



اثر روش‌های مختلف کاربرد اسید جاسمونیک در تحمل به خشکی ماش (*Vigna radiata* L.)

فرشته لطیفی ممقانی^۱، امید صادقی پور^{۲*}، علیرضا پاک‌کی^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۱

چکیده

جهت بررسی اثر روش‌های مختلف کاربرد اسید جاسمونیک در تحمل به خشکی ماش رقم پرتو آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری واقع در جنوب تهران انجام شد. این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل دو سطح آبیاری (آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب به عنوان شرایط نرمال و تنش خشکی) و کرت‌های فرعی نیز شامل پنج سطح کاربرد اسید جاسمونیک (شاهد، خیساندن بذور در اسید جاسمونیک ۲۰ میلی‌مولار، خیساندن بذور در اسید جاسمونیک ۴۰ میلی‌مولار، محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با اسید جاسمونیک ۲۰ میلی‌مولار و محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با اسید جاسمونیک ۴۰ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری موجب کاهش شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، شاخص سبزی‌نگی، محتوی نسبی آب، زیست توده و عملکرد دانه ماش گردید. با این وجود، کاربرد اسید جاسمونیک موجب بهبود صفات فوق در هر دو شرایط نرمال و تنش شد. در بین تیمارهای کاربرد اسید جاسمونیک، محلول‌پاشی با غلظت ۴۰ میلی‌مولار موثرتر بود اگرچه با تیمار محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به این یافته‌ها، می‌توان محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید جاسمونیک در مراحل رویشی و غنچه‌دهی را به عنوان تیماری موثر در افزایش تحمل به تنش خشکی ماش پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: خشکی، جاسمونات‌ها، شاخص سبزی‌نگی، هدایت روزنه‌ای، عملکرد دانه

مقدمه

خشکی معضلی جدی در بسیاری از نواحی دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک است. تنش خشکی دامنه گسترده‌ای از فعالیت‌های گیاهی همچون تقسیم و طویل شدن سلول، روابط آبی و تغذیه‌ای، فتوسنتز، فعالیت آنزیمی، حرکات روزنه، توزیع مواد پرورده، تنفس، رشد و تولید را تحت تاثیر قرار می‌دهد. گیاهان از طریق تغییرات مختلف ظاهری، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی به تنش خشکی واکنش نشان داده و سازگار می‌شوند (Farooq et al., 2009).

اسید جاسمونیک و متیل جاسمونات که مشتقاتی از چربی‌ها هستند و جاسمونات‌ها گفته می‌شوند به عنوان تنظیم‌کننده‌های حیاتی سلولی در طیف وسیعی از فرایندهای نمو گیاه از قبیل جنین-زایی، بازدارنده جوانه‌زنی، نمو گیاهچه، ممانعت از رشد ریشه، تشکیل ریشه‌های نابجا و جانبی، غده‌زایی، جاذبه‌گرایی، حرکت و زوال برگ، باروری و رسیدگی میوه مشارکت دارند. علاوه بر آن، جاسمونات‌ها واکنش‌های دفاعی گیاهان به تنش‌های زیستی و غیر زیستی را نیز تنظیم می‌کنند (Wasternack, 2014; Dar et al., 2015). Azooz et al. (2015) گزارش کردند که کاربرد اسید جاسمونیک روی گیاهچه‌های بامیه به واسطه بهبود وضعیت آبی، بیوسنتز محافظت-کننده‌های اسمزی، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و وضعیت تغذیه‌ای موجب افزایش تحمل به تنش شوری گردید. در پژوهشی

مشخص شد که برگ‌پاشی متیل جاسمونات باعث بهبود تحمل به تنش خشکی در سویا گردید. این امر از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، تجمع پرولین، محتوی نسبی آب و کاهش پراکسیداسیون چربی غشاها صورت گرفت (Anjum et al., 2011). در گیاه گل کلم، کاربرد خارجی متیل جاسمونات با افزایش محتوی کلروفیل، سرعت فتوسنتز خالص، محتوی نسبی آب، سطح اسید ابسیزیک داخلی گیاه، فعال‌سازی سیستم‌های آنتی اکسیدانتی آنزیمی و غیر آنزیمی و همچنین کاهش پراکسیداسیون چربی-ها و پراکسید هیدروژن سبب افزایش تحمل به خشکی شد (Wu et al., 2012). تیمار بذره‌های ذرت با متیل جاسمونات به کمک تشدید ساخت محافظت‌کننده‌های اسمزی، ایندول استیک اسید و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، تحمل بوته‌ها را به تنش خشکی افزایش داد (Abdelgawad et al., 2014).

