مطالعه اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد، ویژگی‌های فیزیولوژیک و سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی گیاه لوبیا در شرایط تنش خشکی

حسین مهرآسا[۱]، امین فرنیا[۲*]، مجتبی جعفرزاده کنارسری[۳] و شهرام نخجوان[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.
۲، ۳ و ۴) استادیار گروه زراعت، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: **aminfarnia@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۷ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۷/۲۸**

چکیده

این مطالعه به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی لوبیا سفید تحت شرایط تنش خشکی اجرا شد. آزمایش در طی دو سال زراعی متوالی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در پردیس تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بروجرد واقع در استان لرستان به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در کرت‌های اصلی تیمار تنش خشکی در دو سطح وجود و عدم وجود تنش خشکی به صورت کم‌آبیاری قرار داشت. همچنین در کرت‌های فرعی دو فاکتور کود زیستی و اسیدسالیسیلیک به‌صورت فاکتوریل قرار داشت. تیمار کود زیستی فسفری شامل سه سطح شاهد و کاربرد باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس بود. همچنین تیمار سالیسیلیک‌اسید شامل محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در سطوح صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار بود. نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثر تیمار سال، تنش خشکی، اسیدسالیسیلیک، کودهای زیستی و همچنین برهم‌کنش آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی از قبیل کلروفیل a، b، کل، محتوای نسبی آب برگ، پروتئین محلول و آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار شد. تنش خشکی منجر به افزایش محتوای پرولین و کاهش میزان پروتئین محلول و محتوای نسبی آب برگ شد در حالی که کاربرد سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی منجر به بهبود این صفات گردید. میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز با کاربرد سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی به میزان قابل توجهی افزایش یافت. تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه شد و هر چند در هر دو شرایط تنش و عدم وجود تنش کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش عملکرد دانه شد ولی بیشترین میزان عملکرد دانه به میزان ۲۹۳۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد سودوموناس به‌دست آمد. در کل نتایج این مطالعه نشان داد که در شرایط تنش خشکی که ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در شرایط مطلوبی نیست سبب کاهش ۵۵ درصدی عملکرد دانه شد. کاربرد سالیسیلیک اسید منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و افزایش فعالیت انتی اکسیدانی گیاه شده که در نهایت با بهبود این ویژگی‌های میزان عملکرد دانه نیز افزایش یافت.

واژگان کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، باسیلوس، پرولین و سودوموناس.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

مقدمه

لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات در جهان است که به عنوان غذای کاربردی عمل‌می‌کند زیرا حاوی چندین ماده فعال زیستی است. لکتین‌ها، فیتات‌ها، الیگوساکاریدها و فنولیک ترکیباتی هستند که ممکن است نقش متابولیکی در غذای انسان و حیواناتی داشته باشند که به طور مکرر این ماده را مصرف می‌کنند (Mashaallah Hosseini and Amini, 2019). تنش دارای توان آسیب‌رسانی می‌باشد که به صورت نتیجه یک متابولیسم غیر عادی روی داده و ممکن است به صورت کاهش رشد، مرگ بخشی از گیاه و یا مرگ گیاه بروز کند (Farooq *et al*., 2009). در شرایط تنش خشکی، پیری زودرس اندام‌های فتوسنتزکننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست‌توده و عملکرد نهایی گیاه زراعی می‌شود (امام و همکاران، ۱۳۸۶). سالیسیلیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده شناخته‌می‌شود که در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان زراعی نقش مهمی را ایفامی‌کند. سالیسیلیک اسید سبب بهبود جذب عناصر غذایی در شرایط تنش شده که این خود می‌تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد. با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک، میزان رنگیزه‌های فتوسنتز و به ویژه کلروفیل و همچنین تقسیمات سلولی در گیاه افزایش یافته و سبب افزایش عملکرد می‌شود (سپهری و همکاران، ۱۳۹۳). اسید سالیسیلیک ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان تحت تنش‌های غیر زیستی را تنظیم نموده و نیز سبب مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها می‌شود. اسید سالیسیلیک به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است و در تنش‌های غیر زیستی به ویژه تنش خشکی در گیاهان افزایش پیدا نموده و سبب افزایش محتوای رنگیزه‌ها در شرایط تنش می‌شود (Ghai *et al*., 2002). اسید سالیسیلیک اثر خود را بر فتوسنتز از طریق عوامل روزنه‌ای، رنگیزه‌ها، ساختار کلروپلاست و آنزیم‌های دخیل در مراحل فتوسنتز اعمال می‌کند (Ghai *et al*., 2002). بنابراین، کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند نقش مهمی در تحمل به تنش‌های غیرزیستی به عنوان یک مادهٔ تنظیم کنندهٔ فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی داشته باشد که با اثر بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و همچنین تنظیم کننده‌های اسمزی مانند پرولین آثار ناشی از تنش خشکی را کاهش می‌دهد (Senaratna *et al*., 2000). گزارش‌های مختلفی مربوط به نقش سالیسیلیک اسید در افزایش تحمل به خشکی در گیاهان مختلفی از تیره حبوبات وجود دارد (شوریابی و همکاران، ۱۳۹۱). کاربرد سالیسیلیک با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی همچون آسکوربات پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز سبب کاهش مقدار مالون دی آلدئید و پراکسید هیدروژن تحت تنش خشکی می‌گردد (Abbadi *et al*., 2015). فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی افزایش بیشتری یافته و دلیل آن کاهش آب قابل دسترس برای گیاه و افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

تولید رادیکال‌های اکسیژن، می‌باشد (امانی و همکاران، ۱۳۹۶). محققان طی بررسی‌هایی در گیاه چچم *Lolium perenne* دریافتند که سالیسیلیک اسید در سطوح ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار با افزایش

محتوای کلروفیل a و b و **کاهش** نشت یونی، غلظت پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی باعث کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی گردید (Hosseini *et al.*, 2015). کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید با افزایش مقدار پرولین در گیاه سبب تحمل گیاه به خشکی می‌شود (Pospisilova, 2011). استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی در کشاورزی بـرای تـأمین فسفات مورد نیاز گیاهان همواره موجب ایجاد آثار سوء زیست محیطی شده و کاهش کیفیت محصولات کشاورزی را به دنبـال داشـته اسـت (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از کودهای زیستی، فواید زیادی نسبت به کودهای شیمیایی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به عدم تجمع مواد سمی در زنجیره غذایی، هزینه کمتر و بی‌خطر بودن برای محیط زیست اشاره نمود (Vassilev and Vassilev, 2003). با توجه به مطالب اشاره شده در بالا هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر کاربرد سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه لوبیا سفید در شرایط وقوع تنش خشکی طی دو سال زراعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در پردیس تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بروجرد واقع در استان لرستان اجرا شد. طرح به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در کرت‌های اصلی تیمار تنش خشکی در دو سطح وجود و عدم وجود تنش خشکی قرار داشت. همچنین در کرت‌های فرعی دو فاکتور کود زیستی و اسید سالیسیلیک به صورت فاکتوریل قرار داشت. تیمار کود زیستی فسفری شامل سه سطح شاهد و کاربرد باکتری‌های باسیلوس با نام علمی *Bacillus subtilis* و سودوموناس با نام علمی *Pseudomonas putida* بودند. جمعیت فعال کودهای زیستی در این تیمار برای لوبیا حدود ۱×۱۰^{۶} در هر کیلوگرم از کود بود. همچنین تیمار سالیسیلیک اسید شامل محلول‌پاشی در سطوح صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار بود. زمان اعمال تیمار اسید سالیسیلیک نیز مرحله ۶ تا ۸ برگی بوته‌های لوبیا بود. برای تهیه زمین ابتدا در پاییز شخم عمیق زده شد بعد کودهای پایه براساس آزمون خاک به زمین اضافه شد سپس دیسک و لولر و بعد هم فاروئر زده شد و کشت صورت گرفت. آبیاری تا قبل از گلدهی هر ۷ روز یکبار صورت گرفت، در زمان گلدهی دور آبیاری برای تیمار شاهد ۵ روز شد و مقدار آب برای تیمار تنش خشکی نیز براساس تبخیر از تشتک تبخیر پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نسبت به حالت عادی محاسبه گردید که حدود ۹ روز طول کشید. اسید سالیسیلیک و کودهای زیستی نیز از موسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید. کودهای زیستی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

