است که در شرایط تنش رطوبتی به واسطه اثر کلروفیل‌لاز و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (Singh, 2007). Terzi و همکاران (۲۰۱۰) اثر تنش خشکی را بر بازده فتوشیمیایی فتوسیستم II پنج واریته لوبیای معمولی مورد بررسی قرار دادند. میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در تمام ارقام به‌طور معنی داری کاهش یافت. بنا به نظر Shamsi (۲۰۱۰) رطوبت نسبی برگ بالاتر نتیجه تنظیم اسمزی بیشتر و یا کشش کم‌تر بافت دیواره سلولی است و با کاهش رطوبت نسبی برگ روزنه‌ها بسته‌شده و سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک کاهش می‌یابد. علاوه بر تنش قطع آبیاری، یکی از مهم‌ترین مشکلات گیاه کمبود مواد معدنی در خاک‌های آهکی است که رشد و عملکرد گیاهان را دچار محدودیت می‌کند و موجب افزایش حساسیت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شود، در عین حال توانایی بالای گیاه جهت تحمل تنش قطع آبیاری همواره ارتباط تنگاتنگی با بهبود وضعیت انتقال مواد و جذب آب در این شرایط داشته است (Pimratch *et al.*, 2013). گوگرد به‌عنوان اصلاح‌کننده خاک‌های آهکی با اکسیداسیون و تبدیل شدن به اسید سولفوریک، موجب کاهش pH، تأمین سولفات و عناصر غذایی کم مصرف و اصلاح خاک شد (Sonmez *et al.*, 2016) و در نتیجه کمبود گوگرد رشد گیاهان به تأخیر افتاده و عملکرد کمی و کیفی آن‌ها کاهش یافت (Motior *et al.*, 2011)، همچنین گوگرد همواره عنصری مؤثر در تشکیل کلروفیل گیاهان بوده است (Abdou *et al.*, 2011). اما شرط بهره‌گیری از این توان بالقوه

گوگرد، حضور باکتری‌های اکسید کننده این عنصر در خاک است، باکتری تیوباسیلوس از مهم‌ترین و رایج‌ترین انواع باکتری‌های اکسیدکننده است که گوگرد موجود در خاک را به صورت اسید سولفوریک قابل جذب برای گیاهان درمی‌آورد (Ravichandra *et al.*, 2007). کاربرد گوگرد به همراه تیوباسیلوس به وسیله بسیاری از محققین بررسی شده و بیش‌تر آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که باکتری‌های جنس تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد و کاهش pH خاک، افزایش حلالیت عناصر غذایی و رشد گیاه را به همراه داشتند (Fallah *et al.*, 2010; Abdou *et al.*, 2011). Ansori و Golami (۲۰۱۵) نیز مشاهده نمودند که کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس بیش‌ترین اثر را روی کاهش pH خاک و افزایش عملکرد ذرت داشت. با توجه به این که تنش خشکی و خاک‌های آهکی هر دو از مهم‌ترین عوامل منفی اثرگذار در تولید بقولات در کشورمان هستند و در عین حال ارائه هر گونه راهکار جهت کاهش اثر منفی تنش خشکی و خاک‌های آهکی مستلزم وجود مستندات علمی جامعی است، لذا در این تحقیق اقدام به بررسی اثر سطوح مختلف کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس بر افزایش تحمل ارقام لوبیا به تنش قطع آبیاری شد.

#### مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر باکتری تیوباسیلوس و کود گوگردی با خلوص ۹۸ درصد در افزایش تحمل ارقام لوبیا به تنش قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پر شدن نیام، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در بهار ۱۳۹۵ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در دمای ۲۲-۳۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰-۷۰ درصد انجام شد. در این پژوهش فاکتورهای مورد مطالعه عبارت بودند از: ارقام لوبیا (لوبیا سفید رقم درسا، لوبیا قرمز رقم اختر، لوبیا چیتی رقم صدری)، سطوح کودی (شاهد یا بدون کود)، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد پودری با خلوص ۹۸ درصد، باکتری تیوباسیلوس و گوگرد + باکتری تیوباسیلوس) و تنش قطع آبیاری (شاهد بدون تنش)، قطع آبیاری از زمان گلدهی و قطع آبیاری از زمان پر شدن نیام). خاک را بعد از انجام آزمایش خاک (جدول ۱) و مشخص شدن اسیدیته بالای خاک، استریل کرده و بعد از آن با ماسه (دو سوم خاک زراعی و یک سوم ماسه بادی) مخلوط و سپس درون گلدان‌های پلاستیکی با گنجایش شش کیلوگرم خاک ریخته شد. جهت رسیدن تعداد بوته‌ها به مقدار مورد نیاز و رعایت تراکم کاشت درون گلدان‌ها از دو گلدان برای هر تیمار استفاده شد و به منظور جلوگیری از تبخیر آب، سطح هر گلدان با مقدار مساوی پرلیت پوشانده شد. پس از رسیدن گیاهچه‌ها به مرحله دو تا چهار برگی به وسیله تنک کردن تنها چهار بوته در هر گلدان باقی ماند. آبیاری تا زمان ۱۰ روز بعد از شروع گلدهی به صورت یکسان انجام گرفت و سپس اعمال تیمارهای تنش قطع آبیاری پس از ۱۰ روز بعد از گلدهی و پر شدن نیام (در تیمارهای مورد نظر) انجام گرفت. کود گوگرد پودری با توجه به نیاز خاک به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد که بعد از تعیین مقدار مورد نیاز برای هر گلدان، قبل از

کاشت بذور سه گرم کود گوگردی را به وسیله ترازوی ۰/۰۰۱ گرم توزین و با ۱۰۰ گرم خاک مرطوب مخلوط کرده و به لایه زیر سطحی گلدان اضافه شد تا بعد از کاشت در مجاورت بذور قرار گیرد. با توجه به این که خاک مورد استفاده (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری) قبل از انجام آزمایش تمام ویژگی‌های آن تعیین گردیده بود، مقدار گوگرد برای هر گلدان متناسب با ویژگی‌های وزنی آن خاک و ظرفیت گلدان (شش کیلوگرم) تعیین شد.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

رس	لای	شن	گوگرد قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	ازت کل	کربن آلی	مواد خنثی شونده	اسیدبته گل اشباع	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر مربع)
درصد	درصد	درصد	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	درصد	درصد	درصد		
۱۰	۲۰	۷۰	۴۵	۴۶۴	۳۵/۹	۰/۱۱۹	۱/۱۵	۱۵	۸/۵۱	۰/۸۵