ماش [Vigna radiata (L.) Wilczek] یکی از مهمترین حبوبات گرمسیری با دوره رشد کوتاه، سازگاری بالا، کیفیت بالای پروتئین، توانایی تثبیت نیتروژن، جلوگیری از فرسایش خاک و مناسب برای نظام‌های مختلف زراعی است. با این وجود، این گیاه به تنش شدید خشکی به ویژه در مرحله زایشی حساس است (Sadeghipour, 2019). تحقیقات بسیار محدودی در خصوص بررسی اثرات روش‌های مختلف کاربرد اسید جاسمونیک در تحمل به تنش خشکی ماش در دسترس است لذا آزمایش حاضر

به این منظور در منطقه شهر ری طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

جهت مقایسه اثرات روش‌ها و غلظت‌های مختلف کاربرد اسید جاسمونیک در تحمل به خشکی ماش رقم پرتو آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۲ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری واقع در کیلومتر ۲۰ آزاد راه تهران-قم با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه و ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا انجام شد. این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل دو سطح آبیاری (آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب به عنوان شرایط نرمال و تنش خشکی) و

کرت‌های فرعی نیز شامل پنج سطح کاربرد اسید جاسمونیک (شاهد یا خیساندن بذور در آب به مدت هشت ساعت، خیساندن بذور در اسید جاسمونیک با غلظت ۲۰ میلی مولار به مدت هشت ساعت، خیساندن بذور در اسید جاسمونیک با غلظت ۴۰ میلی مولار به مدت ۸ ساعت، محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با اسید جاسمونیک با غلظت ۲۰ میلی مولار و محلول‌پاشی در مراحل رویشی و غنچه دهی با اسید جاسمونیک با غلظت ۴۰ میلی مولار) بود. محلول‌پاشی در ساعات اولیه صبح و بدون تابش شدید نور خورشید انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری خاک، نمونه برداری صورت گرفت که برای تعیین خصوصیات خاک به آزمایشگاه ارسال گردید. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایشی

| هدایت الکتریکی (ds/m) | اسیدیته | کربن آلی (%) | نیترژن (%) | فسفر (mg/kg) | پتاس (mg/kg) | بافت خاک |
|-----------------------|---------|--------------|------------|--------------|--------------|----------|
| ۳/۱۰ | ۷/۵۹ | ۲/۱۷ | ۰/۱۹ | ۱۲ | ۳۲۰ | لومی رسی |

هر تکرار دارای دو کرت اصلی که هر یک شامل پنج کرت فرعی و هر کرت فرعی شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر، فاصله هر خط کاشت از هم ۵۰ سانتیمتر و فاصله بین بوته‌ها روی هر خط کاشت ۱۰ سانتیمتر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی از هم یک متر (دو پشته نکاشت) و فاصله بین کرت‌های اصلی از هم دو متر (چهار پشته

نکاشت) بود. شخم عمیق در پاییز سال قبل و شخم متوسط، دیسک و ماله دو هفته قبل از کشت (اواسط خرداد) به منظور خرد کردن کلوخه‌ها و یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه انجام گردید. پس از شخم و قبل از دیسک زدن کودهای مورد نیاز مطابق نتایج آنالیز خاک (۲۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن از منبع اوره، ۱۵۰

کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم) به خاک اضافه شد. در زمان کاشت با فاروئر، جوی و پشته‌هایی به فاصله ۵۰ سانتیمتر از هم احداث گردید. در اواخر خرداد ماه ۱۳۹۲ کاشت با تراکم زیاد روی پشته‌ها انجام گرفت و سپس روی این بذور با مخلوط خاک نرم و ماسه پوشانده شد به طوری که عمق کاشت دو تا سه سانتیمتر گردید. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا زمان تنک کردن بر اساس نیاز گیاه و شرایط محیطی منطقه هر شش روز یکبار انجام شد. بعد از تنک بوته‌ها، آبیاری با توجه به تیمار در نظر گرفته شده برای هر کرت صورت گرفت. در زمان تنک کردن (مرحله دو تا چهار برگ) فاصله بین بوته‌ها با قطع گیاهان اضافی، ۱۰ سانتیمتر شد. برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی طی دوره رشد و با توجه به میزان آلودگی کرت‌های مختلف صورت گرفت. در اواسط گل‌دهی، محتوی نسبی آب، هدایت روزنه‌ای، شاخص سبزیگی و شاخص سطح برگ به شرح ذیل اندازه‌گیری شد. جهت محاسبه محتوی نسبی آب، 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، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار داده

