بررسی اثر کاربرد براسینولید در تحمل به خشکی لوبیا چشم بلبلی

(*Vigna unguiculata* L. Walp.)

امید صادقی‌پور*[۱] و نیلگون بنکدارهاشمی[۲]

۱) استادیار گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲) دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Osadeghipour@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۰۳**

چکیده

براسینو استرویییدها مواد طبیعی هستند که علاوه بر تنظیم رشد و نمو گیاهان، تحمل گیاهان زراعی به تنش‌های غیرزیستی را بهبود می‌بخشند. در این تحقیق، نقش کاربرد خارجی براسینولید در کاهش اثر نامطلوب تنش خشکی در لوبیا چشم بلبلی بررسی گردید. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ در منطقه شهر ری اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری (آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌ترتیب به‌عنوان شرایط عدم تنش و تنش خشکی) و عامل فرعی نیز شامل پنج سطح کاربرد براسینولید (عدم کاربرد، خیساندن بذور در براسینولید با غلظت دو میکرومولار، خیساندن بذور در براسینولید با غلظت چهار میکرومولار، برگ‌پاشی براسینولید با غلظت دو میکرومولار و برگ‌پاشی براسینولید با غلظت چهار میکرومولار) بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و عملکرد دانه را کاهش ولی درصد پروتئین دانه را افزایش داد. با این وجود، کاربرد براسینولید به‌ویژه برگ‌پاشی آن با غلظت دو میکرومولار، محتوی آب نسبی، شاخص سطح برگ، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه را در هر دو شرایط عدم تنش و وجود تنش افزایش داد. ضمن این‌که هدایت روزنه‌ای را در شرایط عدم تنش افزایش و در شرایط وجود تنش کاهش داد که البته این تغییرات معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد براسینولید از طریق بهبود محتوی آب نسبی، شاخص سطح برگ، ساخت پروتئین و تغییر در هدایت روزنه‌ای موجب بهبود رشد، ارتفاع بوته و عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط عدم تنش و وجود تنش گردید. بنابراین می‌توان از برگ‌پاشی براسینولید به‌عنوان روشی جهت بهبود تحمل به تنش خشکی در لوبیا چشم بلبلی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: براسینواسترویییدها، تنش آبی، رشد، عملکرد و هدایت روزنه‌ای.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

مقدمه

لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp.) یکی از قدیمی‌ترین حبوبات با ارزش غذایی بالا، حدود ۲۵ پروتئین، خوش طعم با زمان پخت کوتاه می‌باشد. این گیاه توانایی زیادی در تثبیت زیستی نیتروژن خاک داشته و بنابراین برای رشد نیازی به خاک خیلی حاصل‌خیز ندارد. شاخ و برگ آن نیز به‌عنوان غذای دام مورد استفاده قرار می‌گیرند. لوبیا چشم بلبلی جزء لاینفک کشاورزی پایدار و نظام‌های استفاده کارآمد از زمین است (Abayomi and Abidoye, 2009). تنش‌های محیطی از جمله خشکی، دما، فلزات سنگین و شوری رشد و نمو گیاهان را به شدت کاهش می‌دهند. در بین تنش‌های غیرزیستی، خشکی یکی از غیرزیستی عوامل محیطی است که تولید گیاهان زراعی را محدود کرده و متوسط عملکرد را گاه تا ۵۰ درصد و یا بیش‌تر کاهش می‌دهد (Wang *et al.,* 2003). جهت بهبود تولید محصولات کشاورزی تحت شرایط محدودیت آب، افزایش تحمل گیاهان زراعی به تنش خشکی ضروری است. برای کاهش اثر سوء تنش آبی بر گیاهان زراعی، روش‌های زراعی و فیزیولوژیکی مختلفی به‌کار می‌روند که در این میان استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد یکی از مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها است. مواد تنظیم‌کننده رشد به‌طور گسترده‌ای برای القای تحمل به خشکی در محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Anjum *et al.,* 2011 a). براسینو استرویید‌ها اولین هورمون‌های استرویید‌ی کشف شده در گیاهان هستند که دارای فعالیت محرک رشد می‌باشند. علاوه بر تحریک رشد، این هورمون‌ها نقش مهمی در سایر فرآیندهای نموی از قبیل جوانه‌زنی بذر، ریشه‌زایی، گل‌دهی، زوال، ریزش و رسیدگی ایفا می‌کنند. هم‌چنین براسینو استرویید‌ها در کاهش اثر نامطلوب تنش‌های محیطی مؤثرند (Qayyum *et al.,* 2007). در بین مواد شیمیایی مختلف که برای کاهش اثر نامطلوب تنش آبی به‌کار می‌روند، مشخص شده که براسینولید (یکی از فرم‌های فعال و پایدار براسینو استرویید‌ها) رشد و تولید گیاهان را تحت شرایط کم‌آبی تنظیم می‌کند. براسینولید به‌عنوان ماده کاهش‌دهنده اثر تنش‌های مختلف زیستی و غیرزیستی شناخته شده است. کاربرد خارجی آن به‌طور مشخصی موجب تحریک رشد می‌شود. براسینولید فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی مانند فتوسنتز، اسیدهای نوکلییک، تجمع پرولین و ساخت پروتئین را تحریک می‌کند. هم‌چنین ثابت شده که این ماده، در مراحل رونویسی ژن و ترجمه نقش داشته و بنابراین سطوح پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و در نهایت عملکرد دانه را بهبود می‌بخشد. با وجود این که بسیاری از مطالعات روی بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های شوری و دمای بالا متمرکز شده‌اند، گزارش‌های محدودی در خصوص قابلیت براسینولید در کاهش اثر خشکی در گیاهان زراعی وجود دارد (Anjum *et al.,* 2011 a). برای مثال گزارش شده که روابط آبی و تبادلات گازی در گندم تحت تنش خشکی با کاربرد براسینولید بهبود یافته است (Sairam, 1994). هم‌چنین در عدس، استفاده از براسینولید عملکرد محصول را در شرایط خشکی افزایش داد (Hayat and Ahmad, 2003). از سوی دیگر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