باکتری تیوباسیلوس از گونه *Halothiobacillus neapolitanus* با جمعیت باکتری  $10^8$  باکتری در میلی لیتر مایه تلقیح مایع از مرکز تحقیقات خاک و آب بخش تحقیقات بیولوژی خاک کرج تهیه شد و در ادامه جهت آماده سازی ابتدا ۲۰۰ گرم از بذور هر رقم را در ۱۰۰ میلی لیتر از مایه تیوباسیلوس ریخته شد و برای چند دقیقه محتویات ظرف را به خوبی تکان داده شد تا از آغشته شدن کلیه بذور به کود بیولوژیک اطمینان حاصل گردد و سپس بذرها برای کاشت آماده بودند. علاوه بر بذر مال کردن بذور، در تیمارهایی که حاوی باکتری تیوباسیلوس بودند، مقدار ده میلی لیتر از باکتری را نیز با ۱۰۰ گرم خاک مرطوب مخلوط کرده و به لایه زیر سطحی گلدان اضافه شد تا بعد از کاشت در مجاورت بذور گیاه قرار گیرد. جهت تعیین شاخص برداشت بعد از تعیین دقیق مقدار عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک در هر تیمار با استفاده از روش زیر اقدام به محاسبه شاخص برداشت شد (Ntanos and Koutroubas, 2002):

رابطه ۱:  $100 \times (\text{عملکرد بیولوژیک} \div \text{عملکرد اقتصادی}) = \text{شاخص برداشت}$

برای تعیین محتوای رطوبت نسبی برگ ابتدا تعداد چهار برگ رسیده و جوان از هر نمونه انتخاب و جدا شدند. بعد از جدا نمودن برگها از گیاه بلافاصله نمونهها در محیط آزمایشگاهی به وسیله ترازو ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (جهت آبیگری کامل) قرار گرفت و پس از خشک شدن آب سطحی مجدداً توزین شدند (وزن اشباع). پس از آن برگها به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس در داخل آون الکتریکی قرار داده شدند. پس از این مدت نمونهها توزین شدند تا وزن خشک به دست آید و نهایت از روش Diaz-Perez و همکاران (۲۰۰۶) جهت محاسبه رطوبت نسبی برگ استفاده شد:

رابطه ۲:  $RWC = (FW - DW) \div (TW - DW) \times 100$

TW: وزن کل، DW: وزن خشک، FW: وزن اشباع

برای سنجش کلروفیل و کارتنوئید، ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ را با استن ۸۰ درصد به تدریج ساییده تا کلروفیل وارد محلول استنی شد. در نهایت حجم محلول با استن ۸۰ درصد را توسط بالن ژوژه به ۲۵ میلی لیتر رسانده شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ و سپس جذب نوری محلول رویی در طول موجهای ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ توسط دستگاه اسپکتوفتومتر مدل HACH-DR/4000U قرائت شد. مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید طبق رابطه‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ محاسبه شدند (Arnon, 1949):

$$\text{رابطه ۳: } a \text{ کلروفیل (mg. g}^{-1} \text{ fw)} = [(12.7 \times \text{OD } 663) - (2.69 \times \text{OD } 645) \times V] \div [1000 \times W]$$

$$\text{رابطه ۴: } b \text{ کلروفیل (mg. g}^{-1} \text{ fw)} = [(22.9 \times \text{OD } 645) - (4.68 \times \text{OD } 663) \times V] \div [1000 \times W]$$

$$\text{رابطه ۵: } \text{کارتنوئید (mg. g}^{-1} \text{ fw)} = [(7.6 \times \text{OD } 480) - (1.49 \times \text{OD } 510) \times V] \div [1000 \times W]$$

$$\text{رابطه ۶: } \text{کلروفیل کل (mg. g}^{-1} \text{ fw)} = a + b$$

W: وزن نمونه تر، V: حجم نهایی عصاره (۱۰ میلی لیتر)، OD: مقدار جذب نور

برای اندازه‌گیری مقاومت روزنه‌ای پنج برگ بالغ (شش روز بعد از اعمال تنش قطع آبیاری در تیمارهای دارای تنش قطع آبیاری و در تیمارهای شاهد در زمان ده روز بعد از گلدهی) از انتهای بوته هر تیمار انتخاب شد و پس از قرار گرفتن هر برگ در میان سنسورهای حساس دستگاه پرومتر مدل AP4 delta-t devices برحسب ثانیه بر سانتی متر قرائت شدند (فرشادفر و محمدی، ۱۳۸۲؛ خلیلوند بهروزیار، ۱۳۹۶). جهت تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار SAS (سلطانی، ۱۳۸۶) و مقایسه میانگین کلیه صفات مورد بررسی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات حاکی از آن بود که اختلاف اثر سطوح کودی و تنش قطع آبیاری برای عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین برهمکنش دوگانه (رقم با تنش) و (کود با تنش) در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). برهمکنش رقم و تنش باعث تغییرات معنی داری بر عملکرد دانه شد. بر این اساس، اعمال

تنش قطع آبیاری موجب کاهش عملکرد دانه در تمامی ارقام شد که این تنش در مرحله گلدهی بیش‌تر اثر گذار بود. بیش‌ترین مقدار این صفت مربوط به رقم درسا در شرایط بدون تنش و کم‌ترین مقدار نیز مربوط به رقم اختر در واکنش به تنش مرحله گلدهی بود (جدول ۴). نتایج برهمکنش سطوح کودی و تنش قطع آبیاری نشان داد اعمال تنش در هر دو مرحله رشدی سبب کاهش عملکرد دانه شد که این کاهش در تنش قطع آبیاری از مرحله گلدهی بیش‌تر بود. اعمال توأم کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس توانست در مواردی سبب کاهش اثر منفی تنش بر عملکرد شود. تنش انتهایی فصل رشد بر تمام صفات عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در شرایط گلخانه اثر معنی‌داری داشت. مقدار اثر تنش قطع آبیاری بر عملکرد لوبیا در اثر اعمال کود زیستی به همراه تیوباسیلوس کاهش یافت، این مسئله به دلیل نقش گوگرد در رشد گیاه و سنتز کلروفیل است (جدول ۵). نجاریان و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که لوبیا به تنش قطع آب حساس می‌باشد و عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌پللی با قطع آب در مراحل گلدهی و غلاف‌بندی کاهش معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. قادری و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی بیان کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه گندم آبی، وزن هزار دانه و غلظت عناصر غذایی در دانه با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار به‌دست آمد اما با توجه به نتایج به دست آمده کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار با باکتری تیوباسیلوس مناسب است. افزایش ماده خشک تولیدی در گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب می‌تواند به دلیل گسترش بیش‌تر سطح برگ و نیز دوام آن باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیش‌تر از نور دریافتی باعث افزایش تولید ماده خشک شده است.