شدند و وزن خشک آنها محاسبه شد. از تقسیم تفاضل وزن تر و خشک بر تفاضل وزن اشباع و خشک محتوی نسبی آب برگها بدست آمد. برای سنجش هدایت روزنه‌ای از دستگاه Portable Leaf Porometer-SC1, Decagon و جهت اندازه‌گیری شاخص سبزیگی نیز از دستگاه Chlorophyll Content Meter-CL01, Hansatech Instruments استفاده گردید. پس از حذف اثر حاشیه‌ای، این صفات از طریق برگهای کاملاً توسعه یافته بوته‌های خط دوم هر کرت در ساعات ۱۱-۱۰ اندازه‌گیری شدند. برای تعیین شاخص سطح برگ، سطح برگ‌های پنج بوته از خط دوم هر کرت پس از حذف حاشیه توسط دستگاه Leaf Area Meter-CI202 اندازه‌گیری شد. با توجه به تراکم ۲۰ بوته در متر مربع، حاصلضرب عدد حاصل در عدد چهار برابر با شاخص سطح برگ بود. در اواسط شهریور و پس از رسیدگی کامل، پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خط سوم هر کرت یعنی سه متر طولی که معادل یک و نیم متر مربع بود تمامی بوته‌ها برداشت شده و پس از هوا خشک شدن و جدا کردن دانه‌ها از غلاف‌ها عملکرد دانه تعیین گردید. سپس سایر بخش‌های بوته‌ها به علاوه دانه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و میزان زیست توده تعیین گردید. در نهایت داده‌های حاصل توسط نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها بوسیله آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده ماش تحت تاثیر تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|--------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | | شاخص سطح برگ | هدایت روزنه‌ای | شاخص سبزی‌نگی | محتوی نسبی آب | زیست توده عملکرد دانه |
| تکرار | ۲ | ۰/۰۰۶ ^{ns} | ۳۶/۴۲* | ۳/۹۸* | ۱/۴۳ ^{ns} | ۶۳/۳۸ ^{ns} |
| تنش خشکی | ۱ | ۴/۶۱** | ۴۲۹۰/۰۵** | ۱۰۴۶/۷۷** | ۲۷۰۷/۵۰** | ۳۷۸۳۹/۸۴** |
| خطای اصلی | ۲ | ۰/۰۳۲ | ۳/۳۷ | ۱/۷۸ | ۱۰/۳۰ | ۱۱۱/۵۶ |
| اسید جاسمونیک | ۴ | ۰/۲۰** | ۱۳۵/۵۷** | ۲۳/۹۳** | ۱۰۱/۳۶** | ۲۲۶۸/۸۶** |
| تنش خشکی × اسید جاسمونیک | ۴ | ۰/۰۰۱ ^{ns} | ۲۰/۶۵ ^{ns} | ۱۲/۷۴** | ۹/۰۰ ^{ns} | ۴۵/۸۱ ^{ns} |
| خطای فرعی | ۱۶ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۹ | ۱/۰۲ | ۸/۹۰ | ۹۸/۷۷ |
| ضریب تغییرات (/) | - | ۹/۸۷ | ۶/۰۸ | ۳/۳۹ | ۴/۵۴ | ۱۱/۶۷ |

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک بر صفات اندازه گیری شده ماش