کاربرد براسینولید تحمل خشکی در برنج را بالا برد (Farooq *et al.*, 2009). با این وجود، اطلاعات اندکی در خصوص اثر براسینولید در تحمل خشکی لوبیا چشم بلبلی وجود دارد. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی نقش کاربرد براسینولید در بهبود تحمل به خشکی این گیاه بر اساس تغییرات محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ، محتوی پروتئین، ارتفاع بوته و عملکرد دانه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار سال ۱۳۹۲ در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری واقع در جنوب تهران انجام شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۰۰۰ متر است که از لحاظ موقعیت جغرافیایی، در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه واقع شده است. این منطقه جزو مناطق خشک با تابستانی گرم و خشک و زمستانی سرد و خشک محسوب شده که میانگین بارش و دما سالانه آن به‌ترتیب ۲۰۱/۷ میلی‌متر و ۲۰/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی دارای دو سطح آبیاری شامل: آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌ترتیب به‌عنوان شرایط عدم تنش و تنش خشکی بود. کرت‌های فرعی نیز شامل پنج سطح کاربرد براسینولید به شرح ذیل بود: ۱- عدم کاربرد براسینولید (شاهد- خیساندن بذور به مدت ۸ ساعت در آب مقطر)، ۲- خیساندن بذور به مدت ۸ ساعت در براسینولید با غلظت ۲ میکرومولار، ۳- خیساندن بذور به مدت ۸ ساعت در براسینولید با غلظت ۴ میکرومولار، ۴- محلول‌پاشی برگ در مراحل ۶ برگی و غنچه‌دهی با براسینولید با غلظت ۲ میکرومولار و ۵- محلول‌پاشی برگ در مراحل ۶ برگی و غنچه‌دهی با براسینولید با غلظت ۴ میکرومولار.

به منظور آماده‌سازی زمین، شخم عمیق در پاییز سال قبل از کشت به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار زده شد و در بهار قبل از کشت، به منظور خرد کردن کلوخه‌ها و هم‌چنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، دیسک و ماله زده شد و در زمان کشت با فاروئر جوی و پشته‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم ایجاد گردید. هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی هر خط کاشت نیز ۱۰ سانتی‌متر بود. بین هر دو تکرار دو نهر تعبیه گردید که یکی برای آبیاری تکرار پایینی و دیگری به‌عنوان زهکش تکرار بالایی در نظر گرفته شد. فاصله هر دو کرت فرعی از هم یک متر (دو پشته نکاشت) و فاصله کرت‌های اصلی از هم دو متر (چهار پشته نکاشت) در نظر گرفته شد. در این آزمایش از رقم کامران که از ارقام پر محصول لوبیا چشم بلبلی است استفاده گردید. در تاریخ ۲۶ خرداد سال ۱۳۹۲ عملیات کاشت انجام شد. جهت کشت روی هر پشته با استفاده از فوکا شیاری به عمق ۴-۳ سانتی‌متر ایجاد شد. به منظور

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

اطمینان از رویش یکنواخت، بذور با تراکم زیاد درون شیار روی پشته‌ها کشت شده و سپس روی این بذور با مخلوط خاک نرم و ماسه پوشانده شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا زمان تنک کردن بر اساس نیاز گیاه و شرایط محیطی انجام شد. پس از آن تیمارهای آبیاری بر اساس نقشه طرح اعمال گردیدند. در مرحله تشکیل ۴-۲ برگ حقیقی عمل تنک انجام شد و فاصله بوته‌ها روی پشته به ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ بوته در مترمربع) رسید. وجین علف-های هرز در چند مرحله و به‌صورت دستی صورت گرفت. ضمن این که آفت یا بیماری که جهت کنترل آن نیاز به سمپاشی باشد مشاهده نگردید. در مرحله رویشی (۶ برگی) و غنچه‌دهی دو بار محلول‌پاشی کرت‌ها با براسینولید و طبق نقشه طرح صورت گرفت. محلول‌پاشی در اوایل صبح به‌وسیله سمپاش پشتی انجام شد.