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر سطوح کودی بر صفات مورد مطالعه ارقام لوبیا در شرایط تنش قطع آبیاری

میانگین مربعات									
منابع تغییر	درجه	شاخص	عملکرد دانه	مقاومت	رطوبت نسبی	کارتونوئید	a کلروفیل	b کلروفیل	کلروفیل کل
تکرار	۲	۳/۷۹۱	۹۱/۶۵۹	۳/۴۰۱	۱۱۱/۴۴۰	۰/۰۰۵۲	۰/۰۲۲۷	۰/۰۱۲۷	۰/۰۶۹۶
رقم	۲	۶۹/۴۲۱ <sup>**</sup>	۲۹۶۱/۰۵ <sup>**</sup>	۸۱/۲۸۷ <sup>**</sup>	۲۶۱/۲۸۲ <sup>**</sup>	۰/۰۲۵ <sup>*</sup>	۰/۰۵۵ <sup>**</sup>	۰/۰۳۲ <sup>**</sup>	۰/۱۷۴ <sup>**</sup>
کود	۳	۱۴/۵۱۱ <sup>**</sup>	۲۰۱۰/۴۱۴ <sup>**</sup>	۲۴/۱۰۲ <sup>**</sup>	۲۹۵/۸۹۶ <sup>**</sup>	۰/۰۲۰ <sup>*</sup>	۰/۴۰ <sup>**</sup>	۰/۰۱۵ <sup>*</sup>	۰/۱۰۶ <sup>**</sup>
تنش قطع آبیاری	۲	۷۲۷۷/۸۶۳ <sup>**</sup>	۱۷۷۳۶۹/۹۴۷ <sup>**</sup>	۳۸۶/۵۷۱ <sup>**</sup>	۱۶۷/۱۱۵ <sup>**</sup>	۰/۰۴۲ <sup>**</sup>	۰/۰۷۹ <sup>**</sup>	۰/۰۵۵ <sup>**</sup>	۰/۲۵۱ <sup>**</sup>
رقم × کود	۶	۱۰/۵۳۷ <sup>**</sup>	<sup>ns</sup> ۹۰/۵۰۴	۳۲/۶۳۰ <sup>**</sup>	۲۵۵/۹۵۲ <sup>**</sup>	۰/۰۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۲ <sup>**</sup>	۰/۰۱۶ <sup>**</sup>	۰/۰۹۴ <sup>**</sup>
رقم × تنش	۴	۱۲۳/۱۴۵ <sup>**</sup>	۲۷۸۳/۷۶۴ <sup>**</sup>	۲۴/۷۳۳ <sup>**</sup>	۵۰۷/۰۳۶ <sup>**</sup>	۰/۱۵ <sup>*</sup>	۰/۰۱۸ <sup>**</sup>	۰/۰۱۰ <sup>*</sup>	۰/۰۵۵ <sup>**</sup>
کود × تنش	۶	۸/۷۸۶ <sup>**</sup>	۴۵۰/۲۶۴ <sup>*</sup>	۱۸۲/۱۷۹ <sup>**</sup>	۳۳۳/۸۳۵ <sup>**</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۱ <sup>*</sup>	۰/۰۱۳ <sup>*</sup>	۰/۰۴۹ <sup>**</sup>
رقم × کود × تنش	۱۲	<sup>ns</sup> ۳/۵۵۴	<sup>ns</sup> ۱۶۷/۱۰۰	۸۳/۹۱۵ <sup>**</sup>	۷۴/۵۹۴ <sup>*</sup>	۰/۰۱۶ <sup>**</sup>	۰/۰۳۳ <sup>**</sup>	۰/۰۲۸ <sup>**</sup>	۰/۱۱۹ <sup>**</sup>
خطا	۷۲	۲/۵۷۴	۱۵۳/۶۲۹	۵/۵۳۷	۵۰/۰۳۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴۶	۰/۰۱۴

ns, \*\*, \* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

## شاخص برداشت

بر اساس تجزیه واریانس برهمکنش‌های دوگانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). برهمکنش رقم و تنش باعث تغییراتی در شاخص برداشت شد و بالاترین مقدار شاخص برداشت رقم درسا در شرایط بدون تنش و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم صدری در شرایط تنش قطع آبیاری از مرحله گلدهی بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌های برهمکنش رقم با سطوح کودی نشان داد که بیش‌ترین شاخص برداشت در رقم صدری و با حضور تیمار کودی گوگرد + تیوباسیلوس بود و بعد از آن تیمار رقم صدری به همراه باکتری تیوباسیلوس قرار داشت. کم‌ترین مقدار مربوط به رقم درسا بود (جدول ۳). برهمکنش کود با تنش نشان داد اعمال گوگرد و تیوباسیلوس در کنار هم در مواردی باعث کاهش اثر تنش بر مقدار شاخص برداشت شد و بالاترین مقدار شاخص برداشت مربوط به تیمار کودی گوگرد + باکتری تیوباسیلوس در شرایط عدم تنش بود که با تیمارهای هر سه رقم لوبیا در شرایط بدون تنش در یک گروه آماری قرار گرفتند و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار بدون کود در شرایط تنش قطع آبیاری از مرحله گلدهی بود که با تیمارهای ارقام اختر و صدری در شرایط تنش در مرحله گلدهی در یک گروه آماری قرار گرفتند. همبستگی مثبت و معنی‌داری میان شاخص برداشت با عملکرد و رطوبت نسبی و همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری با مقاومت روزنه‌ای مشاهده شد (جدول ۷).

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های ترکیب تیماری ارقام لوبیا و سطوح مختلف کودی

رقم	کود	شاخص برداشت (درصد)
درسا	شاهد	<sup>c</sup> ۳۲/۲۵
	گوگرد	<sup>c</sup> ۳۲/۰۹
	تیوباسیلوس	<sup>de</sup> ۳۳/۱۶
	گوگرد + تیوباسیلوس	<sup>bc</sup> ۳۴/۸۷
اختر	شاهد	<sup>bc</sup> ۳۵/۰۴
	گوگرد	<sup>cd</sup> ۳۴/۴۰
	تیوباسیلوس	<sup>c</sup> ۳۲/۴۰
	گوگرد + تیوباسیلوس	<sup>cd</sup> ۳۴/۳۳
صدری	شاهد	<sup>bcd</sup> ۳۴/۷۰
	گوگرد	<sup>bc</sup> ۳۵/۳۸
	تیوباسیلوس	<sup>ab</sup> ۳۶/۱۶
	گوگرد + تیوباسیلوس	<sup>a</sup> ۳۷/۰۶

