



اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر پاره‌ای صفات فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) تحت تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی

فرید شکاری^۱، آرش پاک‌مهر^۲، مهدی راستگو^۱، مریم وظایفی^۲ و میر جلیل قریشی نسب^۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذور با اسید سالیسیلیک بر پاره‌ای صفات فیزیولوژیک لوبیا چشم‌بلبلی رقم پرستو، تحت تنش کم آبی، آزمایشی در قالب طرح اسپلیت بلوک با سه تکرار در سال ۱۳۸۷ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری به عنوان عامل اصلی در ۲ سطح (آبیاری منظم - تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی) و پرایمینگ به وسیله‌ی اسید سالیسیلیک، به عنوان عامل فرعی در پنج سطح (صفر، ۹۰۰، ۱۸۰۰، ۲۷۰۰ و ۳۶۰۰ میکرومولار) بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر آبیاری و اسید سالیسیلیک بر روی تمام صفات، معنی‌دار بود. از سوی دیگر اثر متقابل آبیاری با اسید سالیسیلیک تنها برای محتوای نسبی آب برگ، سرعت فتوسنتز، محتوای کلروفیل a، محتوای کلروفیل کل برگ و عملکرد دانه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نشان داد که محتوای آب نسبی، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، محتوای کلروفیل و عملکرد دانه در شرایط تنش کم آبی در مقایسه با شرایط آبیاری منظم کاهش، ولی میزان CO₂ زیر اتاقک روزنه‌ای افزایش یافت. صفات مذکور در بذور پرایم شده با اسید سالیسیلیک جز میزان CO₂ زیر اتاقک روزنه‌ای در مقایسه با بذور پرایم نشده افزایش یافت. بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک محتوای آب نسبی بیشتری به خود اختصاص دادند که این امر محافظت علیه تنش خشکی را بهبود بخشید و با افزایش محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز گیاهان حاصله افزایش یافت. بنابراین بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، بیشترین عملکرد دانه (معادل ۴۴۲۴ و ۲۴۷۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تیمار آبیاری منظم و تنش کم آبی) را داشتند.

واژگان کلیدی: پرایمینگ، تنش کم آبی، اسید سالیسیلیک، لوبیا چشم‌بلبلی.

مقدمه

خشکی اثرات عمده‌ای بر کشاورزی دنیا دارد و ممکن است در طول دوره‌ی رشد گیاه پیش‌آید و خسارات فراوانی را به‌وجود آورد. از طرفی کمبود آب به تنهایی پتانسیل عملکرد تولیدی را به کمترین مقدار خود نمی‌رساند بلکه زمان و مدت زمانی که تنش خشکی روی می‌دهد با فرآیندهای فیزیولوژیکی در ارتباط است (۲۳). گیاهان به تنش خشکی در سطوح فیزیولوژیکی، سلولی و مولکولی پاسخ می‌دهند. این پاسخ به گونه و ژنوتیپ گیاه (۳۵) طول دوره و شدت کمبود آب (۸) و سن و مرحله‌ی نموی (۴۵) بستگی دارد.

اسید سالیسیلیک یکی از ترکیبات فنولی است که در گیاهان تولید می‌شود. ترکیبات این گروه می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌ی رشد عمل کنند (۳). این ماده در گیاهان در مقادیر کم (میلی گرم بر گرم وزن تر یا کمتر) وجود دارد (۳۶)، که هم به فرم آزاد و هم به فرم گلیکوزیل می‌باشد (۲۸). اسید سالیسیلیک همچنین به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در واکنش‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (۳۹). همچنین، بسته به غلظت به‌کاررفته، گیاه، گونه، دوره‌ی رشدی و شرایط محیطی، اسید سالیسیلیک اثرات متفاوتی روی فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی نظیر شروع برخی فرآیندها و ممانعت برخی دیگر دارد (۲۱).

لوبیا چشم بلبلی^۱ محصول زراعی مهمی است که به‌طور وسیعی در مناطق گرم آفریقا، آسیا و آمریکا رشد می‌کند و اغلب به عنوان گیاهی با سازگاری بالا به حرارت‌های بالا و خشکی در مقایسه با گونه‌های دیگر، مورد توجه است (۱۶). سازگاری به خشکی در لوبیا چشم بلبلی وابسته به حداقل رسانیدن تلفات آب به‌وسیله‌ی کنترل شکاف روزنه است (۱۵). اثبات شده است که لوبیا چشم بلبلی قادر به نگهداری پتانسیل آب برگی بالا یا محتوای رطوبت نسبی برگی بالا، طی تنش آبی است (۴۲)، در نتیجه می‌تواند از پسابیدگی بافت جلوگیری کند. اگرچه این راهبرد به واسطه‌ی بسته شدن روزنه‌ها، ممکن است باعث کاهش در آسیمیلاسیون CO₂ (۱۲) و کاهش رشد و عملکرد شود.

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر کمبود آب کنترل شده در زمان غلاف‌بندی بر روی گیاه لوبیا چشم بلبلی و امکان استفاده از اثر بهبود پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در این گیاه بود. همچنین هدف دیگر، تعیین مناسب‌ترین غلظتی از پرایم با اسید سالیسیلیک بود که می‌تواند تحمل به تنش خشکی را در مرحله‌ی غلاف‌بندی، در گیاه مذکور القا کند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در ۶ کیلومتری شهر زنجان، در عرض شمالی ۴۱°، ۳۶° طول شرقی ۲۷°، ۴۸° انجام شد. ارتفاع مزرعه

۱- *Vigna unguiculata* L.