شامل در این مطالعه پس از اعمال تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیک از برگ‌های تازه گیاه صورت گرفت. زمان نمونه‌برداری نیز ۲/۵ ماهپس از انجام تیمار سالیسیلیک اسید بود. صفات فیزیولوژیکی به صورت زیر اندازه‌گیری شدند:

تعیین غلظت کلروفیل‌های a, b وab: برای تعیین غلظت کلروفیل‌های برگ ابتدا کلروفیل‌ها استخراج و میزان جذب نور توسط عصاره استخراج شده با استفاده از اسپکترو فتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین گردید (Arnon, 1965). در این روش میزان ۰/۵ گرم برگ تازه را با استفاده از نیتروژن مایع درهاون چینی به صورت پودر درآورده و آن را درون لوله‌های آزمایش ۱۵ میلی‌لیتر ریخته و۱۰ میلی‌لیتر استون به آن اضافه کرده و سپس به مدت ۲ ساعت در تاریکی نگه‌داری کرده و پس از آن سانتریفوژ نموده و مایع شفاف بالایی جدا گردیده و با استفاده از آن میزان جذب برای تعیین غلظت کلروفیل‌های a، b وab در طول موج‌های مربوطه و با استفاده از رابطه های ۱، ۲ و۳ زیر تعیین شد:

$$\text{Chl-a (mg/ml)} = \{ [12.7(ABS663)-2.69(ABS645)] \times V\} /(1000\times W) \quad (۱)$$

$$\text{Chl-b (mg/ml)} = \{ [22.9(ABS645)-4.69(ABS663)] \times V\} /(1000\times W) \quad (۲)$$

$$\text{Chl-ab (mg/ml)} = \{ [20.2(ABS645) +8.02(ABS663)] \times V\} /(1000\times W) \quad (۳)$$

ABS = میزان جذب در طول موج‌های مورد نظر (نانومتر)

W = وزن نمونه اندازه‌گیری شده (گرم)

V = حجم نمونه استخراج شده (میلی‌لیتر)

میزان پرولین: پس از اعمال تیمارهای اسید سالیسیلیک و در مرحله پرشدن دانه، مقدار ۰/۵ گرم برگ تازه از هر کرت نمونه‌برداری و به وسیله‌ی نیتروژن مایع پودر و سپس به لوله‌های آزمایش ۱۵ میلی‌لیتری منتقل گردید. سپس ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوسالسیلیک (SSA) اضافه کرده و پس از ۴۸ ساعت نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف شده و از محلول صاف شده برای اندازه‌گیری میزان پرولین استفاده گردید (Bates *et al.*, 1973). دو میلی لیتر از محلول هر نمونه را در لوله آزمایش ریخته و به آن دو میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال اضافه شد. آنگاه لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در بن‌ماری جوشان ۱۰۰ ^{o}C (حمام آب جوش) قرار داده و به هر کدام از لوله‌ها چهار میلی‌لیتر تولوئن اضافه شد و درب لوله‌ها را بسته و به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه به شدت به هم زده شد. پس از اینکه دو فاز تشکیل داد، فاز بالایی را که رنگی و حاوی تولوئن به همراه اسید آمینه‌ی پرولین است در طول موج ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

اندازه‌گیری میزان آب نسبی برگ (Relative Water Content, RWC): حدود ۰/۵ گرم از جوان‌ترین برگ توسعه یافته هر گیاه (FW) جدا شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت روی آب مقطر شناور ماند. چهار ساعت بعد از آب‌گیری، قطعات برگ بلافاصله وزن شد تا وزن در هنگام تورژسانس (TW) محاسبه شد. پس از آن قطعات برگ در آون ۷۰°C به مدت ۴۸ ساعت خشک شده تا وزن خشک ثابت (DW) به دست آمد سپس RWC از طریق رابطه ۴ زیر محاسبه شد (Sanchez *et al*.,1998).

رابطه۴ : $RWC\% = (FW-DW / TW - DW) \times 100$

FW= وزن تازه برگ‌ها بر حسب گرم

DW= وزن خشک برگ‌ها بر حسب گرم

TW= وزن برگ‌ها به هنگام تورژسانس بر حسب گرم

پروتئین محلول: میزان پروتئین محلول پس از اعمال تیمار محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و در مرحله به نیام رفتن، با استفاده از روش (Bradford, 1976) اندازه‌گیری شد.

کاتالاز: برای اندازه‌گیری فعالیت‌آنزیم کاتالاز یک‌گرم از بافت برگی با ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج درهاون چینی بر روی یخ ساییده شده و پس از عبور از دو لایه پارچه ململ در میکروتیوب ریخته و به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور و در دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ شده و تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت دو دقیقه در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و از یک دقیقه اول آن برای محاسبه فعالیت کاتالاز استفاده گردید. برای محاسبه فعالیت آنزیم کاتالاز از ضریب خاموشی ۰/۰۳۹۴ برمیلی مول بر سانتیمتر استفاده گردید (Chance and Maehly, 1955).

سوپراکسید دیسموتاز: سنجش سوپر اکسید دیسموتاز بر اساس تغییر شیمیائی نیتروبلوتترازولیوم انجام شد. بدین منظور محلول واکنش شامل ۰/۰۵۵ مول نیتروبلوتترازولیوم، ۱/۴۲ درصد ترایتون X-100، EDTA ۰/۱ مولار و پیروگالول ۱۶ میلی مولار بود که‌پس از اضافه کردن عصاره نمونه بافت تغییر جذب در اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۶۰ نانومتر ارزیابی‌گردید. در پایان نیز داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل و مقایسات میانگین با استفاده از روش LSD انجام گردید. توزیع نرمال داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

کلروفیل a:

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار سال، تنش خشکی، سالیسیلیک اسید و کود زیستی بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش سال × تنش خشکی، تنش خشکی × سالیسیلیک اسید، تنش خشکی×کود