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند،

بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین‌های ترکیب تیماری ارقام لوبیا و تنش قطع آبیاری

سطوح کودی	تنش قطع آبیاری	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد (گرم در متر مربع)
	شاهد	<sup>a</sup> ۴۲/۴۸	<sup>a</sup> ۱۸۵/۴
درسا	گلدهی	<sup>e</sup> ۵۹/۲۰	<sup>e</sup> ۳۷/۲۰
	رسیدگی	<sup>d</sup> ۲۶/۳۰	<sup>f</sup> ۷۱/۴۰
	شاهد	<sup>a</sup> ۹۲/۴۷	<sup>c</sup> ۱۵۰/۰
اختر	گلدهی	<sup>f</sup> ۴۱/۱۹	<sup>h</sup> ۲۳/۸۳
	رسیدگی	<sup>c</sup> ۸۱/۳۴	<sup>e</sup> ۸۲/۳۳
	شاهد	<sup>a</sup> ۹۸/۴۷	<sup>b</sup> ۱۷۲/۰
صدری	گلدهی	<sup>f</sup> ۱۳/۱۹	<sup>h</sup> ۲۸/۲۹
	رسیدگی	<sup>b</sup> ۳۷/۴۰	<sup>d</sup> ۱۰۷/۳

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

### رطوبت نسبی

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که رطوبت نسبی برگ در واکنش به برهمکنش سه‌گانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش سه‌گانه رقم، سطوح کودی و تنش قطع آبیاری نشان داد که بالاترین مقدار رطوبت نسبی برگ مربوط به تیمار رقم درسا در حضور کود گوگرد در شرایط بدون تنش بود که با تیمار رقم اختر، بدون اعمال کود و در شرایط بدون تنش در یک گروه آماری قرار داشت و کم‌ترین مقدار رطوبت نسبی مربوط به رقم صدری، بدون اعمال کود و در تنش قطع آبیاری از مرحله پر شدن نیام بود (جدول ۶). ارقام اختر و درسا به‌طور میانگین رطوبت نسبی بیشتری داشتند که این صفت در اثر تنش قطع آبیاری به‌ویژه از مرحله پر شدن نیام قرار گرفت. اعمال گوگرد در رقم درسا و صدری بیش‌تر توانست بر رطوبت نسبی برگ بیفزاید، اما همین شرایط برای رقم اختر در حضور گوگرد + تیوباسیلوس اتفاق افتاد. بروجردنیا و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ شد. پژوهش‌ها نشان داده که مقدار رطوبت نسبی برگ در پاسخ به تنش قطع آبیاری کاهش یافت (Ghanbari et al, 2013; Burling et al, 2013). همبستگی مثبتی بین رطوبت نسبی با شاخص برداشت و عملکرد وجود داشت (جدول ۷).

### کارتونوئید

بر اساس جدول تجزیه واریانس صفات مشاهده شد که مقدار رنگیزه کارتونوئید در برگ‌های ارقام لوبیا در شرایط اثر سطوح مختلف کودی و تنش قطع آبیاری بوده و برهمکنش سه‌گانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین در واکنش به برهمکنش رقم، سطوح کودی و تنش قطع آبیاری نشان داد رقم صدری در کل نسبت به دو

رقم دیگر دارای کارتنوئید بالاتری بود و بعد از آن به ترتیب ارقام درسا و اختر قرار دارند. در اکثر موارد تنش گلدهی سبب افزایش مقدار کارتنوئید شد که این افزایش در تیمارهایی که حاوی بذور بذر مال شده بودند بیش تر مشاهده شد. بیشترین مقدار کارتنوئید مربوط به بذور بذر مال شده به باکتری تیوباسیلوس رقم صدری در شرایط تنش مرحله پر شدن نیام بود که با تیمار رقم صدری به همراه گوگرد و تیوباسیلوس در شرایط تنش پر شدن نیام در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین مقدار کارتنوئید مربوط به رقم اختر به همراه گوگرد در شرایط بدون تنش بود (جدول ۶). همبستگی مثبت و معنی داری میان کارتنوئید با کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۷).

جدول ۵: مقایسه میانگین‌های ترکیب تیماری سطوح کودی و تنش قطع آبیاری برای صفات اندازه‌گیری شده

سطوح کودی	تنش قطع آبیاری	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد (گرم در متر مربع)
شاهد	شاهد	<sup>a</sup> ۴۸/۱۸	<sup>b</sup> ۱۵۵/۸
	گلدهی	<sup>d</sup> ۱۸/۱۶	<sup>e</sup> ۲۴/۴۶
	رسیدگی	<sup>b</sup> ۳۵/۶۵	<sup>c</sup> ۸۱/۶۶
گوگرد	شاهد	<sup>a</sup> ۴۷/۷۲	<sup>b</sup> ۱۶۴/۸
	گلدهی	<sup>d</sup> ۱۹/۰۳	<sup>e</sup> ۲۵/۲۲
	رسیدگی	<sup>b</sup> ۳۵/۱۲	<sup>c</sup> ۹۲/۲۵
تیوباسیلوس	شاهد	<sup>a</sup> ۴۸/۰۳	<sup>b</sup> ۱۶۴/۱
	گلدهی	<sup>d</sup> ۱۹/۴۴	<sup>e</sup> ۲۸/۳۱
	رسیدگی	<sup>b</sup> ۳۴/۲۶	<sup>c</sup> ۸۳/۵۰
گوگرد + تیوباسیلوس	شاهد	<sup>a</sup> ۴۸/۵۰	<sup>b</sup> ۱۹۱/۸
	گلدهی	<sup>c</sup> ۲۲/۲۱	<sup>d</sup> ۳۹/۷۷
	رسیدگی	<sup>b</sup> ۳۵/۵۵	<sup>c</sup> ۹۰/۶۵

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

### کلروفیل a

بر اساس یافته‌های پژوهش، برهمکنش سه‌گانه مقدار کلروفیل a در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). رقم صدری نسبت به سایر ارقام کلروفیل a بیش‌تری را داشت که این کلروفیل در تمامی ارقام در اثر تنش قطع آبیاری قرار گرفت و در اکثر موارد نسبت به شاهد افزایش نشان دادند که در مرحله گلدهی بیش‌تر مشهود بود، اعمال سطوح باکتری تیوباسیلوس زمانی که همراه با گوگرد بود توانست بر این مقدار بیفزاید. مقایسه میانگین برهمکنش سه‌گانه رقم، سطوح کودی و تنش قطع آبیاری نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a مربوط به رقم اختر در حضور گوگرد و تیوباسیلوس که

با رقم صدری به همراه تیوباسیلوس در یک گروه آماری قرار دارند که هر دو تیمار مربوط به قطع آبیاری از زمان پر شدن نیام بود و کمترین مقدار کلروفیل *a* مربوط به رقم درسا بدون اعمال کود در واکنش به تنش از زمان پر شدن نیام با میانگین بود (جدول ۶). همبستگی مثبت و معنی داری میان کلروفیل *a* با کلروفیل *b*، کلروفیل کل و کارتنوئید در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۷).