در اواسط گل‌دهی، محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای و شاخص سطح برگ به شرح ذیل اندازه‌گیری شدند. جهت محاسبه محتوی آب نسبی، از خط دوم هر کرت دیسک‌هایی از ۱۰ برگ فعال و کاملاً توسعه یافته قسمت فوقانی پنج بوته تهیه و بلافاصله وزن تر آن‌ها توسط ترازوی دقیق یادداشت شد. سپس نمونه‌ها درون ظرف‌های محتوی آب مقطر قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت وزن اشباع آن‌ها تعیین گردید. پس از آن، نمونه‌های برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک آن‌ها محاسبه گردد. از تقسیم تفاضل وزن تر و خشک بر تفاضل وزن اشباع و خشک محتوی آب نسبی برگ‌ها تعیین گردید. برای سنجش میزان هدایت روزنه‌ای، دستگاه Leaf Porometer مدل SC-1 به‌کار گرفته شد. پس از حذف اثر حاشیه‌ای، این صفت از طریق برگ‌های کاملا توسعه یافته بالایی پنج بوته از خط دوم هر کرت و هر کدام دو قرائت طی ساعات ۱۱-۹ اندازه‌گیری شد. جهت تعیین سطح برگ از دستگاه Leaf Area Meter اسکنی مدل CI-202 استفاده شد. این صفت از اسکن کردن تمام برگ‌های پنج بوته از خط دوم هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای تعیین گردید. با توجه به تراکم ۲۰ بوته در مترمربع، حاصلضرب عدد حاصل در عدد چهار برابر با شاخص سطح برگ بود.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (اواخر شهریور)، پس از حذف اثر حاشیه‌ای تعداد پنج بوته از خط دوم هر کرت کف بر شده و ارتفاع آن‌ها تا انتهای پیچک ساقه اندازه گرفته شد. پس از جدا کردن دانه‌ها از غلاف‌ها و آفتاب خشک کردن آنها، درصد پروتئین دانه‌ها با روش کجلدال (درصد نیتروژن × ۶/۲۵) تعیین گردید (Anonymous, 1984). جهت محاسبه عملکرد دانه از خط سوم هر کرت و پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط و از ۳ متر طولی (معادل ۱/۵ مترمربع) تمامی بوته‌ها برداشت، دانه‌ها از غلاف‌ها جدا و آفتاب خشک شدند سپس عملکرد دانه هر کرت تعیین گردید. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

نتایج و بحث

محتوی آب نسبی

جدول ۱ نشان داد که اثر تنش خشکی، کاربرد براسینولید و هم‌چنین برهمکنش این دو عامل بر محتوی آب نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در این آزمایش، تنش خشکی محتوی آب نسبی برگ‌های لوبیا چشم بلبلی را در مقایسه با شرایط عدم تنش ۲۶/۴٪ کاهش داد، با این وجود کاربرد براسینولید در هر دو شرایط آبی، محتوی آب نسبی را بهبود بخشید. بیش‌ترین اثر از تیمار برگ‌پاشی براسینولید با غلظت دو میکرومولار حاصل شد. در شرایط عدم تنش و وجود تنش، این تیمار نسبت به تیمار شاهد محتوی آب نسبی را به‌ترتیب معادل ۸/۷٪ و ۲۲/۴٪ افزایش داد به بیان دیگر اثر براسینولید در افزایش محتوی آب نسبی تحت تنش خشکی چشم‌گیرتر از شرایط عدم تنش بود (جدول ۲). محتوی آب نسبی معیاری جهت سنجش وضعیت آب گیاه است که نشان‌دهنده فعالیت متابولیکی بافت‌ها می‌باشد و از آن به‌عنوان شاخصی برای شناسایی و تمایز لگوم‌های متحمل به آب کشیدگی استفاده می‌شود (Sinclair and Ludlow, 1986). محتوی آب نسبی برگ با جذب آب توسط ریشه‌ها و هم‌چنین اتلاف آب در اثر تعرق مرتبط است. کاهش محتوی آب نسبی برگ در بسیاری از گیاهان در اثر تنش خشکی روی می‌دهد (Nayyar and Gupta, 2006). در تحقیق حاضر، تنش خشکی محتوی آب نسبی را کاهش داد. از سوی دیگر در هر دو شرایط آبی، کاربرد براسینولید میزان این صفت را افزایش داد. هم راستا با نتایج طرح حاضر، Sairam (۱۹۹۴) گزارش کرد که کاربرد براسینولید به‌طور معنی‌داری محتوی آب نسبی دو رقم گندم را تحت شرایط عدم تنش و وجود تنش خشکی افزایش داد که این امر به افزایش جذب آب در بوته‌های تیمار شده مرتبط بود. هم‌چنین Anjum و همکاران (a ۲۰۱۱) دریافتند که تنش خشکی موجب کاهش محتوی آب نسبی برگ‌های ذرت شد ولی کاربرد براسینولید باعث بهبود محتوی آب نسبی در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید. از سوی دیگر، تحت تنش شدید خشکی، محتوی آب برگ و پتانسیل آب گیاهچه‌های *Robinia pseudoacacia* تیمار شده با ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر براسینولید به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمار شاهد بود. افزایش محتوی آب مربوط به کاهش تلفات آب گیاهچه‌ها در اثر تعرق بود (Li *et al.,* 2008). در پژوهش حاضر نیز تیمار براسینولید در شرایط تنش خشکی موجب کاهش (البته غیرمعنی‌دار) هدایت روزنه‌ای گردید که نشان‌دهنده کاهش تعرق و حفظ آب برگ می‌باشد. نتایج سایر تحقیقات نیز بیان‌گر افزایش محتوی آب نسبی خیار، *Xanthoceras sorbifolia* و *Chorispora bungeana* تحت تنش خشکی و گوجه فرنگی تحت تنش کادمیوم در اثر کاربرد براسینولید است (Pustovoitova *et al.,* 2001; Li and Feng, 2011; Li *et al.,* 2012; Hayat *et al.,* 2012).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