در مرحله‌ی غلاف بندی بر اساس تبخیر انجام شده از تشتک تبخیر به میزان ۱۰۰ میلی‌متر انجام شد و سپس عمل آبیاری کرت‌های مربوطه اجرا گردید. در طول فصل رشد، کلیه‌ی علف‌های هرز که شامل تاج خروس، سلمه تره و توق بود، به‌صورت دستی وجین گردیدند. پس از استقرار بوته‌ها در مراحل مختلف، نمونه برداری و جمع آوری داده‌ها به‌صورت زیر انجام گرفت:

محتوای نسبی آب

جهت اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC) در حدود ساعت ۱۰ از برگ‌های شاخه‌ی اصلی ۴ بوته نمونه‌برداری انجام گرفت. برگ‌های جدا شده از هر بوته به‌طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد و برای جلوگیری از اتلاف آب، نمونه‌ها در داخل فلاسک یخ سریعاً به آزمایشگاه منتقل و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و بدون نور جهت محاسبه‌ی وزن آماسیده غوطه‌ور شدند و پس از آن نمونه‌ها به سرعت و با دقت آب سطحی با دستمال کاغذی خشک و وزن آماسیده اندازه‌گیری شد. نهایتاً جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در آون قرار داده و محتوای نسبی آب بر طبق معادله‌ی زیر (۳۷) محاسبه شد:

$$\text{محتوای نسبی آب} = \frac{[\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}]}{[\text{وزن خشک} - \text{وزن آماسیده}] \times 100}$$

$$[\text{وزن خشک} - \text{وزن آماسیده}] \times 100$$

از سطح دریا ۱۶۲۰ متر است. بافت خاک مزرعه، لومی رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و میانگین pH آن ۷/۵ است. این تحقیق بر روی گیاه لوبیا چشم بلبلی، رقم پرستو انجام شد. تنش خشکی در ۲ سطح (آبیاری منظم - اعمال تنش در زمان غلاف‌بندی) و پرایمینگ بذر به وسیله‌ی اسید سالیسیلیک در ۵ سطح (صفر، ۹۰۰، ۱۸۰۰، ۲۷۰۰ و ۳۶۰۰ میکرومولار) فاکتورهای آزمایشی را تشکیل دادند. جهت انجام پرایمینگ پس از تهیه دوزهای مختلف اسید سالیسیلیک، بذور لوبیا چشم‌بلبلی به مدت ۴ ساعت در دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد تحت تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک قرار گرفتند. سپس بذور خشک شده و پس از ضدعفونی با قارچ‌کش ویتاواکس به مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی منتقل شدند. آزمایش در قالب طرح اسپلیت بلوک با سه تکرار اجرا شد. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت به طول ۴ متر و با فواصل ۰/۵ متر بود. فاصله‌ی بین ردیف و روی ردیف‌های کاشت به ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر بود. قبل از کاشت و اوایل فروردین ماه سال ۱۳۸۷، کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پخش و به کمک دیسک با خاک مخلوط شد. بعد از تسطیح با لولر، با استفاده از دستگاه فاروئر جوی و پشته ایجاد شد. پس از کاشت بذور لوبیا چشم‌بلبلی، آبیاری بوته‌ها هر ۷ روز یک‌بار انجام گرفت. هنگامی که اولین غلاف‌ها در گیاهان مشاهده شد و در کرت‌های مربوط گیاهان وارد مرحله‌ی غلاف‌بندی شدند، آب این کرت‌ها قطع گردید. اعمال تنش آبی

فتوسنتز و پارامترهای وابسته به آن

اندازه‌گیری این صفت، در مرحله‌ی پس از غلاف‌بندی انجام شد. برای این منظور، برگچه‌ی وسطی هر برگ (برگ قبل از آخر) درون اتاقک اندازه‌گیری، طوری قرار داده شد که سطح فوقانی برگچه به طرف بالا قرار گرفته و نور کافی دریافت کند. داده‌های اصلی هدایت روزنه‌ای براساس مول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه ($\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) و سرعت فتوسنتز بر اساس میکرومول CO_2 بر متر مربع بر ثانیه ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر IRGA (مدل LCA4) با میانگین‌گیری از سه قرائت، انجام گردید.

اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b

برای تعیین میزان کلروفیل از روش ارایه شده توسط میدنر (۳۲) استفاده شد. بعد از غلاف‌بندی نمونه‌هایی از گیاهان شاهد و تنش تهیه شده، سریعاً داخل فویل قرار داده شد و درون نیتروژن مایع گذاشته شدند تا هرگونه واکنش انجام شده متوقف شده و از تجزیه‌ی کلروفیل جلوگیری شود. سپس نمونه‌ها داخل یخچال ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد. هنگام انجام آزمایش، ۰/۱ گرم نمونه‌ی برگ توزین شده و به مدت ۱۰ ثانیه در هاون چینی ساییده شدند تا کاملاً له گردند. آن‌گاه ۵ میلی لیتر استون به فالكون‌های حاوی نمونه‌های برگ‌ی له شده اضافه شده و درپوش فالكون گذاشته شد و به مدت ۱۰ ثانیه به شدت تکان داده شد. آن‌گاه فالكون به مدت ۱۰ دقیقه ساکن نگه داشته شد، سپس ۳ میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده شد. در ادامه ۳

میلی لیتر اتر نیز اضافه نموده و نمونه‌ها را در دستگاه سانتریفیوژ با دمای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده تا حلال جدا شود. آن‌گاه یک میلی لیتر از محلول سوپرناتانت با پیپت برداشته و داخل فالكون جداگانه ریخته و دوباره ۹ میلی لیتر استون به آن اضافه نموده و به شدت تکان داده تا محلول یک-دستی تهیه شود. سپس توسط پیپت به میزان ۳ میلی لیتر از محلول برداشته، داخل کاووت ۳ میلی-لیتری ریخته و میزان جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Model: V-530, JASCO, Japan) قرائت شد. برای این منظور ابتدا اسپکتروفتومتر با استون کالیبره و صفر شد و میزان جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۵ نانومتر و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از معادلات ۲، ۳ و ۴ به دست آمد (۹). (۷ حجم نهایی نمونه‌ی استخراج شده و W وزن تر نمونه است):

$$\begin{aligned} \text{میلی گرم کلروفیل a در } 0.1 \text{ گرم وزن تر} &= [12/7] \\ &\times \left[\frac{2/69}{(W \times 1000)/V} \right] \text{ (جذب در } 663 \text{ نانومتر) - } \\ &\quad \left[\frac{4/69}{(W \times 1000)/V} \right] \text{ (جذب در } 663 \text{ نانومتر)} \\ \text{میلی گرم کلروفیل b در } 0.1 \text{ گرم وزن تر} &= [22/9] \\ &\times \left[\frac{4/69}{(W \times 1000)/V} \right] \text{ (جذب در } 645 \text{ نانومتر) - } \\ &\quad \left[\frac{8/02}{(W \times 1000)/V} \right] \text{ (جذب در } 663 \text{ نانومتر)} \\ \text{میلی گرم کلروفیل a و b در } 0.1 \text{ گرم وزن تر} &= [20/2] \\ &\times \left[\frac{8/02}{(W \times 1000)/V} \right] \text{ (جذب در } 645 \text{ نانومتر) + } \\ &\quad \left[\frac{2/69}{(W \times 1000)/V} \right] \text{ (جذب در } 663 \text{ نانومتر)} \end{aligned}$$