### کلروفیل *b*

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس مقدار کلروفیل *b* در واکنش به برهمکنش سه گانه در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش رقم و کود و تنش نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل *b* مربوط به رقم اختر در حضور کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس و کمترین مقدار مربوط به رقم درسا بدون اعمال کود و در شرایط تنش پر شدن نیام بود (جدول ۶). اعمال سطوح کودی بر مقدار کلروفیل *b* اثر گذار بود و در مواردی توانستند سبب افزایش مقدار این رنگیزه شوند، البته به دلیل وجود اختلاف ژنوتیپی که بین ارقام وجود داشت این اثر میان ارقام متفاوت بود و در رقم صدری و درسا شاهد اثر بیش تر کاربرد باکتری تیوباسیلوس به تنهایی بودیم اما در رقم اختر باکتری در حضور گوگرد مؤثرتر واقع شد. اعمال تنش قطع آبیاری در مراحل مختلف رشدی روی کلروفیل *b* اثر گذار بود و در مواردی موجب افزایش کلروفیل *b* نیز شد که این افزایش در تنش قطع آبیاری در مرحله پر شدن نیام بیشتر به چشم خورد. همبستگی مثبت و معنی داری میان کلروفیل *b* با کلروفیل *a*، کلروفیل کل و کارتنوئید در سطح یک درصد داشت (جدول ۷).

### کلروفیل کل

کلروفیل کل بر اساس نتایج تجزیه واریانس به طور معنی داری ( $P < 0.01$ ) در واکنش به برهمکنش سه گانه قرار گرفت (جدول ۲). طبق نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر سه گانه، مشاهده شد که بالاترین مقدار کلروفیل کل مربوط به رقم اختر به همراه گوگرد و تیوباسیلوس و بعد از آن به ترتیب رقم صدری به همراه تیوباسیلوس هر دو در شرایط تنش قطع آبیاری از پر شدن نیام بود و کمترین مقدار کلروفیل کل مربوط به رقم درسا بدون اعمال کود و در شرایط تنش قطع آبیاری بود (جدول ۶). رقم صدری مقدار کلروفیل کل بیشتری داشت و بعد از آن ارقام اختر و درسا قرار داشتند. تنش قطع آبیاری در مواردی موجب افزایش مقدار کلروفیل کل شد که در ارقام صدری و اختر این افزایش در مرحله دوم تنش بیش تر نمایان است تا مرحله گلدهی. باکتری تیوباسیلوس نیز اثر مثبتی بر این افزایش داشت و در مواردی که با گوگرد توأم شده بیشتر مؤثر بود. محتوای کلروفیل در شرایط تنش افزایش یافت که علت این افزایش را می توان به کوچک شدن سلول های برگ به علت کاهش سطح برگ و ضخیم شدن سلول ها گزارش کرد (Paknejad et al, 2007).

## جدول ۶: مقایسه میانگین‌های ترکیب تیماری رقم، سطوح کودی و تنش قطع آبیاری برای صفات اندازه‌گیری شده

کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	کارتنوئید	رطوبت نسبی	مقاومت روزنه‌ای	تنش	کود	رقم
(میلی گرم بر گرم وزن تر)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)	(میلی گرم بر گرم وزن تر)	(درصد)	(ثابت به سانتی متر)			
۰/۴۸۳۳ j	۰/۲۲۰۰ ghj	۰/۲۶۳۳ ij	۰/۲۱۶۷ cde fgh	۷۵/۵۸ abc	۱۰/۵۲ ijk	شاهد		
۰/۶۶۰۰ e fghij	۰/۳۲۰۰ e fghij	۰/۳۴۰۰ e fghij	۰/۳۴۶۷ cde fgh	۵۹/۶۶ e fghij	۱۴/۰۱ ghij	گلدهی	شاهد	
۰/۴۲۶۷ j	۰/۱۹۳۳ j	۰/۲۳۳۳ j	۰/۱۷۰۰ fgh	۵۱/۸۳ ijk	۱۳/۹۷ ghij	رسیدگی		
۰/۶۳۶۷ e fghij	۰/۳۰۶۷ e fghij	۰/۳۳۰۰ e fghij	۰/۲۵۶۷ cde fgh	۸۱/۳۹ <sup>a</sup>	۱۴/۶۶ e fgh	شاهد		
۰/۵۱۰۰ ij	۰/۴۰۰۰ ij	۰/۳۱۰۰ hij	۰/۲۰۶۷ de fgh	۶۲/۶۲ cde fghij	۱۱/۳۸ hijk	گلدهی	گورگد	درسا
۰/۸۴۳۳ cde f	۰/۳۹۶۷ cde	۰/۴۴۶۷ bcde f	۰/۳۰۳۳ abcde f	۵۶/۵۱ e fghij	۹/۴۵۷ <sup>k</sup>	رسیدگی		
۰/۷۲۳۳ de fghij	۰/۲۴۶۷ cde f	۰/۳۷۶۷ e fghij	۰/۳۷۳۳ bcde f	۶۹/۱۲ <sup>abcde f</sup>	۱۰/۴۳ ijk	شاهد		
۰/۹۰۶۷ cd	۰/۳۹۳۳ cde	۰/۵۱۳۳ bc	۰/۳۳۳۳ abcde	۶۲/۳۵ cde fghij	۲۰/۷۷ <sup>bcde</sup>	گلدهی	تیوباسیلوس	
۰/۷۹۲۳ cde f	۰/۳۵۶۷ cde f	۰/۴۳۶۷ bcde f	۰/۲۶۶۷ bcde fgh	۶۸/۱۰ abcde f	۹/۰۶۷ k	رسیدگی		
۰/۶۴۳۳ e fghij	۰/۲۹۳۳ e fghij	۰/۳۵۰۰ e fghij	۰/۲۶۳۳ bcde fgh	۷۰/۱۲ <sup>abcde f</sup>	۷/۶۳۰ k	شاهد	گورگد + تیوباسیلوس	
۰/۶۱۰۰ e fghij	۰/۲۶۳۳ e fghij	۰/۳۴۶۷ e fghij	۰/۳۲۶۷ cde fgh	۵۰/۸۶ ijk	۲۱/۸۲ <sup>abcd</sup>	گلدهی		
۰/۶۰۰۰ ghij	۰/۲۹۳۳ e fghij	۰/۳۰۶۷ hij	۰/۳۳۶۷ cde fgh	۶۳/۱۵ cde fghij	۸/۵۶۷ k	رسیدگی		
۰/۷۶۶۷ de fgh	۰/۳۷۶۷ cde f	۰/۲۹۰۰ de fghij	۰/۲۲۰۰ cde fgh	۸۰/۶۲ <sup>a</sup>	۸/۶۳۳ k	شاهد		
۰/۵۵۰۰ hij	۰/۲۴۶۷ e fghij	۰/۳۰۳۳ hij	۰/۱۴۳۳ gh	۵۳/۹۹ hij	۹/۰۳۷ k	گلدهی	شاهد	
۰/۴۷۶۷ j	۰/۲۱۰۰ hij	۰/۲۶۶۷ ij	۰/۳۳۳۳ cde fgh	۵۶/۱۹ e fghij	۱۰/۵۱ ijk	رسیدگی		اختر
۰/۴۸۳۳ j	۰/۲۰۶۷ ij	۰/۲۷۶۷ ij	۰/۱۲۶۷ h	۷۸/۲۱ ab	۱۶/۶۵ efg	شاهد		
۰/۶۲۶۷ e fghij	۰/۳۰۰۰ e fghij	۰/۳۲۶۷ e fghij	۰/۲۰۶۷ de fgh	۵۴/۱۴ hij	۷/۸۹۰ k	گلدهی	گورگد	
۰/۹۴۶۷ cd	۰/۴۴۳۳ bcd	۰/۵۰۳۳ bcd	۰/۳۵۳۳ abc	۵۳/۲۵ hij	۱۵/۲۰ fgh	رسیدگی		