جدول ۱: خلاصه تجزیه واریانس محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت اثر خشکی و کاربرد براسینولید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		محتوی آب نسبی	هدایت روزنه‌ای	شاخص سطح برگ	پروتئین دانه	ارتفاع بوته	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۷۸^{ns}	۱۹۲/۰ ^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱/۹۱^{ns}	۰/۹^{ns}	۷۸۷۶۵/۶۳^{ns}
خشکی	۱	۲۶۰۶/۶۲ **	۴۵۱/۹۴ **	۷/۶۳ **	۳۴۸/۲۹ **	۲۳۶۶۰/۲۰۸ **	۲۲۶۲۷۰۳۰/۵ **
خطای **a**	۲	۰/۲۳	۵۷/۷۲	۰/۰۰۳	۱/۶۳	۰/۳۱	۸۸۳۷۱/۲۳
براسینولید	۴	۱۱۱/۲۶ **	۳/۶۵ ^{ns}	۱/۱۲ **	۴۴/۲۵ **	۱۱۰۷/۶۳ **	۶۹۷۷۴۰۵/۹۱ **
خشکی × براسینولید	۴	۱۰/۴۴ **	۱۵/۹۸**	۰/۱ **	۷/۳۷^{ns}	۴۵۹/۵۰۸ **	۸۰۶۳۱۵/۷۸ **
خطای **b**	۱۶	۰/۴۷	۹/۸۶	۰/۰۰۱	۳/۸۰	۰/۲۶	۷۴۲۸۹/۶
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۸۳	۱۲/۳۰	۰/۹	۷/۹۰	۰/۳۹	۸/۲۱

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

هدایت روزنه‌ای

اثر تنش خشکی و هم‌چنین برهمکنش تنش خشکی و کاربرد براسینولید بر هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثر کاربرد براسینولید بر این صفت معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۱). تنش خشکی، هدایت روزنه‌ای برگ‌های لوبیا چشم بلبلی را در مقایسه با شرایط عدم تنش معادل ۳۴٪ کاهش داد. با این وجود، کاربرد براسینولید در شرایط عدم تنش، هدایت روزنه‌ای را نسبت به شاهد افزایش داد که البته این افزایش معنی‌دار نبود. هم‌چنین تیمار براسینولید در شرایط تنش خشکی، هدایت روزنه‌ای را در مقایسه با شاهد کاهش داد که البته این کاهش نیز معنی‌دار نبود. به بیان دیگر در شرایط عدم تنش، کاربرد براسینولید با افزایش هدایت روزنه‌ای به بالابردن فتوسنتز کمک کرد در حالی‌که در شرایط تنش، با کاهش هدایت روزنه‌ای در حفظ آب گیاه و اجتناب از تنش نقش داشت (جدول ۲). روزنه‌ها منافذ اتلاف آب و نیز جذب CO_2 هستند. یکی از اولین واکنش‌های گیاه به تنش خشکی بسته شدن روزنه‌ها است که سرعت فتوسنتز را نیز کاهش می‌دهد (Anjum *et al.,* 2011 b). بیش از ۹۹ درصد آب جذب شده توسط ریشه‌های گیاه از طریق تعرق و به‌ویژه توسط روزنه‌های برگ از دست می‌رود. تحت تنش آبی، گیاهان سعی می‌کنند محتوی آب خود را با کاهش هدایت روزنه‌ای حفظ کنند. تیمار گیاه *Robinia pseudoacacia* با ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر براسینولید سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای را به‌طور مشخصی در گیاهچه‌های تحت تنش آبی کاهش داد (Li *et al.,* 2008). Qayyum و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که سرعت تعرق و هدایت روزنه‌ای برگ‌های گندم در دو سطح کاربرد اپی براسینولید تحت شرایط شوری و عدم شوری کاهش یافت. از سوی دیگر تنش خشکی موجب کاهش هدایت روزنه‌ای ذرت شد ولی کاربرد براسینولید باعث بهبود هدایت روزنه‌ای در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید اگرچه این افزایش معنی‌دار نبود (Anjum *et al.,* 2011 a). نتایج بعضاً متضاد در خصوص نقش براسینولید در هدایت روزنه‌ای نشان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

می‌دهند که اثر این تنظیم‌کننده رشد بر هدایت روزنه‌ای به شدت بستگی به گونه گیاهی، نوع و شدت تنش و هم‌چنین غلظت و روش کاربرد آن دارد.

جدول ۲ : مقایسه میانگین محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت اثر خشکی و کاربرد براسینولید

تیمار (خشکی × براسینولید)	محتوی آب نسبی (درصد)	هدایت روزنه‌ای (میلی مول بر مترمربع برگ بر ثانیه)	شاخص سطح برگ	پروتئین دانه (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
عدم تنش × عدم کاربرد (شاهد)	۸۶/۵۹d	۲۸/۴۱a	۳/۵۶c	۲۲/۴۰c	۱۵۴/۳b	۲۳۳/۰d
عدم تنش × ۲ میکرومولار خیساندن	۸۹/۸۵c	۲۹/۶۹a	۴/۰۶b	۲۳/۱۰c	۱۵۷/۰ab	۲۴۸/۶c
عدم تنش × ۴ میکرومولار خیساندن	۹۳/۰۷ab	۳۰/۶۵a	۴/۱۹a	۲۴/۵۷bc	۱۶۳/۳a	۲۶۵/۸b
عدم تنش × ۲ میکرومولار برگپاشی	۹۴/۱۱a	۳۰/۷۵a	۴/۳۴a	۲۴/۹۶bc	۱۶۸/۰a	۲۸۰/۲a
عدم تنش × ۴ میکرومولار برگپاشی	۹۲/۲۳b	۳۰/۵۹a	۴/۰۰b	۲۲/۸۰c	۱۵۹/۲ab	۲۶۲/۹b
خشکی × عدم کاربرد	۶۳/۷۵h	۱۸/۷۲b	۲/۴۰g	۲۶/۱۳b	۸۶/۲f	۱۳۴/۹h
خشکی × ۲ میکرومولار خیساندن	۷۰/۴۵g	۱۸/۱۰b	۲/۷۱f	۲۷/۱۷ab	۹۸/۴e	۱۴۵/۱g
خشکی × ۴ میکرومولار خیساندن	۷۵/۴۰f	۱۷/۵۴b	۳/۲۰d	۲۹/۶۴a	۱۲۳/۱d	۱۶۳/۵f
خشکی × ۲ میکرومولار برگپاشی	۷۸/۰۶e	۱۷/۱۰b	۳/۳۲d	۳۰/۴۲a	۱۳۲/۵c	۱۷۴/۶e
خشکی × ۴ میکرومولار برگپاشی	۷۴/۹۸f	۱۶/۲۹b	۲/۸۹e	۲۷/۱۵ab	۹۹/۳e	۱۶۰/۸f