عملکرد دانه

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها، در سطح ۱/۵ متر مربع از هر کرت فرعی، بوته‌ها برداشت و غلاف‌های کلیه‌ی بوته‌ها در سطح مذکور خرمکوبی و دانه‌های به‌دست آمده با ترازوی دقیق توزین شده و به عنوان عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار) محاسبه گردید. جهت آنالیز آماری داده‌های جمع آوری شده از نرم افزارهای آماری MSTATC و SPSS استفاده شد و میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. توزیع داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم افزار Minitab آزمون شد و با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها تبدیلی صورت نگرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در قالب طرح اسپلیت بلوک در جدول ۱ آمده است. اثر آبیاری و اسید سالیسیلیک بر روی صفات محتوای آب نسبی، سرعت فتوسنتز، میزان CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای، هدایت‌روزنه‌ای، محتوای کلروفیل و عملکرد دانه معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمارهای مورد آزمایش برای صفات مورد مطالعه در جداول ۲ و ۳ و شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ آمده است. همچنین، به منظور درک بهتر روابط بین صفات مختلف با عملکرد دانه ضرایب همبستگی ساده نیز محاسبه گردید (جدول ۴).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر صفات اندازه‌گیری شده در لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی

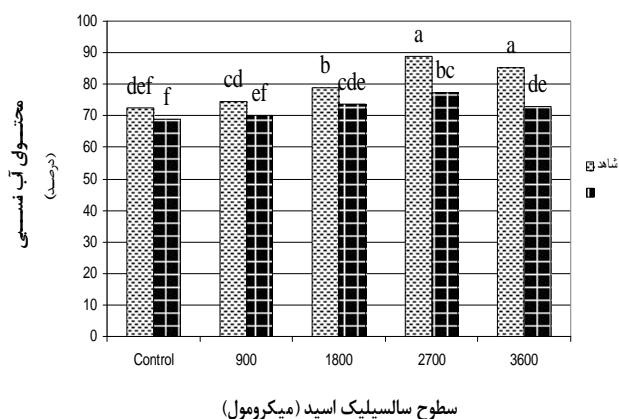
میانگین مربعات					منابع تغییر
درجه آزادی	محتوای آب نسبی	سرعت فتوسنتز	میزان CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای	هدایت روزنه‌ای	
۲	۳۲۱/۶۰۹*	۱/۲۴۵ ^{ns}	۷۶۱/۶۱ ^{ns}	۱/۸۴۸*	تکرار
۱	۴۱۶/۰۳*	۲۵/۶۲۷*	۴۲۴/۸۵۳*	۱/۳*	آبیاری (A)
۲	۱۹/۲۴	۰/۸۷۱	۸۱/۹۶	۰/۰۸۴	اشتباه آزمایشی ۱
۴	۱۵۰/۳۱*	۵/۵۲۷**	۷۱۱/۶۱**	۰/۶۲۱**	سالیسیلیک اسید (B)
۶	۲۹/۷۸	۰/۳۵۱	۷۲/۶	۰/۰۷۸	اشتباه آزمایشی ۲
۴	۲۴/۶۱*	۱/۲۸۵*	۲۵/۹۳ ^{ns}	۰/۲ ^{ns}	اثر متقابل (A×B)
۸	۴/۱۸	۰/۳۴۶	۳۱/۲۶	۰/۱۵۶	اشتباه آزمایش کل ۳
	۲/۶۸	۲۱/۵۱	۱/۳۴	۳۶/۶۹	ضریب تغییرات (C)

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

ادامه‌ی جدول ۱

میانگین مربعات					منابع تغییر
عملکرد دانه	محتوای کلروفیل کل	محتوای کلروفیل b	محتوای کلروفیل a	درجه آزادی	
۸۵۸۹۹/۲۲*	۰/۰۰۰۴۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۳۸ ^{ns}	۲	تکرار
۱۳۵۶۸۲۳۸/۵**	۰/۰۰۰۶۷۰*	۰/۰۰۰۰۵۹**	۰/۰۰۰۳۳۱*	۱	آبیاری (A)
۴۵۸۴/۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۹	۲	اشتباه آزمایشی ۱
۴۰۰۵۸۰۶/۶۴**	۰/۰۰۰۰۹۶**	۰/۰۰۰۰۱۵**	۰/۰۰۰۰۳۶**	۴	سالیسیلیک اسید (B)
۹۴۲۴/۱۷	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۲	۶	اشتباه آزمایشی ۲
۱۸۲۶۰۰/۵**	۰/۰۰۰۰۰۸*	۰/۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۵*	۴	اثر متقابل (A×B)
۶۴۷۲/۷۱	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۸	اشتباه آزمایش کل ۳
۳/۴۱	۱/۷۴	۴/۸۸	۲/۰۳		ضریب تغییرات (%)

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.



محتوای آب نسبی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در بین تیمارها، بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک حداکثر محتوای آب نسبی را در شرایط آبیاری دارا بودند و با بذور پرایم شده با دز ۳۶۰۰ میکرو مولار اسید سالیسیلیک، اختلاف معنی‌داری نداشتند، و این در حالی است که تیمار شاهد کمترین مقدار محتوای نسبی آب را در زمان اعمال تنش نشان داد.

شکل ۱- اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش آبی روی

محتوای آب نسبی.

(ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد

اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند)

هدایت روزه‌ای و سرعت فتوسنتز همبستگی داشته است.

سینگ و اوشا (۴۱) بیان کردند که بذورگندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک (۳-۱ میلی‌مول) محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه-های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش نشان دادند.