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

## ادامه جدول ۶. مقایسه میانگین‌های ترکیب تیماری رقم، سه سطح کودی و تنش قطع آبیاری برای صفات اندازه‌گیری شده

رقم	کود	تنش	مقاومت ریزش‌دهی	رطوبت نسبی (درصد)	ضریب همبستگی (متر)	ضریب همبستگی (ثانیه بر متر)	کارتنیوم	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کد
تیموسپلوس	تیموسپلوس	کله‌هی	۸۳۶۳ k	۷۰/۹۳ abcd	۰/۲۴۳۳ cddefgh	۰/۴۱۶۷ abcd	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۷۷۶۶۷ cddefgh	شاهد
			۲۳۷۷۰ ab	۴۹/۰۴ jkl	۰/۲۰۰۰ efgh	۰/۲۳۳۳ defgh	۰/۲۳۳۳ defgh	۰/۲۳۳۳ defgh	۰/۵۷۲۳۳ fghij	تیموسپلوس	
			۹/۰۴۷ k	۶۶/۱۶ bcdefgh	۰/۲۲۳۳ cdefgh	۰/۳۸۶۷ defgh	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۷۴۶۶ defgh	تیموسپلوس		
تیموسپلوس + گوگرد	کله‌هی	۹/۰۳۳ k	۷۰/۴۰ abcd	۰/۱۵۳۳ gh	۰/۲۴۳۳ cdefgh	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۳۶۰۰ cdef	۰/۵۸۳۳ fghij	شاهد
		۲۱/۳۶ abcd	۵۸/۷۱ cddefgh	۰/۲۷۳۳ bcdefgh	۰/۴۴۰۰ bcdefgh	۰/۳۸۶۷ defgh	۰/۲۸۶۷ defgh	۰/۷۲۶۷ defgh	تیموسپلوس		
		۱۸/۹۷ cdef	۶۹/۱۶ abcdef	۰/۶۹۶۷ ab	۰/۵۷۲۳ a	۰/۵۷۲۳ a	۰/۲۶۰۰ ab	تیموسپلوس			
تیموسپلوس	کله‌هی	۷۳۷۰ k	۵۵/۰۹ fghij	۰/۳۹۰۰ defgh	۰/۳۹۰۰ defgh	۰/۳۹۰۰ defgh	۰/۳۹۰۰ defgh	۰/۳۹۰۰ defgh	۰/۳۹۰۰ defgh	۰/۷۲۳۳ defgh	شاهد
		۱۸/۲۴ cdefgh	۴۳/۵۵ jk	۰/۲۶۳۳ bcdefgh	۰/۴۴۰۰ bcdefgh	۰/۴۴۰۰ bcdefgh	۰/۳۷۰۰ cdef	۰/۳۷۰۰ cdef	۰/۳۷۰۰ cdef	۰/۸۱۰۰ cdefgh	تیموسپلوس
		۲۱/۳۶ abcd	۳۹/۸۷۷ k	۰/۲۶۰۰ bcdefgh	۰/۵۴۶۷ b	۰/۵۴۶۷ bc	۰/۴۵۶۷ bc	۰/۴۵۶۷ bc	۰/۴۵۶۷ bc	۱/۰۰۳ bc	تیموسپلوس
تیموسپلوس	کله‌هی	۹/۸۰۳ k	۶۲/۲۵ cddefgh	۰/۱۹۶۷ defgh	۰/۲۸۶۷ abcd	۰/۲۸۶۷ abcd	۰/۲۸۶۷ abcd	۰/۲۸۶۷ abcd	۰/۲۸۶۷ abcd	۰/۵۸۰۰ fghij	شاهد
		۲۱/۳۶ abcd	۵۲/۹۴ hij	۰/۲۴۶۷ bcdefgh	۰/۳۶۰۰ cdefgh	۰/۳۶۰۰ cdefgh	۰/۳۶۰۰ cdefgh	۰/۳۶۰۰ cdefgh	۰/۳۶۰۰ cdefgh	۰/۸۴۰۰ cdef	تیموسپلوس
		۲۲/۰۷ abc	۷۷/۸۸ abc	۰/۲۰۰۰ fghij	۰/۲۰۰۰ fghij	۰/۲۰۰۰ fghij	۰/۲۸۷۳ defgh	۰/۲۸۷۳ defgh	۰/۲۸۷۳ defgh	۰/۶۰۳۳ fghij	تیموسپلوس
تیموسپلوس	کله‌هی	۸/۱۳۳ k	۵۳/۵۳ hij	۰/۲۰۰۰ fghij	۰/۲۴۶۷ bcdefgh	۰/۲۴۶۷ bcdefgh	۰/۲۴۶۷ bcdefgh	۰/۲۴۶۷ bcdefgh	۰/۲۴۶۷ bcdefgh	۰/۶۴۰۰ fghij	شاهد
		۲۵/۴۶ a	۶۷/۵۹ cddefgh	۰/۳۰۰۰ abcdef	۰/۳۰۰۰ abcdef	۰/۳۰۰۰ abcdef	۰/۳۰۰۰ abcdef	۰/۳۰۰۰ abcdef	۰/۳۰۰۰ abcdef	۰/۷۵۶۷ defgh	تیموسپلوس
		۸/۸۹۳ k	۷۲/۱۶ abcdef	۰/۴۳۶۷ a	۰/۶۵۶۷ a	۰/۶۵۶۷ a	۰/۵۲۳۳ ab	۰/۵۲۳۳ ab	۰/۵۲۳۳ ab	۱/۱۸۰۰ ab	تیموسپلوس
تیموسپلوس	کله‌هی	۷/۷۲۰ k	۸۱/۱۳۳ k	۰/۳۱۶۷ abcde	۰/۶۷۱۲ cddefgh	۰/۶۷۱۲ cddefgh	۰/۶۷۱۲ cddefgh	۰/۶۷۱۲ cddefgh	۰/۶۷۱۲ cddefgh	۰/۸۴۰۰ cdef	شاهد
		۸۴/۴۷ defgh	۷۵/۴۳ defghij	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۸۴۰۰ cdef	تیموسپلوس
		۷/۷۲۰ k	۷۵/۱۷ abc	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۴۱۳۳ abcde	۰/۸۴۰۰ cdef	تیموسپلوس