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

شاخص سطح برگ

همان‌گونه که در جدول ۱ مشخص است اثر تنش خشکی، کاربرد براسینولید و هم‌چنین برهمکنش آن‌ها بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اعمال خشکی، شاخص سطح برگ لوبیا چشم بلبلی را در مقایسه با عدم تنش ۳۳٪ کاهش داد. با این وجود، کاربرد براسینولید در هر دو شرایط آبی، شاخص سطح برگ را افزایش داد. بیش‌ترین اثر از تیمار برگ‌پاشی براسینولید با غلظت دو میکرومولار حاصل شد. در شرایط عدم تنش و وجود تنش، این تیمار نسبت به تیمار شاهد شاخص سطح برگ را به‌ترتیب معادل ۲۲٪ و ۳۸٪ افزایش داد. این امر نشان داد که اثر کاربرد براسینولید در بهبود محتوی آب نسبی برگ‌های لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش دارای شیب نسبتاً تندتری بود. این موضوع در حقیقت نشان‌دهنده برهمکنش معنی‌داری است که بین دو عامل تنش خشکی و کاربرد براسینولید وجود داشت. البته تیمار فوق با تیمار خیساندن بذور در براسینولید با غلظت چهار میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). اجتناب از تنش خشکی معمولا از طریق تغییراتی در گیاه از قبیل کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش سطح برگ، توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی حاصل می‌شود (Levitt, 1980). به منظور فتوسنتز و تولید ماده خشک، گسترش متعادل سطح برگ ضروری است. در بسیاری از گونه‌های گیاهی اصولاً تنش آبی، رشد و سطح برگ را کاهش می‌دهد (Jaleel *et al.*, 2009). مشاهدات ما نشان داد که تنش خشکی، شاخص سطح برگ را کاهش داد. با این حال، در هر دو شرایط آبی، کاربرد براسینولید میزان این صفت را افزایش داد. افزایش شاخص سطح برگ در اثر تیمار براسینولید ممکن است به فعالیت بافت‌های مریستمی گیاه و افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها نسبت داده شود که در نهایت

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

سطح فتوسنتزکننده را افزایش می‌دهد (Prakash *et al.,* 2008). مشابه یافته‌های ما، Sairam (۱۹۹۴) گزارش نمود که در دو رقم گندم، تیمار با براسینولید سطح برگ و زیست‌توده را در مرحله لقاح به‌طور معنی‌داری تحت شرایط تنش و عدم تنش خشکی افزایش داد. سطح برگ بالاتر به دلیل تأخیر در زوال و ریزش برگ بود. افزایش سطح برگ در اثر کاربرد براسینولید با توانایی گیاه در جذب بیش‌تر نور و در نتیجه بهبود کارایی فتوسنتز مرتبط است. این امر نشان‌دهنده اثر مثبت براسینولید بر تقسیم سلولی و در نتیجه اندازه برگ، آناتومی برگ و تعداد روزنه‌ها است (Yu *et al.,* 2004). هم‌چنین Anjum و همکاران (a ۲۰۱۱) مشاهده کردند که تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ بوته‌های ذرت شد ولی کاربرد براسینولید باعث بهبود سطح برگ در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید. نتایج سایر مطالعات نیز بیان‌گر افزایش سطح برگ خیار، گوجه فرنگی، ماش و لوبیا چشم بلبلی در اثر تیمار با براسینولید است (Yu *et al.,* 2004; Hayat *et al.,* 2012; Sengupta *et al.,* 2011; Asha and Lingakumar, 2015).