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

زیستی، تنش خشکی × سالیسیلیک اسید × کود زیستی، سال × تنش خشکی × سالیسیلیک اسید × کود زیستی و سال × تنش خشکی × سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار شد (جدول ۱). با توجه به معنی‌دار شدن برهم‌کنش سه‌گانه، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در شرایط عدم تنش خشکی بیش‌ترین میزان کلروفیل a در سطح سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار و با کاربرد کود زیستی باسیلوس (۹/۴ میلی‌گرم بر گرم) به دست آمد. این نتایج نشان داد که در سطح تیمار عدم تنش خشکی کم‌ترین میزان کلروفیل a(۵/۹ میلی‌گرم بر گرم) در سطح تیمار اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار حاصل شد. در تیمار تنش خشکی بیش‌ترین میزان کلروفیل a در تیمار کاربرد باسیلوس و در سطح کاربرد اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار به میزان ۷/۳ میلی‌گرم بر گرم حاصل شد. کم‌ترین میزان کلروفیل a در این تیمار مربوط به عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و کود زیستی بود (جدول ۳). این نتایج نشان داد که با توجه به اینکه تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل a شد، کاربرد سالیسیلیک اسید به میزان یک میلی‌مولار سبب شد که محتوای کلروفیل a نیز افزایش یافته و از طرفی افزایش غلظت سالیسیلیک اسید تا سطح دو میلی‌مولار سبب کاهش محتوای کلروفیلی نسبت به سطح یک میلی‌مولار شد. کاهش میزان کلروفیل در شرایط وقوع تنش خشکی می‌تواند به واسطه کاهش سنتز کلروفیل و همچنین ناشی از تخریب آن باشد. تنش کمبود آب با بستن روزنه‌ها و تخریب کلروفیل و کلروپلاست باعث کاهش فتوسنتز می‌شود(Waraich *et al*., 2011). با این وجود تحقیقات مختلف نیز حاکی از کاهش اثرات مخرب تنش خشکی بر محتوای کلروفیلی در شرایط کاربرد خارجی سالیسیلیک اسیدمی‌باشد. به عقیده محققیان فیزیولوژی گیاهی تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیلی و کاروتنوئیدی برگ گیاهان زراعی می‌گردد و از طرفی کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش تحت تنش خشکی می‌گردد (Nezhad *et al*., 2014).

کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار سال، تنش خشکی، سالیسیلیک اسید و کود زیستی بر محتوای کلروفیل b معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش تنش خشکی×سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل b معنی‌دار شد و اثر سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل b شد به طوری که در تیمار شاهد و تیمار تنش خشکی محتوای کلروفیل b به ترتیب ۳/۵۱ و ۲/۹ میلی‌گرم بر گرم بود و بین این دو تیمار از این نظر اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). همچنین در بین تیمارهای کاربرد سالیسیلیک اسید، بیش‌ترین میزان کلروفیل b مر بوط به تیمار سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار بود و از این نظر کاربرد غلظت بیشتر سالیسیلیک اسید منجر به کاهش بیشتر محتوای کلروفیل b شد (جدول ۲).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

جدول ۱:تجزیه واریانس صفات لوبیا تحت اثر کاربرد سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی

	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	محتوای نسبی آب برگ	محتوای پرولین	پروتئین محلول	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۱۴۲**	۵۳**	۳۶۹**	۲۷۴**	$ns_{۰/۰۰۱}$	۱۳۶**	۱۷۹۵۲۸**	۳۱۳۹۳۶**	$ns_{۱۴۳۲۰}$
تکرار(R)* (Y)	۳	$ns_{۰/۰۶}$	$ns_{۰/۳}$	$ns_{۰/۶۲}$	$ns_{۴۵/۱}$	$ns_{۰/۰۰۰۴}$	۹/۶۴**	۴۷۸۱۶**	$ns_{۴۲۸}$	$ns_{۴۴۰۳۵}$
تنش خشکی (DS)	۱	۶۶/۷**	۹/۵۸**	۱۲۶/۹**	۴۷۷۲**	۰/۹۶**	۱۱۱۲**	۲۱۶۸۲۵۶**	۱۰۲۸۰۶۰**	۵۰۱۵۷۵۸۴**
DS*Y	۱	۲/۶۱**	$ns_{۰/۰۵}$	۱/۹*	۱۸۱**	$ns_{۰/۰۰۰۸}$	$ns_{۰/۰۰۱}$	$ns_{۳۰۸۵۸}$	$ns_{۰/۴۶}$	$ns_{۲۰۹۱۵۳}$
خطای اصلی	۹	۰/۲۹	۰/۶۸	۱/۲۱	۲۸/۶۹	۰/۰۰۱۷	۵/۷۲	۴۲۴۹۴	۸۹۰	۶۸۸۴۸
سالیسیلیک اسید (SA)	۲	۱۱/۹**	۲/۵۶**	۲۴/۷**	۲۰۳۴**	۰/۳۸**	۱۳۷**	۲۰۰۴۶۶۰۹**	۴۰۳۹۴۷**	$ns_{۳۹۴۶۷}$
کود زیستی (PB)	۲	۶/۴**	۶/۲**	۲۰/۵**	$ns_{۲۸/۴}$	۰/۰۲۲**	۵/۹۸*	۹۶۰۰۶۲**	۱۵۳۳۴۹**	۲۲۵۸۹۳۱۷**
SA*Y	۲	$ns_{۰/۵۵}$	$ns_{۰/۰۳}$	۰/۶۱	۸۸*	$ns_{۰/۰۰۱}$	$ns_{۰/۴}$	$ns_{۱۸۲۰۷}$	$ns_{۱۱۷۷}$	$ns_{۱۰۳۰۰}$
PB*Y	۲	$ns_{۰/۳۸}$	$ns_{۰/۰۱}$	$ns_{۰/۲۶}$	۷۷*	۰/۰۰۲*	$ns_{۰/۰۵}$	$ns_{۶۵}$	$ns_{۷۱/۹}$	$ns_{۱۷۸۹۰}$
SA*DS	۲	۱۴/۲**	۱/۳۵**	۷/۱۹**	۴۳۳**	۰/۳۳**	۱۹/۸**	۱۵۰۲۶۵۹**	۴۳۸۳۴**	$ns_{۲۴۷۴۰۴}$
PB*DS	۲	۱/۳**	$ns_{۰/۰۳}$	$ns_{۰/۹۹}$	۳۹۶**	۰/۰۲۷**	$ns_{۰/۸۸}$	۲۷۷۷۴*	۲۳۷۹۷**	۵۱۶۷۲۶۲**
SA*PB	۴	$ns_{۰/۰۱}$	$ns_{۰/۲}$	$ns_{۰/۲۹}$	۷۸**	۰/۰۲۹**	۹/۷۴**	۵۵۶۱۹۶**	$ns_{۸۷۳}$	$ns_{۷۴۱۸۸}$
SA*DS*Y	۲	۱/۸۷**	$ns_{۰/۰۲}$	۲/۰۴**	۹۷**	$ns_{۰/۰۰۱۲}$	$ns_{۰/۱۲}$	$ns_{۱۲۳۹۰}$	$ns_{۲۴۳}$	$ns_{۴۳۴۸۰}$
PB*DS*Y	۲	$ns_{۰/۱۴}$	$ns_{۰/۰۰۴}$	$ns_{۰/۱}$	۷۰/۵*	$ns_{۰/۰۰۰۲}$	$ns_{۰/۱۱}$	$ns_{۴۶۹۶}$	$ns_{۱۸۰}$	$ns_{۴۶۵۰۱}$
PB*SA*Y	۴	$ns_{۰/۳}$	$ns_{۰/۰۰۴}$	$ns_{۰/۳}$	۷۶**	$ns_{۰/۰۰۰۰۱}$	$ns_{۰/۰۴}$	$ns_{۲۰۵۱}$	$ns_{۳۱/۸}$	$ns_{۵۰۹۱}$
PB *SA*DS	۴	۶/۱**	$ns_{۰/۰۴۴}$	۸/۷**	۱۱۳**	۰/۰۰۹**	۵/۸**	۸۲۴۲۱**	۴۲۲۴**	$ns_{۴۳۵۱۶}$
PB*SA*DS*Y	۴	۰/۵۸*	$ns_{۰/۰۱}$	$ns_{۰/۶}$	۷۴**	$ns_{۰/۰۰۰۱۵}$	$ns_{۰/۰۵}$	$ns_{۴۴۵۷}$	$ns_{۱۸۰}$	$ns_{۱۶۹۱۰}$
خطای فرعی	۹۶	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۳۸	۱۹/۶	۰/۰۰۰۶	۱/۶۲	۸۰۰۸	۱۱۶۲	۹۱۱۵۱
خطای کل	۱۴۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۳	۱۲/۳	۶/۰۸	۶/۱	۴/۲	۸/۷	۵/۸۴	۵/۸۸	۲۵