با توجه به مطالب بالا، نتایجی که در این تحقیق حاصل شده با نتایج محققین مطابقت دارد، و اعمال تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی، باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ گیاهان شد (شکل ۱)، در این تحقیق تنش آبی سبب کاهش محتوای آب نسبی برگ در همه تیمارها گردید. اختلاف در میزان این صفت ممکن است نشان‌دهنده تأثیر متفاوت تیمارها برای جذب آب از خاک و یا توانایی هدرروی آب از طریق روزه‌ها و یا اختلاف در توانایی گیاهان برای تجمع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژسانس بافت و افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیکی باشد و همچنین محتوای نسبی آب بالا، توانایی گیاهان را برای تنظیم اسمزی و حفظ رشدشان تحت شرایط تنش آبی نشان می‌دهد. یکی دیگر از دلایل این مسئله، افزایش ذخایر آبی گیاه به وسیله استخراج زیاد آب در نواحی ریشه و یا افزایش طول ریشه برای افزایش ذخیره‌ی آب است. این در حالی است که گیاهان تیمار شده با غلظت‌های بالاتر اسید سالیسیلیک با محتوای آب نسبی بالا، کمترین کاهش را در سرعت فتوسنتز در مقایسه با سایر گیاهان تیمار شده نشان

محتوای نسبی آب یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به تنش خشکی است که همبستگی خوبی با تحمل به خشکی نشان می‌دهد (۱۳). کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص، و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد. به خوبی مشخص شده است که طی تنش‌هایی همچون تنش خشکی محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها کاهش می‌یابد (۲۹). آنیا و هرزوک (۷) نیز گزارش کردند که طی استرس خشکی در لوبیا چشم‌بلبلی محتوای نسبی آب کاهش می‌یابد و RWC همبستگی مثبت با هدایت روزه‌ای ($r=0.71$) نشان می‌دهد.

محتوای نسبی آب بالاتر می‌تواند مسئول ابقای هدایت روزه‌ای و در نتیجه تعرق و فتوسنتز بالاتر در تیمارها شود. به خوبی معلوم شده که آب برگ با هدایت روزه‌ای و تعرق اثر متقابل دارد و اغلب تحت تنش خشکی همبستگی خوبی بین پتانسیل آب برگ با هدایت روزه‌ای دیده شده است (۳۱). تأثیر محتوای نسبی آب و پتانسیل آب برگ بر روی سرعت فتوسنتز، توسط صدیق و همکاران (۴۰) نیز تأکید شده است. شواهد زیادی نشان می‌دهد کاهش در هدایت روزه‌ای و فتوسنتز عمدتاً به کاهش در پتانسیل آب برگ گیاهان تنش دیده در نتیجه کاهش محتوای نسبی آب، تحت شرایط کمبود آب مربوط می‌شود. آتیا (۱۰) متوجه شد که کاهش در پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب با کاهش در

می‌تواند نقطه‌ی کنترل کلیدی تحمل خشکی باشد (۲۷). زو و همکاران (۴۶) نیز در آزمایش‌های خود مشاهده کردند، که تنش کم آبی در طول مدت پر شدن دانه میزان فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای را کاهش داده و پیری برگ را تسریع می‌کند. در این تحقیق نیز اعمال تنش کم آبی در زمان غلاف بندی، باعث کاهش سرعت فتوسنتز گیاهان شد (شکل ۲)، اختلاف در میزان این اثر نشان‌دهنده‌ی اثر غلظت‌های متفاوت تیمارهای اسید سالیسیلیک روی لوبیا چشم بلبلی می‌باشد.

واکنش گیاهان سالم و یا بخش‌هایی از آن‌ها به تیمار اسید سالیسیلیک، شامل تغییر در فعالیت آنزیم یا آنزیم‌های آن فرآیند است. فعالیت کربونیک آنهیدراز در برگ‌های خردل که با دز 10^{-5} مولار اسید سالیسیلیک و به‌صورت اسپری برگ‌ی، تیمار شده بودند (۱۷) یا به‌صورت تیمار بذری قبل از کشت به دانه‌های گندم (۱۹) انجام گردیده بود، به صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین، فعالیت رابیسکو و سرعت فتوسنتز در گیاهان تحت تنش خردل که با اسید سالیسیلیک تیمار شده بودند، افزایش یافت (۱۷).

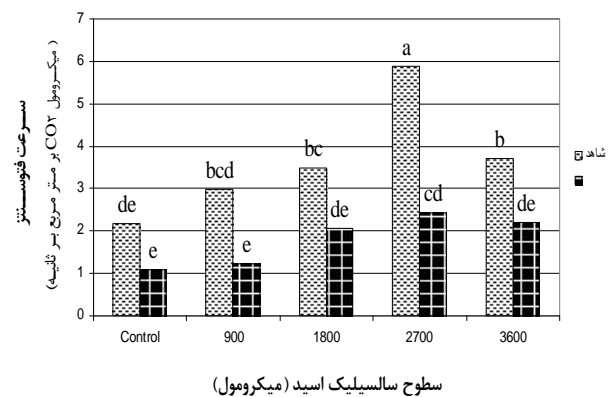
غلظت CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) برخلاف صفات قبلی، در مورد این صفت با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به‌کار رفته، غلظت CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای کاهش یافت. در بین تیمارها، تیمار شاهد بیشترین میزان CO_2 درون روزنه‌ای را دارا می‌باشد. که از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با

دادند (شکل ۲). مطابق جدول همبستگی (جدول ۴) محتوای آب نسبی در شرایط طبیعی ($r=0/73$) و تنش ($r=0/52$)، همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه داشت.

سرعت فتوسنتز

با توجه به شکل ۲ با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک کاربردی، سرعت فتوسنتز افزایش یافت ولی در بالاترین غلظت این روند معکوس گردید. به نحوی که در بین تیمارها، بذور پرایم شده با دز 2700 میکرومول اسید سالیسیلیک حداکثر سرعت فتوسنتز را در شرایط آبیاری دارا بودند، در حالی‌که تیمار شاهد، کمترین مقدار را در زمان اعمال تنش نشان داد.



شکل ۲- اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش کم

آبی روی سرعت فتوسنتز.

(ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد

اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند)

آسیمیلاسیون خالص CO_2 از طریق فرایند فتوسنتز، اولین مرحله‌ی تولید بیوماس است (۱۱)، و سرعت آسیمیلاسیون خالص حساس‌ترین جزء ظرفیت بیوشیمیایی به تنش کم آبی است و

فتوسنتز به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (۲۰). جلوگیری از رشد همراه با بسته شدن روزنه‌ها جزء اولین پاسخ‌های گیاهان به خشکی است (۲۵)، و بسته شدن روزنه‌ها در پاسخ به کمبود آب رفتار مشترکی است که در میان گونه‌های گیاهی به چشم می‌خورد (۳۴). آنیا و هرزوغ (۷) نیز گزارش کردند که با گذشت زمان از استرس خشکی، در لوبیا چشم بلبلی، سرعت فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای کاهش و در مقابل غلظت CO_2 زیر اتاقک روزنه-ای 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 غیر روزنه‌ای نیز مشاهده شده بود.