درصد پروتئین دانه

اثر تنش خشکی و کاربرد براسینولید بر محتوی پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۱). درصد پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی در اثر تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش معادل ۱۷ درصد افزایش یافت. با این وجود، کاربرد براسینولید در هر دو شرایط آبی، درصد پروتئین دانه را بالاتر برد. بیش‌ترین اثر از تیمار برگ‌پاشی براسینولید با غلظت دو میکرومولار حاصل شد. در شرایط عدم تنش و وجود تنش، این تیمار نسبت به تیمار شاهد درصد پروتئین دانه را به‌ترتیب معادل ۱۱/۵ و ۱۶/۵ درصد افزایش داد. البته این تیمار با تیمار خیساندن بذور در براسینولید با غلظت چهار میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). تحت تنش خشکی، به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، از انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها کاسته شده و ذخیره نشاسته در آن‌ها کاهش می‌یابد که این امر موجب کوچک شدن دانه‌ها و افزایش درصد پروتئین می‌گردد. ضمن اینکه در شرایط تنش، گیاه با ساخت پروتئین‌های متحمل به تنش، میزان پروتئین‌های محلول خود را نیز افزایش می‌دهد (De-Mejia *et al.,* 2003). در تحقیق حاضر، تنش خشکی محتوی پروتئین دانه‌ها را افزایش داد. از سوی دیگر در هر دو شرایط آبی، کاربرد براسینولید میزان این صفت را باز هم بالاتر برد. افزایش میزان پروتئین‌های محلول به دلیل کاربرد براسینولید به علت افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در سوخت و ساز نیتروژن است (Syed Ali Fathima *et al.,* 2011). هم‌چنین کاربرد براسینولید علاوه بر اثر بر فعالیت‌های متابولیکی مختلف، جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن را افزایش داده که این امر منجر به افزایش ساخت پروتئین، رشد و در نهایت عملکرد می‌شود (Sairam, 1994). از سوی دیگر Li و Feng (۲۰۱۱) گزارش کردند که تیمار گیاه *Xanthoceras sorbifolia* با براسینولید موجب افزایش محتوی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

پروتئین و پرولین شد که این امر به منظور محافظت گیاه از خسارت خشکی رخ داد. افزایش میزان پروتئین‌های محلول در اثر تیمار با براسینولید در خیار، لوبیا چشم بلبلی و ماش نیز گزارش شده است (Yu *et al.,* 2004; Asha and Lingakumar, 2015; Sana and Rahman, 2014).

ارتفاع بوته

جدول ۱ نشان داد که اثر تنش خشکی، کاربرد براسینولید و هم‌چنین برهمکنش این دو عامل بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در این تحقیق، تنش خشکی ارتفاع بوته لوبیا چشم بلبلی را در مقایسه با شرایط عدم تنش ۴۴ درصد کاهش داد. با این وجود، کاربرد براسینولید در هر دو شرایط آبی، ارتفاع بوته را افزایش داد. بیش‌ترین اثر از تیمار برگ‌پاشی براسینولید با غلظت دو میکرومولار حاصل شد. در شرایط عدم تنش و وجود تنش، این تیمار نسبت به تیمار شاهد ارتفاع بوته را به‌ترتیب معادل ۹ و ۵۴ درصد افزایش داد. به عبارت دیگر نقش براسینولید در افزایش ارتفاع بوته در شرایط تنش بسیار مشخص‌تر بود (جدول ۲). رشد سلول یکی از حساس‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیکی به خشکی است که دلیل آن کاهش فشار آماس سلولی است. رشد نتیجه تولید سلول‌های دختری توسط تقسیم سلول‌های مریستمی و به دنبال آن بزرگ شدن سلول‌های جوان است. تحت تنش شدید آبی، طویل شدن سلول‌های گیاهان عالی می‌تواند در اثر اختلال در جریان آب از آوندهای چوب به سلول‌های در حال طویل شدن متوقف گردد. خشکی موجب مختل شدن میتوز، طویل و حجیم شدن سلول و در نتیجه کاهش رشد از جمله ارتفاع ساقه می‌شود (Anjum *et al.,* 2011 b). مشاهدات ما نشان داد که، تنش خشکی ارتفاع بوته را کاهش داد، اما در هر دو شرایط آبی، کاربرد براسینولید میزان این صفت را افزایش داد. براسینو استرویید‌ها طیف وسیعی از واکنش‌ها از قبیل تحریک رشد طولی بافت‌های جوان از طریق تقسیم و طویل شدن سلولی و هم‌چنین تمایز آوندی را القا می‌کنند که فرآیند نموی مهمی برای رشد گیاه محسوب می‌شود (Asha and Lingakumar, 2015). Anjum و همکاران (a ۲۰۱۱) بیان کردند که اعمال خشکی در مرحله ظهور گل‌های نر ذرت به شدت رشد گیاه را از نظر ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد بلال و وزن تر و خشک کاهش داد که این امر به میزان زیادی مربوط به اختلال در روابط آبی و تبادلات گازی برگ بود. با این وجود، کاربرد براسینولید موجب بهبود رشد در شرایط تنش گردید. این تحریک رشد به بهبود انتقال مواد فتوسنتزی که منجر به افزایش اجزای عملکرد، وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه شد نسبت داده می‌شود. در تحقیق دیگری، دو مرحله برگ‌پاشی براسینولید در مراحل غنچه‌دهی و گل‌دهی آفتابگردان به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته را در مقایسه با یک مرحله برگ‌پاشی افزایش داد. افزایش ارتفاع بوته مربوط به اثر مثبت براسینولید بر بافت‌های مریستمی گیاه و افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها بود (Bera *et al.,* 2014). هم‌چنین برگ‌پاشی با براسینولید موجب افزایش ارتفاع بوته و سطح برگ‌های ماش گردید که این امر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

مربوط به افزایش تقسیم و طویل شدن سلول ها بود (Sana and Rahman, 2014). Sengupta و همکاران (۲۰۱۱) نیز اظهار کردند که برگ‌پاشی با براسینولید موجب افزایش ارتفاع بوته ماش گردید که این امر به افزایش بیوسنتز اکسین و جیبرلین توسط براسینولید نسبت داده شد. در تحقیق دیگری کاربرد براسینولید به‌ویژه با غلظت 10^{-8} مولار، موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد شاخه‌های فرعی، ارتفاع و قطر ساقه گیاه مرزه تحت تنش خشکی گردید که از این طریق اثر سوء تنش را کاهش داد (Eskandari, 2011). سایر محققین نیز افزایش ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی و *Robinia pseudoacacia* را تحت اثر تیمار با براسینولید گزارش نموده‌اند (Asha and Lingakumar, 2015; Li *et al.*, 2008).