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

این نتایج بیانگر این مطلب است که با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، در گیاه شرایط تنش ایجاد شده و این شرایط منجر یه کاهش محتوای کلروفیل b شد. در بین تیمارهای مختلف کود زیستی نیز کاربرد باسیلوس منجر به افزایش بیشتر کلروفیل b نسبت به سایر تیمارهای کاربرد کود زیستی و تیمار شاهد شد. میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است. تحت شرایط تنش خشکی مقدار کلروفیل تحت عوامل مختلفی همچون کاهش آسیمیلاسیون کربن و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن دچار تخریب شده و کاهش می‌یابد(Lawlor and Cornic, 2002). سالیسلیک اسید با افزایش فعالیت آنزیمهای درگیر در فتوسنتز و همچنین کاهش گونه‌های فعال اکسیژن با تحت اثر قرار دادن فرآیندهای بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانی و همچنین با توجه به خاصیت آنتی اکسیدانی که خود سالیسیلیک اسید دارد، منجر به افزایش محتوای کلروفیل در گیاه می‌شود. کامل‌منش و همکاران (۱۳۸۹) اثر تنش خشکی را بر محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب در سه ژنوتیپ لوبیای سفید دانشکده، شکوفه و G11867 را مورد بررسی قرار داد و عنوان نمودند که محتوای کلروفیل و محتوای نسبی آب در اثر تنش خشکی به ترتیب افزایش و کاهش یافتند.

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار سال، تنش خشکی، سالیسیلیک اسید و کود زیستی بر محتوای کلروفیل کل معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش سال × تنش خشکی، تنش خشکی × سالیسیلیک اسید، تنش خشکی × سالیسیلیک اسید × کود زیستی و سال × تنش خشکی × سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل کل معنی‌دار شد و اثر سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). در تیمار عدم تنش خشکی میزان کلروفیل کل در تیمار سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار و کاربرد کود باسیلوس بیشتر از سایر تیمارها بود (۱۳/۶ میلی‌گرم بر گرم). در تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک اسید نیز بیش‌ترین میزان کلروفیل کل در تیمار کاربرد باسیلوس حاصل شد در حالی که در تیمار کاربرد سالیسیلیک اسید دو میلی‌مولار بیش‌ترین میزان کلروفیل کل (۱۱ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار کاربرد سودوموناس حاصل شد و بین این دو تیمار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). در شرایط وجود تنش خشکی محتوای کلروفیل کل در شرایط کاربرد سالیسیلیک اسید دو میلی‌مولار به همراه کاربرد باکتری باسیلوس (۱۰/۴ میلی‌گرم بر گرم) به دست آمد (جدول ۳). در هر دو شرایط تنش خشکی و شاهد کاربرد سالیسیلیک اسید در سطح یک میلی‌مولار سبب افزایش بیشتر محتوای کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد و تیمار کاربرد سالیسیلیک اسید دو میلی‌مولار شد. طی تحقیقی مشابه تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیلی لوبیا سبز گردید و با افزایش شدت تنش محتوای کلروفیلی به میزان بیشتری کاهش یافت (Yasar *et al.*, 2010). افزایش محتوای کلروفیل به دنبال کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک و به دنبال آن افزایش گیرنده‌های فتوسنتزی به خصوص در شرایط تنش به همراه افزایش محتوای قند در گیاهان تیمارشده با

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

اسید سالیسیلیک، ممکن است توجیهی برای بهبود واکنش گیاهان زراعی باشد. به عقیده شوقیان و روزبهانی (۱۳۹۶) خشکی اثر مخربی بر محتوای کلروفیلی گیاه لوبیا داشته که با کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک، این اثر منفی کاهش یافته و در نتیجه بهبودی در گیاه حاصل می‌گردد.

محتوای نسبی آب برگ‌ها (RWC): نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار سال، تنش خشکی و سالیسیلیک اسید بر محتوای نسبی آب برگ‌ها معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش سال×تنش خشکی، سال × کود زیستی، سال × سالیسیلیک اسید، تنش خشکی × سالیسیلیک اسید، تنش خشکی × کود زیستی، تنش خشکی×سالیسیلیک اسید×کود زیستی، سال×تنش خشکی×سالیسیلیک اسید × کود زیستی، سال × تنش خشکی × سالیسیلیک اسید و سال × تنش خشکی × کود زیستی بر محتوای نسبی آب برگ‌ها معنی‌دار شد و اثر سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌گانه نشان داد نشان داد RWC در شرایط عدم تنش خشکی بیشتر از شرایط تنش خشکی بود و همچنین محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار سبب افزایش RWC در برگ‌های لوبیا سفید در هر دو شرایط تنشی و شاهد شد. بالاترین میزان RWC در شرایط بدون تنش و در سطح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار به همراه کاربرد باسیلوس به میزان ۸۷ درصد به وقوع پیوست در حالی که در همین سطح تیماری کم‌ترین میزان RWC به مقدار ۷۰ درصد در تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار و کاربرد سودوموناس حاصل شد (جدول ۴). شرایط تنش خشکی منجر به کاهش RWC در برگهای لوبیا سفید شد. در این شرایط با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید یکی میلی‌مولار تا حدودی جبران شد و کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت یک میلی‌مولار توانست تا حدودی اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را جبران نماید. افزایش محتوای RWC در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی توسط برخی دیگر از محققین گزارش شده است (دولتمند شهری و حق شناس، ۱۳۹۶). سالیسیلیک اسید از طریق افزایش آسیمیلات‌های محلول همچون پرولین در سلول باعث افزایش محتوای نسبی آب شده و با حفظ فشار اسمزی منجر به افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می‌گردد (Hasegawa *et al.*, 2000)

محتوای پرولین برگ‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمار سال، تنش خشکی و سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی بر محتوای پرولین برگ‌ها معنی‌دار شد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات لوبیا در تحت اثر کاربرد سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی

تیمارها	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	پرولین (میلی گرم بر گرم)	پروتئین محلول (میلی گرم بر گرم)	کاتالاز (نانومول بر دقیقه بر گرم)	سوپراکسید دیسموتاز (نانومول بر دقیقه بر گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
سال									
اول	۵/۹۹b	۲/۶۴b	۸/۶b	۷۳/۴a	۰/۶۱a	۱۱/۶b	۱۴۹۵b	۵۳۳b	۱۱۸۹a
دوم	۷/۹۸a	۳/۸۶a	۱۱/۸a	۷۰/۶b	۰/۶۲a	۱۵/۵a	۱۵۶۵a	۶۲۶a	۱۱۶۹a
تنش خشکی									
شاهد	۷/۶a	۳/۵۱a	۱۱/۱۸a	۷۷/۷a	۰/۵۳b	۱۷/۳a	۱۴۰۷b	۶۶۴a	۱۷۶۹a
تنش	۶/۳b	۲/۹۹b	۹/۳b	۶۶/۲b	۰/۷a	۱۱/۸b	۱۶۵۳a	۴۹۵b	۵۸۸b
سالیسیلیک اسید									
صفر	۶/۷۲b	۳/۰۵b	۹/۷۷b	۷۲/۵b	۰/۵۱c	۱۳/۵b	۲۲۶۴a	۶۶۶a	۱۲۰۵a
۱میلی مولار	۷/۵۶a	۳/۵a	۱۱a	۷۸a	۰/۶۴b	۱۳/۶b	۱۲۷۷b	۵۸۸b	۱۱۴۸a
۲میلی مولار	۶/۶۷b	۳/۲b	۹/۸b	۶۵c	۰/۶۹a	۱۶/۵a	۱۰۴۹c	۴۸۳c	۱۱۸۳a
کود زیستی									
شاهد	۶/۶۳c	۳/۲۲b	۹/۸b	۷۲/۷a	۰/۶۳a	۱۴/۲b	۱۴۰۱c	۵۱۶c	۱۵۳۸b
باسیلوس	۷/۳۶a	۳/۶۲a	۱۰/۹a	۷۲a	۰/۶۲a	۱۴/۶ab	۱۶۸۱a	۶۲۵a	۱۸۲۹a
سودوموناس	۶/۹۵b	۲/۹۱c	۹/۸۷b	۷۱/۲a	۰/۵۹b	۱۴/۹a	۱۵۰۸b	۵۹۷b	۱۹۶۹a

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

جدول ۳: مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی×اسیدسالیسیلیک×کودهای زیستی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی لوبیا سفید

تنش خشکی	سالیسیلیک اسید	کود زیستی	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم)	محتوای نسبی آب برگ‌ها (درصد)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم)	پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم)	کاتالاز (نانومول بر دقیقه بر گرم)	سوپراکسید دیسموتاز (نانومول بر دقیقه بر گرم)
شاهد	شاهد	شاهد	۷/۵d	۳/۲b	۱۰/۷c	۷۴c	۰/۵۷b	۱۶/۱۲bc	۱۷۱۷c	۷۴۳b
		باسیلوس	۸/۴b	۳/۴b	۱۱/۹b	۷۷bc	۰/۴۹c	۱۷/۵b	۲۲۸۳a	۸۱۴a
		سودوموناس	۷/۱ d	۲/۸c	۱۰c	۷۴c	۰/۴۶d	۱۶/۸bc	۱۸۴۸b	۷۹۰ab
	۱میلی مولار	شاهد	۸c	۳/۸ab	۱۱/۸b	۷۹b	۰/۵۵bc	۱۵/۵c	۱۰۸۱f	۶۳۱d
		باسیلوس	۹/۴a	۴/۲a	۱۳/۶a	۸۷a	۰/۵۶b	۱۵/۲c	۱۳۶۵d	۷۰۱d
		سودوموناس	۸/۱b	۳/۱b	۱۱/۲b	۸۶a	۰/۶۴a	۱۶/۲bc	۱۱۲۵e	۶۷۸dc
	۲میلی مولار	شاهد	۵/۹ f	۳/۴b	۹/۳d	۷۳c	۰/۵۸b	۱۸/۸ab	۱۰۶۸f	۵۰۴f
		باسیلوس	۶/۷e	۳/۸ab	۱۰/۶c	۷۷bc	۰/۵c	۱۹/۴a	۱۰۷۶f	۵۸۸e
		سودوموناس	۷/۴ d	۳/۶b	۱۱b	۷۰d	۰/۴۶d	۲۰/۴a	۱۱۰۱e	۵۲۶f
تنش	شاهد	شاهد	۵/۱c	۲/۹c	۸c	۷۲a	۰/۵۶f	۱۱/۴c	۲۲۱۳c	۴۴۷d
		باسیلوس	۵/۹c	۳/۴a	۹/۳bc	۶۹b	۰/۵۳fg	۱۰/۳cd	۳۰۱۰a	۶۲۴a
		سودوموناس	۶b	۲/۴c	۸/۵c	۶۷b	۰/۴۹g	۹/۱d	۲۵۱۵b	۵۷۸b
	۱میلی مولار	شاهد	۶/۵b	۳/۱b	۹/۶b	۷۴a	۰/۶۶de	۱۱/۲c	۱۲۷۷e	۴۲۵d
		باسیلوس	۶/۲b	۳/۶a	۹/۸b	۷۱ab	۰/۷۷cd	۱۱/۵c	۱۳۴۹e	۵۶۸b
		سودوموناس	۶/۹b	۳b	۱۰ab	۶۹b	۰/۶۸d	۱۱/۹bc	۱۴۶۴d	۵۳۰c
	۲میلی مولار	شاهد	۶/۶b	۲/۷c	۹/۴b	۶۲bc	۰/۸۷b	۱۲b	۱۰۴۷f	۳۴۷e
		باسیلوس	۷/۳a	۳/۱b	۱۰/۴a	۴۸e	۰/۹۰a	۱۳/۵ab	۱۰۰۲f	۴۵۴d
		سودوموناس	۵/۸ c	۲/۳c	۸/۲c	۵۸d	۰/۸۱c	۱۴/۸a	۹۹۷f	۴۸۱cd