تیموسپلوس + گوگرد

شوقیان و روزبهرانی (۱۳۹۶) گزارش کردند در شرایط تنش خشکی صفات فیزیولوژیکی مانند رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا مقدار کاهش معنی‌داری بود. به طوری که تنش کمبود آب کلروفیل a، کلروفیل b و وزن هزار دانه را کاهش داد. پژوهشی باهدف بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و نسبت‌های مختلف کودی بر میزان کلروفیل و عملکرد گیاه کنجد انجام شد. در بررسی‌ها مشخص شد که اثر برهمکنش تیمارها اثر معنی‌داری در افزایش میزان کلروفیل و عملکرد کنجد داشته‌اند (منافی نوران و همکاران، ۱۳۹۲). همبستگی مثبت و معنی‌داری میان کلروفیل کل با کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۷).

جدول ۷: همبستگی میان صفات مورد مطالعه

عملکرد	شاخص برداشت	مقاومت روزنه‌ای	رطوبت نسبی	کارتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b
شاخص برداشت	۰/۹۶۵**					
مقاومت روزنه‌ای	-۰/۳۶۷*	-۰/۴۲۴**				
رطوبت نسبی	۰/۵۳۷**	۰/۵۶۱**	-۰/۳۰۷			
کارتنوئید	-۰/۰۵۶	-۰/۰۴۱	۰/۱۳۶	۰/۰۷۸		
کلروفیل a	-۰/۰۹۸	-۰/۰۵۶	۰/۲۰۸	-۰/۰۳۳	۰/۸۶۴**	
کلروفیل b	۰/۰۶۶	۰/۰۹۵	۰/۰۸۲	۰/۰۱۹	۰/۷۹۴**	۰/۹۳۱**
کلروفیل کل	-۰/۰۲۴	۰/۰۱۱	۰/۱۵۴	-۰/۱۰	۰/۸۴۷**	۰/۹۷۹**

ns, \*\*, \* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

### مقاومت روزنه‌ای

بر اساس تجزیه واریانس مشاهده شد که اثر برهمکنش سه‌گانه بر صفت مقاومت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج برهمکنش سطوح کودی، تنش قطع آبیاری و رقم حاکی از آن بود که رقم صدری نسبت به سایر ارقام، مقاومت روزنه‌ای بیشتری از خود نشان داد که این تحمل در مواردی که با اعمال باکتری تیوباسیلوس همراه بود به نسبت بیش‌تر بود، این افزایش در ارقام اختر و درسا نیز مشاهده شد. اعمال تنش قطع آبیاری از مرحله گلدهی نسبت به تنش از مرحله پر شدن نیام بیشتر روی این صفت اثرگذار بود. تیمار کاشت بذور بذر مال (تیوباسیلوس) شده رقم صدری، در شرایط تنش قطع آبیاری از مرحله گلدهی بیش‌ترین مقاومت روزنه‌ای را دارا بود. کم‌ترین مقدار مقاومت روزنه‌ای مربوط به رقم صدری بدون استفاده از کود و در شرایط بدون تنش با میانگین بود که با ۱۳ تیمار دیگر در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶). کریم‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که کاهش میزان آب مصرفی باعث کاهش میزان آب برگ لوبیا شد و هدایت روزنه ای هر دو طرف برگ تمامی ژنوتیپ‌ها در اثر کاهش آب مصرفی کاهش یافت. بر اساس یافته‌های

Korir و همکاران (۲۰۰۶) بسته شدن روزنه‌ها از ویژگی‌های سازگاری با شرایط تنش قطع آبیاری بوده و درعین حال کاهش مقدار عملکرد گیاه را نیز سبب می‌شوند. همبستگی منفی و معنی‌داری میان مقاومت روزنه‌ای با عملکرد و شاخص برداشت مشاهده شد که بیانگر کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی در اثر بسته شدن روزنه‌ها است (جدول ۷).

### نتیجه‌گیری

بر اثر تنش قطع آبیاری رشد گیاه و توسعه آن کاهش می‌یابد که منجر به اختلال در گلدهی، پر شدن دانه‌ها و در نتیجه عملکرد کمتر گیاه می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نیز حاکی از این بود که وقوع تنش به‌ویژه قطع آبیاری از مرحله گلدهی به دلیل تداوم تنش آبی از اواسط مرحله گلدهی تا پایان فصل رشد با اثر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا در نهایت سبب کاهش عملکرد دانه شد. در تنش طولانی مدت، دهیدراسیون بافت‌ها منجر به افزایش فرآیند اکسیداتیو شده که باعث زوال ساختار کلروپلاست و کاهش کلروفیل و در نهایت کاهش فعالیت فتوسنتزی می‌شود. در این بین ارقام متحمل‌تر لوبیا با استفاده از واکنش‌های فیزیولوژیکی مانند بستن به‌موقع روزنه‌ها، حفظ رطوبت نسبی برگ و تداوم فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی در برابر تنش قطع آبیاری از خود تحمل نشان دادند. با توجه به این که یکی از مهمترین مشکلات گیاه کمبود مواد معدنی است و بیشتر در خاک‌های قلیایی و آهنی مشاهده می‌شود و کمبود مواد معدنی قابل جذب، میزان رشد و عملکرد گیاهان را دچار محدودیت می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده استفاده از باکتری تیوباسیلوس روی عملکرد و تداوم فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی مؤثر واقع شد، با این وجود کاربرد توأم کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس در مواردی توانست اثر مثبت بیش‌تری نسبت به کاربرد صرف باکتری داشته باشد. به‌منظور تعیین و دستیابی به سطح مناسبی از گوگرد و سویه تیوباسیلوس برای خاک‌ها و ارقام مختلف لوبیا جهت ارتقا توان تحمل این ارقام به تنش قطع آبیاری نیاز به انجام آزمایش‌های عملی بیشتری احساس می‌شود.