خان و همکاران (۲۴) افزایش در میزان هدایت روزنه‌ای در پاسخ به اسید سالیسیلیک، در شاخ و برگ ذرت و سویا مشاهده کردند. به علاوه، برگ‌های سویا افزایش در راندمان مصرف آب و میزان بالای تعرق، با اسید سالیسیلیک تکمیلی را نشان دادند. در این تحقیق نیز اعمال تنش کم آبی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای گیاهان شد (جدول ۳)، که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (۷). در مطالعه‌ی حاضر، مطابق جدول همبستگی (جدول ۴) بین هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ در تیمارهای نرمال ($I=0/71$) و تنش ($I=0/66$)، همبستگی بالایی وجود دارد. کک و همکاران (۲۶)، نیز بین هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز در واحد

بذور پرایم شده با دز ۹۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، ندارد. کمترین میزان CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای مربوط به بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک بود. در این تحقیق نیز اعمال تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی، باعث افزایش میزان CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای گیاهان شد (جدول ۳) که با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (۷).

غلظت CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای بالا نشان‌گر این است که در شرایط تنش، CO_2 وارد شده به برگ به خوبی در فتوسنتز مورد استفاده قرار نگرفته است (۷). همچنین، میزان افزایش CO_2 درون روزنه‌ای در بذور پرایم شده با اسید سالیسیلیک، کمتر می‌باشد که شاید به دلیل استفاده از CO_2 وارد شده به برگ و در نتیجه سرعت فتوسنتز بالای بذور پرایم شده با اسید سالیسیلیک باشد.

هدایت روزنه‌ای

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) هدایت روزنه‌ای نیز با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به کار رفته روند افزایشی داشت. به نحوی که، در بین تیمارها، بیشترین هدایت روزنه‌ای مربوط به بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک بوده که از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با بذور پرایم شده با دز ۱۸۰۰ و ۳۶۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک نداشت. کمترین هدایت روزنه‌ای هم مربوط به تیمار شاهد بود.

زمانی که گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود، در نتیجه‌ی بسته شدن روزنه‌ها، سرعت تعرق و

محتوای کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان کلروفیل a را در شرایط آبیاری دارا بودند و با دز ۱۸۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار شاهد و بذور پرایم شده با دز ۹۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، در شرایط تنش کم آبی بود.

مطابق جدول مقایسه میانگین (جدول ۲)، بذور پرایم شده با دز ۱۸۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان کلروفیل b را دارا بودند، که از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ و ۳۶۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک نداشتند. کمترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار شاهد بود و اختلاف معنی‌داری با دز ۹۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک نداشت.

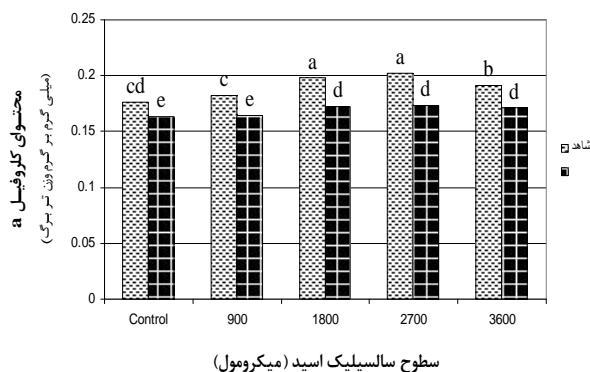
با توجه به شکل ۴، بذور پرایم شده با دز ۱۸۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک بیشترین محتوای کلروفیل کل را در شرایط آبیاری دارا بودند، و اختلاف معنی‌داری با بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک نداشتند و کمترین محتوای کلروفیل کل مربوط به تیمار شاهد در زمان اعمال تنش بود.

سطح برگ همبستگی بالایی مشاهده کردند. رابطه‌ی مثبت فتوسنتز و هدایت‌روزنه‌ای می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش هدایت‌روزنه‌ای میزان CO_2 ورودی برای استفاده در فتوسنتز، بیشتر می‌شود. هدایت‌روزنه‌ای برای بخارآب بدلیل مشترک بودن مسیرهای انتشار برای دی‌اکسید کربن و آب، با فتوسنتز رابطه دارد (۱۱). در تحقیق حاضر، R^2 بین فتوسنتز و هدایت‌روزنه‌ای در شرایط تنش نشان می‌دهد که ۶۶٪ تغییرات فتوسنتز، توسط تغییرات در هدایت‌روزنه‌ای قابل توجیه است. بلانکو و همکاران (۱۱) نیز نشان دادند که افزایش در حداکثر سرعت فتوسنتز (A_{max}) با افزایش هدایت‌روزنه‌ای رابطه دارد.

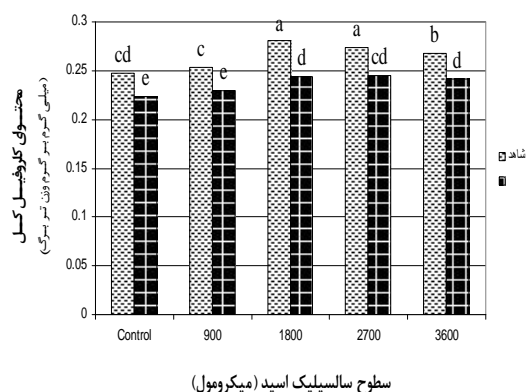
رابطه‌ی بین هدایت‌روزنه‌ای با فتوسنتز، نشان از اهمیت آن در تولید دارد. کورنیک (۱۴) اثبات کرد که بسته شدن روزنه اولین دلیل کم شدن سرعت فتوسنتز در شرایط خشکی متوسط است. از طرفی احتمالاً در دسترس بودن CO_2 در کلروپلاست، که عمدتاً توسط هدایت‌روزنه‌ای تنظیم می‌شود، در پاسخ به کمبود آب، به عنوان سیگنالی برای تنظیم متابولیسمی در برگ عمل می‌کند (۱۸). مطابق جدول همبستگی (جدول ۴)، سرعت فتوسنتز با عملکرد دانه، همبستگی مثبت بالایی در شرایط نرمال ($r=0/76$) و تنش ($r=0/81$) دارد. همبستگی سرعت فتوسنتز و هدایت‌روزنه‌ای با عملکرد دانه، توسط محققین دیگری (۳۳) نیز گزارش شده است.

می‌کند و لذا کاهش کلروفیل در شرایط تنش آبی می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده‌ی غیرروزنه‌ای به حساب آید (۲۲ و ۳۸).