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

همچنین برهم‌کنش سال×کود زیستی، تنش خشکی×سالیسیلیک اسید، تنش خشکی×کود زیستی و تنش خشکی×سالیسیلیک اسید×کود زیستی بر محتوای پرولین برگ‌ها معنی‌دار شد و اثر سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). محتوای پرولین برگ‌ها از مهمترین نشانگرهای وجود گیاه در شرایط استرس‌زا می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد شرایط وقوع تنش خشکی منجر به تولید بیشتر پرولین شد. میزان پرولین در تیمار تنش خشکی و در سطح محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید دو میلی‌مولار بیش‌ترین مقدار (۰/۹ میلی گرم بر گرم) بود که از نظر آماری با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی، میزان پرولین با عدم کاربرد سالیسیلیک اسید کمتر از تیمارهای کاربرد یک و دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود به طوری که کم‌ترین میزان تولید سالیسیلیک اسید در تیمار تنش خشکی در سطح عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و کاربرد سودوموناس به میزان ۰/۴۹ میلی‌گرم بر گرم بود که با سایر تیمارها به جز تیمار کاربرد باسیلوس در همین سطح از کاربرد سالیسیلیک اسید (۰/۵۳ میلی‌گرم بر گرم) اختلاف معنی‌دار داشت. در شرایط عدم وجود تنش خشکی تولید بیشتر پرولین در شرایط کاربرد سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار به همراه کاربرد سودوموناس بود (۰/۶۴ میلی‌گرم بر گرم) که این تیمار نیز با سایر تیمارهای آزمایشی از این نظر اختلاف معنی‌دار داشت. این در حالی بود که کم‌ترین میزان تولید پرولین در شرایط عدم وجود تنش خشکی به تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و کاربرد باکتری باسیلوس به میزان ۰/۴۹ میلی‌گرم بر گرم اختصاص یافت (جدول ۴). اسیدآمینه پرولین که تحت شرایط تنش خشکی در سلولهای گیاهی تجمع مییابد به عنوان یک آنتی اکسیدان غیرآنزیمی مطرح می‌شود و به دلیل نقش حافظتی که در سلول ایفا می‌کند، در شرایط تنش‌های محیطی می‌تواند گیاه را از آسیب‌های احتمالی حفظ کند. در سلول‌های تحت تنش، پرولین سبب محافظت سلول و ممانعت از ایجاد سمیت در سلول می‌شود (Bayoumi *et al*., 2010). تولید و تجمع اسید آمینه پرولین به منظور تنظیم پتانسیل اسمزی در سیتوپلاسم طی تنش‌های غیر زیستی یک پاسخ سازگاری برای گیاه محسوب می‌شود (Hasegawa *et al*., 2000). با توجه به اینکه در شرایط وجود تنش خشکی کاربرد سالیسیلیک اسید در سطح یک میلی مولار و دو میلی مولار سبب تولید بیشتر پرولین نسبت به تیمار شاهد شده است. کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی منجر به افزایش تولید پرولین و واکنش بهتر گیاه در شرایط تنشی شده است. بایستی در نظر داشت که سالیسیلیک اسید با سنتز و تجمع پرولین به‌عنوان یک واکنش در برابر تنش عمل می‌کند (Khosravi *et al*., 2011). براساس یافته‌های پژوهشگران سالیسیلیک اسید با افزایش محتوای نسبی آب از طریق افزایش اسیمیلات‌های محلول همچون پرولین در سلول، موجب حفظ فشار اسمزی، توسعه فتوسنتزی و افزایش رشد گیاه می‌گردد (Sanchez *et al*., 1998). نتایج یافته‌های محققین بر گیاه تنباکو نیز تأیید کننده این مطلب است که کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید با افزایش مقدار پرولین در گیاه سبب تحمل گیاه به خشکی گردیده است (Pospisilova,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

2011). گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک بر تشکیل پروتئین‌های دفاعی گیاه اثر می‌گذارد و افزودن اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف می‌تواند با افزایش مقدار پرولین سبب بهبود تحمل گیاه در شرایط تنش خشکی شود (یزدان پناه و همکاران، ۱۳۸۸) که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

محتوای پروتئین محلول

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که اثر تیمار سال، تنش خشکی و سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی بر محتوای پروتئین محلول برگ‌ها معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش تنش خشکی × سالیسیلیک اسید و تنش خشکی × سالیسیلیک اسید × کود زیستی بر محتوای پروتئین محلول برگ‌ها معنی‌دار شد و اثر سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱). نتایج نشان داد که محتوای پروتئین محلول برگ‌ها در شرایط تنش خشکی کمتر از شرایط عدم وجود تنش خشکی بود. کاهش محتوای پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی مربوط به افزایش تجزیه پروتئین‌ها در جهت تولید آمینواسیدهایی از قبیل پرولین بوده که سبب تنظیم اسمزی در شرایط خشکی می‌شوند. با این حال در این مطالعه با توجه به اینکه در شرایط شاهد مقدار پروتئین بیشتر از شرایط تنشی بود نتایج نشان داد در شرایط عدم وجود تنش خشکی میزان پروتئین در سطح تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار و به خصوص با کاربرد سودوموناس بیشتر از سایر تیمارها (۲۰/۴ میلی‌گرم بر گرم) بود و بین سطوح مختلف کودهای زیستی در سطح تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی با سایر تیمارهای کودهای زیستی در سطح تیمارهای سالیسیلیک اسید صفر و یک میلی‌مولار تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). با این حال در شرایط عدم وجود تنش خشکی تیمار باسیلوس در سطح تیمار سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار دارای کم‌ترین میزان پروتئین محلول (۱۵/۲ میلی‌گرم بر گرم) بود. در شرایط تنش خشکی نیز مشاهده شد که در سطح تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار بیش‌ترین میزان پروتئین محلول به مقدار ۱۴/۸ میلی‌گرم بر گرم در تیمار کاربرد سودوموناس به دست آمد و این تیمار فقط با تیمار کاربرد باسیلوس در سطح تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار اختلاف معنی‌دار نداشت ولی با سایر تیمارها از این نظر دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی عدم کاربرد کودهای زیستی در تیمار شاهد منجر به کاهش میزان پروتئین محلول شد به طوری که کم‌ترین میزان پروتئین محلول در شرایط تنش خشکی در تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک اسید به همراه کاربرد باکتری سودوموناس به میزان ۹/۱ میلی‌گرم بر گرم بود (جدول ۴). این نتایج بیان می‌دارد که در شرایط تنش خشکی کاربرد توأم باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس به همراه کاربرد سالیسیلیک اسید سبب هم‌افزایی اثر آن‌ها در افزایش محتوای پروتئین محلول در برگ‌های لوبیا شده است به طوری که در شرایط تنش خشکی بالاترین میزان پروتئین محلول در تیمار کاربرد سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار به همراه کاربرد این دو باکتری بود و در این سطح تیماری از سالیسیلیک

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

اسید با تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی دارای تفاوت معنی‌دار بودند. به عقیده یزدان پناه و همکاران (۱۳۸۸) تغییر در محتوای پروتئین‌های محلول و همچنین پرولین از سازوکارهای گیاه برای تحمل تنش خشکی می‌باشد. گیاه برای افزایش تحمل در برابر تنش خشکی به ناچار برخی از پروتئین‌های خود را در جهت تولید اسیدهای آمینه شکسته و در نتیجه محتوای پروتئین‌های محلول در گیاه کاهش یافته که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید منجر با اثر آنتی اکسیدانی خود بخشی از فعالیت‌های آنتی اکسیدانی گیاه را بر عهده گرفته و به دنبال آن میزان تجزیه پروتئین‌ها در جهت سنتز اسیدآمینه پرولین نیز کاهش می‌یابد. افزایش پرولین در طی تنش ممکن است نتیجه تجزیه‌ی پروتئین‌ها و همچنین کاهش استفاده از آن‌ها به دلیل کاهش رشد گیاه باشد (امانی و همکاران، ۱۳۹۶).