عملکرد دانه

اثر تنش خشکی، کاربرد براسینولید و برهمکنش این دو عامل بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش خشکی عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی را در مقایسه با شرایط عدم تنش معادل ۴۲ درصد کاهش داد. با این وجود، کاربرد براسینولید در هر دو شرایط آبی، عملکرد دانه را افزایش داد. بیش‌ترین اثر از تیمار برگ‌پاشی براسینولید با غلظت دو میکرومولار حاصل شد. در شرایط عدم تنش و وجود تنش، این تیمار نسبت به تیمار شاهد عملکرد دانه را به‌ترتیب معادل ۲۰ و ۲۹ درصد افزایش داد (جدول ۲). اگرچه لوبیا چشم بلبلی جزو گیاهان متحمل به کم‌آبی است با این وجود، تنش شدید آبی به‌ویژه در مراحل گل‌دهی و پر شدن غلاف‌ها عملکرد آن را کاهش می‌دهد. افت عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی به کاهش اجزای عملکرد شامل تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه‌ها نسبت داده شده است (Ahmed and Suliman, 2010; Abayomi and Abidoye, 2009). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنش خشکی عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی را کاهش داد. با این حال، در هر دو شرایط آبی، کاربرد براسینولید عملکرد را افزایش داد. Sengupta و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که برگ‌پاشی با براسینولید موجب افزایش عملکرد دانه ماش گردید که این امر مربوط به بهبود اجزای عملکرد بود. هم‌چنین Kamal و همکاران (۱۹۹۵) دریافتند که افزایش عملکرد سویا در اثر کاربرد براسینولید در مرحله گل‌دهی در درجه اول مربوط به افزایش تعداد دانه و غلاف از طریق افزایش تعداد گره‌های بارور و تعداد غلاف در هر گره بارور بود. در آزمایش دیگری دو بار برگ‌پاشی با براسینولید در مقایسه با یک مرحله برگ‌پاشی، عملکرد دانه آفتابگردان را ۲۵/۹ درصد افزایش داد. افزایش عملکرد ممکن است به دلیل راندمان فتوشیمیایی بالاتر از نظر واکنش هیل و جذب CO_2 باشد که به افزایش تجمع رنگدانه‌های فتوسنتزی به‌ویژه کلروفیل و محتوی بیش‌تر پروتئین‌های محلول نسبت داده می‌شود (Bera *et al.*, 2014). Anjum و همکاران (a ۲۰۱۱) نیز بیان کردند که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه ذرت شد ولی کاربرد براسینولید باعث بهبود عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و عدم تنش گردید. در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

آزمایش صورت گرفته توسط Sairam (۱۹۹۴) مشخص شد که کاربرد براسینولید باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و اجزای آن از قبیل تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در دو رقم گندم تحت شرایط خشکی و عدم خشکی گردید. غلظت ۰/۰۵ پی‌پی‌ام به‌صورت بذرمال و یا برگ‌پاشی بهترین نتیجه را داشت. اثر مفید براسینولید از نظر افزایش فعالیت‌های متابولیکی و عملکرد دانه تحت تنش آبی، به دلیل افزایش پایداری غشاء و یا ساخت پروتئین‌های ویژه متحمل به تنش بود. علاوه بر این‌ها، براسینولید باعث بهبود جذب آب و مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن شد که موجب افزایش ساخت پروتئین، رشد و در نهایت عملکرد گردید. Ramraj و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش کردند که برگ‌پاشی با براسینولید موجب افزایش عملکرد دانه گندم، برنج، خردل و پنبه، عملکرد غلاف بادام زمینی و عملکرد غده سیب زمینی گردید. آن‌ها هم‌چنین بیان کردند که بهبود عملکرد بستگی به گونه گیاهی، غلظت براسینولید و مراحل و زمان کاربرد آن داشت.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی موجب کاهش محتوی آب نسبی، هدایت روزنه‌ای، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی گردید اما درصد پروتئین دانه را افزایش داد. با این وجود، تیمار با براسینولید به‌ویژه برگ‌پاشی آن با غلظت دو میکرومولار، باعث افزایش محتوی آب نسبی، شاخص سطح برگ، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه در هر دو شرایط عدم تنش و وجود تنش شد. ضمن اینکه هدایت روزنه‌ای را در شرایط عدم تنش افزایش و در شرایط وجود تنش کاهش داد که البته این تغییرات معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد براسینولید از طریق بهبود محتوی آب نسبی، شاخص سطح برگ، ساخت پروتئین و تغییر در هدایت روزنه‌ای موجب بهبود رشد، ارتفاع بوته و عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط تنش و عدم تنش گردید. بنابراین می‌توان از برگ‌پاشی براسینولید به‌عنوان روشی جهت بهبود رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط تنش خشکی و عدم تنش استفاده نمود.

منابع

Abayomi, Y.A. and Abidoye, T.O. 2009. Evaluation of cowpea genotypes for soil moisture stress tolerance under screen house conditions. African Journal of Plant Science 3 (10): 229-237.