جنبه‌های متابولیک گیاهانی که با اسید سالیسیلیک یا مشتقات آن تیمار شده‌اند، تغییراتی را با درجات مختلف نشان می‌دهند که بستگی به نوع گیاه و روش اعمال اسید سالیسیلیک دارد. برای مثال، خیساندن بذرهای گندم در محلول 10^{-5} مولار اسید سالیسیلیک، منجر به تولید گیاهانی شد که دارای مقدار رنگدانه‌های بیشتری بودند و با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، مقدار رنگدانه‌ها کاهش یافت (۱۹). ولی خیساندن بذرهای ماش در محلول آبی اسید سالیسیلیک (۱۰-۱۵۰ میکرومول) منجر به کاهش در محتوای کلروفیل و کارتنوئید در برگ‌های گیاهان بعدی شد (۶). سینگ و اوشا (۴۱) نیز بیان کردند که خیساندن بذور گندم در محلول اسید سالیسیلیک (۳-۱ میلی‌مول) منجر به تولید گیاهچه‌هایی با محتوای رطوبتی و کلروفیل، فعالیت رابیسکوپی بالاتری در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش می‌شوند. در این تحقیق نیز اعمال تنش کم آبی در زمان گلدهی، باعث کاهش محتوای کلروفیل گیاهان شد (شکل ۳ و ۴ و جدول ۳)، که این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص (پروتئین کلروفیل a/b برداشت کننده‌ی نور) (۵)، افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز باشد (۳۰)، ولی پرایمینگ بذور با اسید سالیسیلیک منجر به تولید گیاهانی شد که محتوای کلروفیل a، b و



شکل ۳- اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش آبی روی محتوای کلروفیل a



شکل ۴- اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش آبی روی محتوای کلروفیل کل

(ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند)

کلروفیل‌ها، مولکول‌های ضروری هستند که مسئول دریافت انرژی خورشیدی در سیستم‌های فتوسنتزی هستند (۴۳). 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 مدت زمان تنش فرق

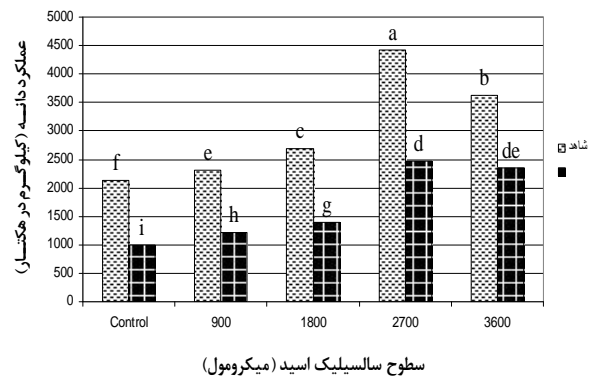
شکاری (۱) در بررسی صفات متحمل به خشکی در لوبیا اظهار داشت، بیشترین کاهش عملکرد دانه در تنش مرحله‌ی گلدهی و پس از آن در مرحله‌ی غلاف بندی مشاهده گردید و کاهش عملکرد، در مرحله‌ی گلدهی می‌تواند به دلیل ریزش گل و سقط دانه‌های تازه تشکیل شده باشد، که باعث کاهش در تعداد غلاف بوده و در مرحله‌ی غلاف بندی به دلیل کاهش در وزن ۱۰۰ دانه می‌باشد، همچنین، در مرحله‌ی گلدهی بدلیل این که تنش آبی باعث می‌شود طول دوره‌ی تشکیل اندام‌های زایشی برای غلاف‌های ایجاد شده در قسمت پایین ساقه، طولانی و برای غلاف‌های تشکیل شده در بالای ساقه، کوتاه‌تر باشد، روی وزن نهایی دانه‌ها تاثیر گذاشته و باعث کاهش وزن ۱۰۰ دانه می‌گردد (۲).

پیش تیمار کردن بذر با هورمون‌های رشد گیاهی نه تنها جوانه‌زنی و سرعت سبز شدن، بلکه رشد و عملکرد نهایی گیاه را تحت شرایط نرمال و تنش افزایش می‌دهد (۴). سنارانتا و همکاران (۳۹) بیان کردند که اسید سالیسیلیک و استیل اسید سالیسیلیک به‌طور موثری گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا را بر علیه تنش خشکی، در غلظت‌های ۰/۱ میلی‌مول و ۰/۵ میلی‌مول محافظت کردند، که نهایتاً باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط گردید. نتایج فوق به نقش اسید سالیسیلیک در تنظیم پاسخ به خشکی در گیاهان دلالت می‌کنند و پیشنهاد می‌کنند که اسید سالیسیلیک می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم کننده‌ی رشد بالقوه

محتوای کلروفیل کل بیشتری بودند و با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، مقدار رنگدانه‌ها کاهش یافت. اختلاف در میزان این تأثیر ممکن است نشان دهنده‌ی تأثیر غلظت‌های متفاوت تیمارهای اسید سالیسیلیک روی لوبیا چشم بلبلی باشد. مطابق جدول همبستگی (جدول ۴) همبستگی مثبتی بین مجموع کلروفیل a و b با عملکرد دانه در شرایط نرمال ($r=0/59$) و تنش ($r=0/68$) مشاهده می‌شود که با نتایج زاهاریوا و همکاران (۴۴) مطابقت دارد و این همبستگی بالا حاکی از اهمیت کلروفیل در افزایش عملکرد دانه گیاه می‌باشد.

عملکرد دانه

با توجه به شکل ۵ در بین تیمارها، در شرایط نرمال و تنش بذور پرایم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد در شرایط تنش بود.



شکل ۵- اثر متقابل سالیسیلیک اسید و تنش کم آبی روی عملکرد دانه

(ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند)

سالیسیلیک با ایجاد شرایط مناسب، برای مثال از طریق افزایش محتوای آب نسبی، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل برای گیاه توانسته عملکرد را در شرایط نرمال و تنش بهبود ببخشد و باعث افزایش عملکرد گیاه شود.