فعالیت آنزیم کاتالاز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر سال، تنش خشکی، کودهای زیستی، سالیسلیک اسید، برهم‌کنش تنش خشکی × سالیسلیک اسید، تنش خشکی × کودهای زیستی و برهم‌کنش سه‌گانه تنش خشکی × سالیسیلیک اسید × کودهای زیستی بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود ولی اثر سایر تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه تنش خشکی×سالیسیلیک اسید × کودهای زیستی مشخص شد که به طور کلی در شرایط عدم کاربرد سالیسیلیک اسید میزان فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی بیشتر از شرایط عدم وجود تنش خشکی بود. در شرایط عدم وجود تنش خشکی نیز بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار عدم کاربرد سالیسلیک اسید و کاربرد باکتری باسیلوس به میزان ۲۲۸۳ نانومول بر دقیقه بر گرم به دست آمد حال آنکه افزایش غلظت کاربرد سالیسیلیک اسید به یک و دو میلی‌مولار منجر به کاهش میزان فعالیت این آنزیم شد به طوری که کم‌ترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار کاربرد سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار و عدم کاربرد هر یک از کودهای زیستی به میزان ۱۰۶۸ نانومول بر دقیقه بر گرم شد. همچنین در شرایط وقوع تنش خشکی نیز افزایش غلظت کاربرد سالیسیلیک اسید منجر به کاهش میزان فعالیت این آنزیم شد. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی در تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک اسید و در سطح کاربرد باسیلوس به میزان ۳۰۱۰ نانومول بر دقیقه بر گرم به دست آمد در حالی که کم‌ترین میزان قعالیت آن در تیمار کاربرد سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار به همراه باکتری سودوموناس به میزان ۹۹۸ نانومول بر دقیقه بر گرم بود (جدول ۳).

سوپراکسید دیسموتاز

در این مطالعه مشاهده شد که اثر سال، تنش خشکی، سالیسیلیک اسید، کودهای زیستی و برهم‌کنش سه گانه تنش خشکی×سالیسیلیک اسید×کودهای زیستی بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

میانگین داده‌ها نشان داد بیش‌ترین میزان فعالیت انزیم سوپراکسید دیسموتاز به میزان ۸۱۴ نانومول بر دقیقه بر گرم در تیمار بدون تنش خشکی به همراه عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و با کاربرد باکتری سودوموناس بود. این در حالی بود که کم‌ترین میزان فعالیت انزیم سوپراکسید دیسموتاز به میزان ۳۴۷ نانومول بر دقیقه بر گرم در تیمار تنش خشکی و کاربرد سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار و عدم کاربرد باسیلوس و سودوموناس بود (جدول ۳). در این مطالعه فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت تحت اثر تنش خشکی قرار گرفت و خشکی منجر به کاهش میزان فعالیت این آنزیم‌ها شد. نتایج برخی دیگر از محققین نیز نشان داد تنش خشکی منجر به کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت شده است (دولتمند شهری و حق شناس، ۱۳۹۶). آن‌ها همچنین عنوان داشتند کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز را در شرایط وقوع تنش خشکی افزایش داد. در تحقیقی که Saglam و همکاران (۲۰۱۱) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی منجر به کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در لوبیا می‌گردد. این در حالی است که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید منجر به بهبود شرایط آنتی‌اکسیدانی گیاه شده و کارایی گیاه را در برابر تنش خشکی افزایش می‌دهد. البته بایستی در نظر داشت که کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف دارای اثرات متفاوتی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌گردد (Iqbal *et al*., 2006). همچنین امینی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند تنش خشکی با اثر منفی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت سبب کاهش کارایی گیاه در مواجه با تنش می‌گردد. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش‌ها برای زنده ماندن سلول و ادامه یافتن فعالیت ارگانیسم گیاه، حیاتی‌می‌باشد. بایستی در نظر داشت که در تنش ملایم میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت تا حدودی افزایش یافته و با افزایش شدت تنش خشکی و در نتیجه غلبه رادیکال‌های آزاد تولید شده در شرایط تنشی بر سیستم پالایش گونه‌های فعال اکسیژن میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت کاهش می‌یابد. در این مطالعه نیز چون فقط یک سطح تنش خشکی وجود داشت نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی منجر به کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت شده که به احتمال زیاد شدت تنش از حد متوسط بیشتر بوده که منجر به این شکست در سیستم آنتی اکسیدانت‌های آنزیمی گیاه شده و در نتیجه فعالیت این آنزیم‌ها را کاهش داده است. از طرفی محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و همچنین کاربرد کودهای زیستی تا حدودی اثرات تنش را کاهش داده و شدت تنش را به حد متوسط رسانده و منجر به افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت شده است. در این زمینه نادری (۱۳۹۲) نیز عنوان نمودند که کاربرد کودهای زیستی سبب بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت شده است که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد با توجه به اینکه میزان عملکرد دانه در سطح تنش خشکی کمتر از عدم تنش خشکی بود، در شرایط خشکی و عدم وجود تنش خشکی میزان عملکرد دانه با کاربرد کودهای زیستی افزایش یافت. نتایج نشان داد سودوموناس میزان عملکرد دانه را در تیمارهای وجود تنش خشکی و عدم وجود تنش خشکی به ترتیب به میزان ۱۴۰۳ و ۲۹۳۷ کیلوگرم بر هکتار رساند، در حالی که میزان عملکرد دانه در این دو سطح از تنش خشکی و در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی به ترتیب ۱۰۰۱ و ۲۲۵۴ کیلوگرم در هکتار بود و در سطح تیمار شاهد کاهش عملکرد دانه ۵۵ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد میزان عملکرد دانه در تیمار کاربرد باسیلوس در تیمارهای وجود تنش خشکی و عدم وجود تنش خشکی به ترتیب ۱۳۱۶ و ۲۶۱۶ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). تنش خشکی با تحت اثر قرار دادن شرایط فیزیولوژیکی گیاه، اعم از ظرفیت فتوسنتزی، وضعیت آبی گیاه و فعالیت آنزیم‌ها عملکرد لوبیا را تحت اثر قرار می‌دهد. در مطالعه ای مشابه که شوقیان و روزبهانی (۱۳۹۶) روی لوبیا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد دانه در لوبیا شده و کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید با اثر بر بهبود روابط آبی گیاه منجر به افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار عدم کاربرد آن شده است. در این مطالعه کاربرد باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس در دو شرایط تنش و غیر تنش به ترتیب منجر به افزایش ۴۸ و ۵۳ درصدی میزان عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد آن‌ها شد. افزایش عملکرد دانه در شرایط تنشی به دلیل اثر این باکتری‌ها بر افزایش تحمل گیاه لوبیا نسبت به تنش خشکی می‌باشد. محققین دیگری نیز عنوان داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد در شرایط تنش خشکی منجر به القای بیشتر تحمل به خشکی در گیاهان زراعی شده و در نتیجه میزان عملکرد دانه در شرایط نامساعد محیطی از قبیل تنش خشکی افزایش‌می‌یابد (Timmusk and Wanger, 1999). اثرات مفید باکتریهای ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس ممکن است به خاطر مشارکت آن‌ها در افزایش رشد گیاه به واسطه جذب بیشتر مواد غذایی توسط گیاه منجر به بهبود فرآیند فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گیاه شود.