Ahmed, F.E. and Suliman, A.S.H. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of Cowpea. Agriculture and Biology Journal of North America 1 (4): 534-540.

Anjum, S.A., Wang, L.C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L.L. and Zou, C.M. 2011 a. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. Journal of Agronomy and Crop Science 197: 177-185.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

Anjum, S.A., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C. and Lei, W. 2011 b. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research 6 (9): 2026-2032.

Anonymous, 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 14th ed. Washington DC. USA. ISBN: 0-935584-24-2.

Asha, A. and Lingakumar, K. 2015. Effect of 24-epibrassinollide on the morphological and biochemical constitutions *Vigna unguiculata* (L.) seedlings. Indian Journal of Scientific Research and Technology 3 (1): 35-39.

Bera, A.K., Pramanik, k. and Mandal, B. 2014. Response of biofertilizers and homobrassinolideon growth, yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.). African Journal of Agricultural Research 9 (48): 3494-3503.

De-Mejia, E.G., Martinez-Resendiz, V., Castano-Tostado, E. and Loarca-Pina G. 2003. Effect of drought on polyamine metabolism, yield, protein content and in vitro protein digestibility in tepary (*Phaseolus acutifolius*) and common (*Phaseolus vulgaris*) bean seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture 83: 1022-1030.

Eskandari, M. 2011. The effect of 28-Homobrassinolid in reducing the effects of drought in savory herbs. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 3 (11): 183-187.

Farooq, M., Wahid, A., Basra, S.M.A. and Din, I.U. 2009. Improving water relations and gas exchange with brassinosteroids in rice under drought stress. Journal of Agronomy and Crop Science 195: 262-269.

Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Soaking-seeds of *Lens culinaris* with 28-homobrassinolide increased nitrate reductase activity and grain yield in the field in India. Annals of Applied Biology 143: 121-124.

Hayat, S., Alyemeni, M.N. and Hasan, S.A. 2012. Foliar spray of brassinosteroid enhances yield and quality of *Solanum lycopersicum* under cadmium stress. Saudi Journal of Biological Sciences 19: 325-335.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100-105.

Kamal, M., Takahashi, H., Mikoshiba, H. and Ota, Y. 1995. Analysis of soybean yield components as affected by plant growth regulators applied at flowering stages. Japanese Journal of Tropical Agriculture 39: 184-189.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stress: chilling, freezing and high temperature stresses. 2nd ed. New York, Academic Press.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

Li, K.R., Wang, H.H., Han, G., Wang, Q.J. and Fan, J. 2008. Effects of brassinolide on the survival, growth and drought resistance of *Robinia pseudoacacia* seedlings under water-stress. New Forests 35: 255-266.

Li, K.R. and Feng, C.H. 2011. Effects of brassinolide on drought resistance of *Xanthoceras sorbifolia* seedlings under water stress. Acta Physiologiae Plantarum 33: 1293-1300.

Li, Y.H., Liu, Y.J., Xu, X.L., Jin, M., An, L.Z. and Zhang, H. 2012. Effect of 24-epibrassinolide on drought stress-induced changes in *Chorispora bungeana.* Biologia Plantarum 56 (1): 192-196.

Nayyar, H. and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany 58: 106-113.

Prakash, M., Suganthi, S., Gokulakrishnan, J. and Sabesan, T. 2008. Effect of homobrassinolide on growth, physiology and biochemical aspects of sesame. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 20 (1): 110-112.

Pustovoitova, T.N., Zhdanova, N.E. and Zholkevich, V.N. 2001. Epibrassinolide increases plant drought resistance. Doklady Biochemistry and Biophysics 376: 36-38.

Qayyum, B., Shahbaz, M. And Akram, N.A. 2007. Interactive effect of foliar application of 24-epibrassinolide and root zone salinity on morpho-physiological attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture and Biology 9 (4): 584-589.

Ramraj, V.M., Vyas, B.N., Godrej, N.B., Mistry, K.B., Swami, B.N. and Singh, N. 1997. Effects of 28-homobrassinolide on yields of wheat, rice, groundnut, mustard, potato and cotton. The Journal of Agricultural Science 128: 406-413.

Sairam, R.K. 1994. Effect of homobrassinolide application on plant metabolism and grain yield under irrigated and moisture stress conditions of two wheat varieties. Plant Growth Regulation 14: 173-181.

Sana, N.H. and Rahman, A. 2014. Comparative changes in metabolism of vigna radiate by foliar and root application of brassinolide at different concentrations. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 6 (5): 56-65.

Sengupta, K., Banik, N.C., Bhui, S. and Mitra, S. 2011. Effect of brassinolide on growth and yield of summer green gram crop. Journal of Crop and Weed 7 (2): 152-154.

Sinclair, T.R. and Ludlow, M.M. 1986. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. Australian Journal of Plant Physiology 13: 329-341.

Syed Ali Fathima, M., Johnson, M. and Lingakumar, K. 2011. Effect of Crude Brassinosteroid Extract on Growth and Biochemical Changes of *Gosssypium hirsutum* L. and *Vigna mungo* L. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 7 (4): 324-334.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]

Wang, W., Vinocur, B. and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta 218: 1-14.

Yu, J.Q., Huang, L.F., Hu, W.H., Zhou, Y.H., Mao, W.H., Ye, S.F. and Nogues, S. 2004. A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. Journal of Experimental Botany 55: 1135-1143.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-06-08]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.4.1]