برای بهبود رشد گیاه تحت تنش آبی مورد استفاده واقع شود. در مطالعه‌ی حاضر نیز اعمال تنش کم آبی، باعث کاهش عملکرد لوبیا چشم بلبلی گردید، که با نتایج بالا مطابقت دارد (شکل ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، که بذور پرآیم شده با دز ۲۷۰۰ میکرومولار اسید

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر اسید سالیسیلیک روی صفات مورد مطالعه‌ی لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی

محتوای کلروفیل b (mg/g)	هدایت روزنه‌ای ($\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	میزان CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای ($\text{mmolCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	اسید سالیسیلیک (μM)
۰/۰۶۵۸b	۰/۶۸۴۲b	۳۹۶/۴a	۰
۰/۰۶۸۵b	۰/۸۹۶۷b	۳۹۲/۴a	۹۰۰
۰/۰۷۶۷۸a	۱/۱۹۲ab	۳۸۱/۹b	۱۸۰۰
۰/۰۷۶۷۳ a	۱/۵۳۹a	۳۶۹/۹c	۲۷۰۰
۰/۰۷۳۷۷a	۱/۰۶۸ab	۳۷۷b	۳۶۰۰

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح آبیاری روی صفات مورد مطالعه‌ی لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی

محتوای کلروفیل b (mg/g)	هدایت روزنه‌ای ($\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	میزان CO_2 زیر اتاقک روزنه‌ای ($\text{mmolCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	تیمار
۰/۰۷۶۷۸a	۱/۲۸۴a	۳۷۶/۶۳b	آبیاری
۰/۲۳۶۹b	۰/۸۶۸b	۳۹۰/۴۱۳ a	تنش در زمان غلاف بندی

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در لوبیا چشم بلبلی تحت تنش کم آبی در زمان غلاف‌بندی

دانه	محتوای آب نسبی		سرعت فتوسنتز		میزان CO ₂		هدایت‌روزنه‌ای		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	عملکرد
	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال	تنش	نرمال
	(%)	(%)	($\mu\text{MCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\mu\text{MCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mMCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{mMCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{MCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{MCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(kg/ha)
محتوای آب نسبی	۱	۱										
سرعت فتوسنتز	۰/۴۲	۰/۴۴	۱	۱								
میزان CO ₂	-۰/۲۷	-۰/۱۲	-۰/۶۵**	۰/۳۸	۱	۱	-۰/۲۹	-۰/۴۵	۰/۶۶**	۰/۷۱۸**	۰/۱۸۰**	۰/۷۸
هدایت‌روزنه‌ای	-۰/۱۲	-۰/۱۰	۰/۶۶**	۰/۷۱۸**	-۰/۲۹	-۰/۴۵	-۰/۸۲**	-۰/۸۰**	۰/۷۸	۰/۴۶	۰/۲۴	۰/۲۲
کلروفیل a	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۷۸	۰/۴۶	-۰/۸۲**	-۰/۸۰**	۰/۷۸	۰/۴۶	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲
کلروفیل b	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۶*	۰/۸۵**	-۰/۵۶*	-۰/۶۳*	۰/۵۶*	۰/۶۲*	۰/۶۴*	۰/۷۶**	۰/۷۶**	۰/۷۶**
کلروفیل کل	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۸۷**	۰/۵۵*	-۰/۷۸**	-۰/۷۸**	۰/۶۰*	۰/۹۶**	۰/۹۴**	۰/۹۴**	۰/۹۲**	۰/۹۲**
عملکرد دانه	۰/۷۳۶**	۰/۵۲*	۰/۱۷۶**	۰/۸۱**	-۰/۶۶**	-۰/۶۶**	۰/۴۸	۰/۲۶	۰/۵۶*	۰/۶۳*	۰/۵۶*	۰/۶۸**

* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

منابع مورد استفاده

- ۱- شکاری، ف. ۱۳۸۰. بررسی صفات مرتبط با تحمل به خشکی در لوبیا، گزارش طرح پژوهشی پژوهشکده فیزیولوژی و بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه زنجان. ۵۳ صفحه.
- ۲- شکاری، ف. ۱۳۸۵. بررسی واکنش لوبیا به تنش خشکی، گزارش طرح پژوهشی پژوهشکده فیزیولوژی و بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه زنجان. ۸۲ صفحه.
- 3- Aberg, B. 1981. Plant growth regulators XLI. Monosubstituted benzoic acid. Swed. J. Agric. Res. 11: 93-105.
- 4- Ahmad, A., I. Haque, and O. Aziz. 1995. Physiomorphological changes in triticale improved by pyridoxine applied through grain soaking. Acta Agron. Hung. 43: 211-221.
- 5- Albert, R.S., and J.P. Thorner. 1977. Water stress effects on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplasts of maize. Plant Physiol. 59: 351- 353.
- 6- Anandhi, S., and M.P. Ramanujam. 1997. Effect of salicylic acid on black gram (*Vigna mungo*) cultivars. Ind. J. Plant Physiol. 2: 138-141.
- 7- Anyia, A.O., and H. Herzog. 2004. Water use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. Europ. J. Agron. 20: 327-339.
- 8- Araus, J.L., J. Casadesus, and J. Bort. 2001. Recent tools for screening of physiological traits determining yield. In: Application of physiology in wheat breeding. Reynolds, M.P., J. Ortiz-Monasterio, and A. McNab. (eds.). pp: 59-77. Mexico, D.F.: CIMMYT.

- 9- Ashraf, M.Y., A.R. Azim, A.H. Khan, and S.A. Ala. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) *Acta physiologia Plant.* 16: 185- 191.
- 10- Atteya, A.M. 2003. Alternation of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. *Bulg. J. Plant Physiol.* 29: 63-76.
- 11- Blanco, I., A.S. Rajaram, W.E. Kronstad, and M.O. Reynolds. 2000. Physiological performance of synthetic hexaploid wheat-derived populations. *Crop Sci.* 40:1257-1263.
- 12- Chaves, M.M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. *J. Exp. Bot.* 42: 1-16.
- 13- Colom, M.R., and C. Vazzana. 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. *Environ. Exp. Bot.* 49: 135-144.
- 14- Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreased stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. *TIBS* 5:187-188.
- 15- de Carvalho, M.H.C., D. Laffray, and P. Louguet. 1998. Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environ. Exp. Bot.* 40: 197-207.
- 16- Ehlers, J.D., and A.E. Hall. 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field Crops Res.* 53: 187-204.
- 17- Fariduddin, Q., S. Hayat, and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica.* 41: 281-284.
- 18- Flexas L., and H. Medrano. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C₃ plant: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. *Ann. of Bot.* 89: 183-189.
- 19- Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali, and A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hung.* 53: 433-437.
- 20- Hirayama, M., Y. Wada., and H. Nemoto. 2006. Estimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. *Breed. Sci.* 56: 47-54.
- 21- Iqbal, M., M. Ashraf, A. Jamil and U. R. M. Shafiq. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress. *J. Integrative Plant Biol.* 48(2): 181-189.
- 22- Jiang, Y., and b. Huang. 2001. Drought and heat stress Injury to Two cool season Turfgrasses in relation to antioxidant metabolim and lipid peroxidation. *Crop Sci.* 41: 436-442.
- 23- Jongdee, B., S. Fukai, and M. Cooper. 2002. Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. *Field Crops Res.* 76: 153-163.
- 24- Khan, W., B. Prithviraj, and D. L. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J. Plant Physiol.* 160: 485-492.