جدول ۴: برهم‌کنش تنش خشکی و کودهای زیستی بر عملکرد دانه لوبیا

تنش	کود زیستی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
شاهد	شاهد	۲۲۵۴c
	باسیلوس	۲۶۱۶b
	سودوموناس	۲۹۳۷a
تنش خشکی	شاهد	۱۰۰۱e
	باسیلوس	۱۳۶۱d
	سودوموناس	۱۴۰۳d

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد اثر تیمار تنش خشکی، اسید سالیسیلیک، کودهای زیستی و همچنین برهم‌کنش آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی از قبیل کلروفیل a، b، کل، محتوای نسبی آب برگ، محتوای پرولین، پروتئین محلول و آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار شد. تنش خشکی منجر به افزایش محتوای پرولین و کاهش میزان پروتئین محلول و محتوای نسبی آب برگ‌ها شد در حالی که کاربرد سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی منجر به بهبود این صفات گردید. میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز با کاربرد سالیسیلیک اسید و کودهای زیستی به میزان قابل توجهی افزایش یافت. در کل نتایج این مطالعه نشان داد که در شرایط تنش خشکی که ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در شرایط مطلوبی نیست، کاربرد سالیسیلیک اسید منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و افزایش فعالیت آنتی-اکسیدانی گیاه شده که در نهایت با بهبود این ویژگی‌های میزان عملکرد دانه نیز افزایش یافت. همچنین کاربرد کودهای زیستی باسیلوس و سودوموناس نیز منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه و به دنبال ان افزایش عملکرد دانه لوبیا سفید شد ضمن اینکه بایستی در نظر داشت که وقوع تنش خشکی عملکرد دانه را حدود ۵۵ درصد کاهش داده و حتی الامکان نبایستی این گیاه در معرض تنش خشکی قرار گیرد.

منابع

امام، ی.، رنجبری، ع.م. و بحرانی، م.ج. ۱۳۸۶. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپهای گندم تحت تأثیر تنش خشکی پس از گلدهی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. ۱۱(۱): ۳۱۷-۳۲۷.

امانی، ن.، سهرابی، ی. و حیدری، غ. ۱۳۹۶. عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ذرت با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی تحت سطوح خشکی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۷(۲): ۶۵-۷۹.

امینی، ز.، حداد، ر. و مرادی، ف. ۱۳۸۷. بررسی اثر تنش کم‌آبی بر نحوه فعالیت آنزیمهای ضد اکسنده در مراحل رشد رویشی گیاه جو. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۶(۱): ۶۵-۷۴.

دولتمند شهری، ن. و حق شناس، م. ۱۳۹۶. اثر مقادیر مختلف رطوبتی خاک در سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنزیمی و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی یونجه. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۳): ۹۹-۱۱۸.

سپهری، ع.، عباسی، ر وکرمی، ا. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا قرمز. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۷(۲): ۵۰۳-۵۱۶.

شوریابی، م.، گنجعلی، ع. و ابریشم چی، پ. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیمها و ترکیبات آنتیاکسیدانی ارقام نخود *Cicer arietinum* L. در مواجهه با تنش خشکی. مجله تنشهای محیطی در علوم زراعی. ۵(۱): ۴۱-۵۴.

شوقیان، م. روزبهانی.آ. ۱۳۹۶. اثر محلولپاشی سالیسیلیک اسید بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز در شرایط تنش خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۴): ۱۳۱-۱۴۸.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

کامل منش، م.، زاده باقری،م. و جوانمردی، ش. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر تغییرات محتوای یونی، میزان کربوهیدراتهای محلول، محتوای کلروفیل و محتوای آب نسبی در ژنوتیپهای لوبیا سفید. دومین همایش ملی کشاورزی وتوسعه پایدار، فرصت‌ها وچالش‌های پیشرو. دانشگاه آزاد اسلامی شیراز

محمدی، ع.، اصغری، ح.ر. و غلامی، ا. ۱۳۹۲. بررسی امکان استفاده از کود بیولوژیک میکوریزا در تأمین بخشی از فسفر در زراعت نخود. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۴): ۶۵۸-۶۶۵.

نادری، ط. ۱۳۹۲. تأثیر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر صفات کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه کردستان

یزدان‌پناه، س.، عباسی، ف . و باقی زاده، ا. ۱۳۸۸. اثر تیمار اسید سالیسیلیک و اسیدآسکوربیک بر میزان پرولین، قند و پروتئین در گیاه مرزه تحت تنش خشکی. اولین همایش ملی تنشهای محیطی در علوم کشاورزی،دانشگاه بیرجند.

Abbadi, A., Shekari, F. and Mustafavi, S. H. 2015. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on antioxidants enzyme activity in drought stress in wheat. Idesia. 33: 5–13.

Arnon, D. J. 1956. Chlorophyll absorption spectrum and quantitative determination. Biochemical and Biophysical Acta. 20: 449-461

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205–207.

Bayoumi, T., Eid, M. H., and Metwali, E. 2010. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology. 7:2341-2352.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Journal of Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

Chance, B., and Maehly, A.C. 1955. Assay of catalase and peroxidases. Methods Enzymol. 2: 764-775.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Sustainable agriculture. 153-188.

Ghai, N. Setia, R. C., Setia, N. 2002. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brescia napus* L. (cv. GSL-1) Phytomorphol. 52: 83-87.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J.K. and Bohnert, H. J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 51: 463–499.

Hosseini, S., Kafi, M. and Arghavani, M. 2015. The effect of Salicylic acid on physiological characteristics of Lolium grass (*Lolium perenne* cv. "Numan") under drought stress. International Journal of Agronomy and Agricultural Research. 7: 7–14.

Iqbal, M., Ashraf, M. Jamil, A. and Shafiq, U. R. M. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress? Journal of Integrative Plant Biology. 48(2): 181-189.

Khosravi, S., Baghizadeh, A. and Nezami, M. T. 2011. The salicylic acid effect on the Salvia officianlis L. sugar, protein and proline contents under salinity (NaCl) stress. Journal Stress Physiology Biochemistry. 7: 80-87.

Lawlor, D. W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant cell and Environment. 25: 275–294.

Mashaallah Hosseini, S., & Amini, Z. 2019. Yield and yield components of white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars affected by boric acid rates and methods of application. Journal of Plant Nutrition. 42(11-12), 1378-1385.

Nezhad, T. S., Mobasser, H. R. Dahmardeh, M. and Karimian, M .2014. Effect of foliar application of salicylic acid and drought stress on quantitative yield of mungbean (*Vigna radiate* L.). Journal of Novel Applied Sciences. 3(5):512-515

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]

Pospisilova, J. 2011. Responses of Transgenic Tobacco Plants with Increased Proline Content to Drought and/or Heat Stress. American Journal of Plant Sciences. 2: 318–324.

Saglam, A., Saruhan, N., Terzi, R. and Kadioglu, A. 2011. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress. Russian Journal of Plant Physiology. 58(1): 60–68

Sanchez, F. J., Manzanares, M., de Andres, E. F., Tenorio, J. L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research. 59: 225–235.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation, 30: 157–161.

Timmusk, S. and Wagner, E.G.H. 1999. The plant-growth-promoting rhizobacterium Paenibacillus polymyxa induces changes in *Arabidopsis thaliana* gene expression: a possible connection between biotic and abiotic stress responses. Molecular Plant–Microbe Interactions 12: 951–959.

Vassilev, N., and Vassilev, M. 2003. Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes. Applied Microbiology and Biotechnology. 61- 435–440.

Waraich, E. A., Amad, R. Ashraf, M. Y. and Ahmad, M. 2011. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science. 61(4): 291-304.

Yasar, F., Uzal, O. and Ozpay, T. 2010. Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress. African Journal of Agricultural Research. 5(19):2705-2709.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-04-04]