### منابع

- بروجردنیا، م.، بی‌همتا، م. ر.، عالمی سعید، خ. و عبدوسی، و. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، نشت الکترولیت‌ها و محتوای آب نسبی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸ (۲۹): ۴۱-۲۳.
- پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.
- خلیلوند بهروزیار، ا. ۱۳۹۶. پیش‌تیمار بذر با متانول، اتانول، بر و منگنز و اثر آن‌ها بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تنش کمبود آب. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱ (۴): ۸۰۵-۸۲۰.

- سلطانی، ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه های آماری (برای رشته های کشاورزی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۱۸۲.
- شوقیان، م. و روزبهانی، ا. ۱۳۹۶. اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۴): ۱۴۷-۱۳۱.
- فرشادفر، ع. و محمدی، ر. ۱۳۸۲. ارزیابی شاخص های فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در آگروپرون با استفاده از شاخص انتخاب چند گانه. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۴ (۳): ۶۴۶-۶۳۵.
- قادری، ج.، ملکوتی، م. ج.، خاوازی، ک. و داوودی، م. ج. ۱۳۹۶. بررسی اثر کاربرد گوگرد عنصری بر عملکرد و برخی ویژگی های کیفی گندم آبی (*Triticum aestivum* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۳): ۸۳-۶۹.
- کریمزاده، ه.، نظامی، ا.، کافی، م. و تدین، م. ر. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات هدایت روزنه ای، دمای سایه انداز گیاهی و آب برگ ژنوتیپ های لوبیا چیتی در شرایط کم آبیاری. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸ (۳۰): ۱۲۰-۱۰۵.
- منافی نوران، م.، قلی پور، م.، پیردشتی، ه. و عباسیان، ا. ۱۳۹۲. تأثیر قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و نسبت های کودی، بر میزان کلروفیل و عملکرد کنگد. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی. دانشگاه شیراز. شیراز.
- نجاریان، د.، فنودی، ف.، مسعودسینکی، ج. و لایی، ق. ۱۳۹۵. اثر تنش قطع آب و کاربرد کود کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیای چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸ (۲۹): ۷۲-۵۹.

Abdou, A., Soaud, A. A., Al- Darwish, F.H., Saleh, M.E., El-Tarabily, K. A., Sofian-Azirun, M. and Motior, R. M. 2011. Effects of elemental sulfur, Phosphorus, micronutrients and *Paracoccus versutus* on nutrient availability of calcareous soils. Australian Journal of Crop Science, 5(5): 554-561.

Ansori, A. and Gholami, A. 2015. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with *Thiobacillus* and *Mycorrhiza* on an alkaline soil. Communication in soil Science and Plant Analysis, 46 (17): 2111-2126.

**Arnon, D.I. 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.

**Burling, K., Cerovic, Z.G., Cornic, G., Ducruet, M. J., Noga, G. and Hunsche, M. 2013.** Fluorescence-based sensing of drought-induced stress in the vegetative phase of four contrasting wheat genotypes. Environmental and Experimental Botany, 89: 51-59.

**Diaz-Perez, J.C., Shackel, K.A. and Sutter, E.G. 2006.** Relative water content. Annals of Botany, 97 (1): 85-96.

**Fallah, A., Besharati, H., and Khosravi, H. 2010.** Soil Microbiology. Ayizh publications: Tehran, Iran. Second Edition, 136p.

**Gebeyehu, S. 2006.** Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. Ph.D. Dissertation, Justus-Liebig-Universitat Giessen, Germany. 116pp.

**Ghanbari, A.A., Shakiba, M.R., Toorchi, M. and Choukan, R. 2013.** Morpho-Physiological response of common bean leaf to water deficit stress. European Journal of Experimental Biology, 3: 487-492.

**Korir, P.C., Nyabundi, J.O. and Kimurto, K.P. 2006.** Genotypic responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to moisture stress condition in Kenya. Asian Journal of Plant Science, 5: 24-32.

**Motior, M.R., Abdou, A.S., Fareed, H.A.D. and Sofian, M.A. 2011.** Responses of sulfur, Nitrogen and irrigation water on *Zea mays* growth and nutrients uptake. Australian Journal of Crop Science, 5 (3): 347-357.

**Ntanos, D.A. and Koutroubas, S.D. 2002.** Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Reserch, 74: 93-101.

**Paknejad, F., Majidi heravan, E., Noor mohammadi, Q., Siyadat, A. and Vazan, S. 2007.** Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, Chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. American Journal of Biotechnology, 5(4): 162-169.

**Pimratch, S., Jogloy, S., Vorasoot, N., Toomsan, B., Kesmala, T., Patanothai, A. and Holbrook, C.C. 2013.** Association of nitrogen fixation to water use efficiency and yield traits of peanut. International Journal Plant Production, 7: 225-242.

**Ravichandra, P., Gopal Mugeraya, A., Gangagni Rao, M., Ramakrishna, V. and Annapurna Jetty, Y. 2007.** Isolation of Thiobacillus sp from aerobic sludge of distillery and dairy effluent treatment plants and its sulfide oxidation activity at different concentrations. Journal of Environmental Biology 28 (4): 819-823.

**Shamsi, K. 2010.** The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of animal and Plant Sciences*, 8: 1051-1060.

**Singh, S.P. 2007.** Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars. *Agronomy Journal* 99: 1219-1225.

**Sonmez, O., Turan, V. and kaya, C. 2016.** The effects of sulfur, cattle and poultry manure addition on soil phosphorus. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40: 536-541.

**Terzi, R., Saglam, A., Kutlu, N., Nar, H. and Kadioglu, A. 2010.** Impact of soil drought stress on photochemical efficiency of photosystem II and antioxidant enzyme activities of *Phaseolus vulgaris* cultivars. *Turkish Journal of Botany*, 34: 1-10.

**Zadehbagheri, M., Kamelmanesh, M.M., Javanmardi, S. and Sharafzadeh, S. 2012.** Effect of drought stress on yield and yield components, relative leaf water content, proline and potassium ion accumulation in different white bean genotype. *African Journal of Agriculture Research* 7: 5661-5670.