- 25- Klamkowski, K., and W. Treder. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agricul Conspectus Sci.* 71 (4): 159-165.
- 26- Koc, M., C. Barutcular, and I. Genc. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in Mediterranean environment. *Crop Sci.* 43: 2089-2098.
- 27- Kruger, G.H.J., L. van Rensburg, and P. Mahtis. 1995. Carbon dioxide fixation: stomatal and non-stomatal limitations in drought stressed *Nicotina tobacum* L. cultivar. Xth International Photosynthesis Congress, Montpellier, France, IV: 505-510.
- 28- Lee, H., J. León, and I. Raskin. 1995. Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. *Proc. Nati. Acad. Sci. USA*, 92: 4076-4079.
- 29- Ma, Q.Q., W. Wang, Y.H. LI, D.Q. Li, and Q. Zou. 2006. Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar applied glycinebetaine. *J. Plant Physiol.* 163: 165-175.
- 30- Majumdar, S., S. Ghosh, B.R. Glick, and E.B. Dumbroff. 1991. Activities of chlorophyllase, phosphoenolpyruvate carboxylase and ribulose 1, 5-bisphosphate carboxylase in the primary leaves of soybean during senescence and drought. *Physiol. Plant.*, 81: 473-480.
- 31- Medrano, H., J.M. Escalona, J. Gulias, and J. Flexas. 2002. Regulation of photosynthesis of C₃ plant in response to progressive drought: Stomatal conductance as reference parametr. *Ann. Bot.* 89: 895-905.
- 32- Meidner, H. 1981. Class experiments in plant physiology, British library cataloging in publication Data. London.
- 33- Monneveux, P. h., D. Rekika, E. Acevedo, and O. Merah. 2006. Effect of drought on leaf gas exchange, carbon isotopes discrimination, transpiration efficiency and productivity in field grown durum wheat genotypes. *Plant Sci.* 170: 867-872.
- 34- Pearce, D.W., S. Millard, D.F. Bray, and S.B. Rood. 2006. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. *Tree Physiol.* 26: 211-218.
- 35- Rampino, P., G. Spano, S. Pataleo, G. Mita, J. A. Napier, N. Di Fonzo, P.R. Shewry, and C. Perrotta. 2006. Molecular analysis of a durum wheat stay green mutant: Expression pattern of photosynthesis- related genes. *J. Cereal Sci.* 43: 160-168.
- 36- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol Mol. Biol.*, 43: 439-463.
- 37- Ritchie, S.W., H.T. Nguyen, and A.S. Holaday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.* 30: 105-111.
- 38- Sairam, P.K., P.S. Deshmukh and D.S. Shukla. 1997. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 178: 171- 178.
- 39- Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn, and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul.* 30: 157-161.

- 40- Siddique, M.R.B., A. Hamid, and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 41: 35-39.
- 41- Singh, B., and K. Usha. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regul.*, 39: 137-141.
- 42- Souza, R.P., E.C. Machado, J.A.B. Silva, A.M.M.A. Lag^oa, and J.A.G. Silveira. 2004. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environ. Exp. Bot.* 51: 45-56.
- 43- Tanaka, A., and R. Tanaka. 2006. Chlorophyll metabolism. *Plant. Bio.*, 9: 248- 255.
- 44- Zaharieva, M., E. Gaulin, M. Havaux, E. Acevedo, and P. Monneveux. 2001. Drought and heat responses in the wild wheat relative *Aegilops geniculata* roth. *Crop Sci.* 41: 1321- 1329.
- 45- Zhu, X., J. Kandola, Z. Ghahramani, and J. Lafferty. 2005. Nonparametric transforms of graph kernels for semi-supervised learning. In L. K. Saul, Y. Weiss and L. Bottou (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems (nips) 17*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 46- Zou, G.H., H.Y. Liu, H.W. Mei, G.L. Liu, X.Q. Yu, M. S. Li, J.H. Wu, L. Chen, and L.J. Luo. 2007. Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. *J. Integrative Plant Biol.* 49: 1508-1516.

Effect of Salicylic Acid Seed Priming on Some Physiological Traits of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Under Water Deficit at Podding Stage

F. Shekari^{1*}, A. Pakmehr², M. Rastgoo¹, M. Vazayefi² and M.J. Goreishi Nasab²

Abstract

The effects of seed priming by salicylic acid on some physiological traits of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cv. Parastou were investigated under water deficit conditions at podding stage. Experiment was done as a split block design with 3 replications in 2008 at Research Station of Zanjan University. Main factor consisted of two levels of irrigation (normal irrigation and deficit irrigation at podding stages) and seed priming with salicylic acid as a sub factor in 5 levels (0, 900, 1800, 2700, 3600 μM). Analysis of variance showed that irrigation and salicylic acid had significant effects on all characters. Furthermore, interaction between irrigation and salicylic acid were significant only for leaf relative water content, photosynthetic rates, content of chlorophyll a, total chlorophyll and seed yield. Mean comparisons showed that relative water content, photosynthetic rates, content of chlorophyll a and total chlorophyll and seed yield decreased due to water deficit as compared to normal irrigation, but leaf internal CO_2 increased. These traits, except leaf internal CO_2 were increased through primed seed priming as compared to untreated seeds. Priming of seeds with 2700 μM salicylic acid had desirable effect on all traits compared to other treatments in irrigated and water deficit conditions. Seed priming with 2700 μM salicylic acid caused higher relative water content, which protects plants against water stress. In addition to increasing chlorophyll content and stomatal conductance, photosynthetic rates of plant increased. Thus, seed priming with 2700 μM salicylic acid produced highest seed yield (4424 and 2475 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in both regular and deficits irrigations at podding stage, respectively.

Key words: Cowpea, Salicylic acid, Seed priming, Water deficit.

1- Assistant Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran.

2- Member of Young Researchers Club, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

*Corresponding Author :Shekari@yahoo.com