| تیمار | شاخص سطح برگ | هدایت روزنه‌ای (میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه) | شاخص سبزینگی (اسپد) | محتوی نسبی آب (%) | زیست توده (گرم بر متر مربع) | عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) |
|----------------------|--------------|---|---------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <u>آبیاری</u> | | | | | | |
| عدم تنش | ۲/۲۱ a | ۶۲/۲۹ a | ۳۶/۵۹ a | ۸۸/۴۶ a | ۳۵۳/۷۹ a | ۱۴۱/۰۰ a |
| تنش خشکی | ۱/۴۳ b | ۳۸/۳۷ b | ۲۴/۷۸ b | ۶۹/۴۶ b | ۲۰۰/۳۵ b | ۶۹/۹۷ b |
| <u>اسید جاسمونیک</u> | | | | | | |
| JA0 | ۱/۵۸ c | ۴۴/۰۵ b | ۲۸/۱۵ c | ۷۲/۸۳ c | ۲۷۰/۹۴ d | ۷۵/۰۱ c |
| JA1 | ۱/۷۱ c | ۴۶/۷۲ b | ۲۹/۳۹ b | ۷۷/۶۶ b | ۳۲۱/۴۱ b | ۱۰۱/۷۹ b |
| JA2 | ۱/۸۰ bc | ۵۲/۰۸ a | ۳۰/۶۲ b | ۷۹/۰۰ ab | ۳۳۴/۳۳ bc | ۱۰۷/۹۲ b |
| JA3 | ۱/۹۶ ab | ۵۳/۴۶ a | ۳۲/۲۱ a | ۸۲/۰۰ ab | ۳۴۷/۵۳ ab | ۱۱۵/۸۳ ab |
| JA4 | ۲/۰۴ a | ۵۵/۳۳ a | ۳۳/۰۴ a | ۸۳/۳۳ a | ۳۶۱/۲۰ a | ۱۲۶/۸۷ a |

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

JA0 = عدم خیساندن بذور در اسید جاسمونیک، JA1 = خیساندن بذور در اسید جاسمونیک ۲۰ میلی‌مولار، JA2 = خیساندن بذور در اسید جاسمونیک ۴۰ میلی‌مولار، JA3 = محلول پاشی با اسید جاسمونیک ۲۰ میلی‌مولار، JA4 = محلول پاشی با اسید جاسمونیک ۴۰ میلی‌مولار.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک بر صفات اندازه‌گیری شده ماش

| تیمار | شاخص سطح برگ | هدایت روزنه‌ای (میکرو مول بر متر مربع بر ثانیه) | شاخص سبزیگی (اسید) | محتوی نسبی آب (%) | زیست توده (گرم بر متر مربع) | عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) |
|-------|--------------|---|-----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| IOJA0 | ۱/۹۶ bc | ۵۳/۶۰ b | ۳۵/۷۰ a | ۸۴/۰۰ b | ۳۲۱/۴۶ cde | ۱۰۶/۹۸ c |
| IOJA1 | ۲/۱۰ ab | ۵۷/۱۵ b | ۳۶/۲۶ a | ۸۷/۶۶ ab | ۳۴۵/۱۹ bcd | ۱۳۵/۹۶ b |
| IOJA2 | ۲/۱۸ ab | ۶۵/۲۵ a | ۳۶/۹۵ a | ۸۸/۶۶ ab | ۳۵۵/۷۱ abc | ۱۴۳/۳۳ ab |
| IOJA3 | ۲/۳۶ a | ۶۶/۳۳ a | ۳۶/۸۷ a | ۹۰/۶۶ a | ۳۶۵/۸۱ ab | ۱۵۲/۴۸ ab |
| IOJA4 | ۲/۴۶ a | ۶۹/۱۱ a | ۳۷/۱۸ a | ۹۱/۳۳ a | ۳۸۰/۸۲ a | ۱۶۶/۲۴ a |
| I1JA0 | ۱/۲۰ e | ۳۴/۵۰ d | ۲۰/۶۱ d | ۶۱/۶۶ e | ۲۲۰/۴۱ f | ۴۲/۶۲ f |
| I1JA1 | ۱/۳۲ de | ۳۶/۳۰ cd | ۲۲/۵۳ c | ۶۷/۶۶ de | ۲۹۷/۶۲ e | ۶۷/۶۲ e |
| I1JA2 | ۱/۴۳ de | ۳۸/۹۱ cd | ۲۴/۳۰ c | ۶۹/۶۶ cd | ۳۱۲/۹۳ de | ۷۲/۵۱ e |
| I1JA3 | ۱/۵۶ de | ۴۰/۶۰ c | ۲۷/۵۶ b | ۷۳/۳۳ cd | ۳۲۹/۲۵ cde | ۷۹/۱۸ de |
| I1JA4 | ۱/۶۲ cd | ۴۱/۵۵ c | ۲۸/۹۰ b | ۷۵/۳۳ c | ۳۴۱/۵۷ bcd | ۸۷/۴۹ cd |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

I0 = عدم تنش، I1 = تنش خشکی، JA0 = عدم خیساندن بذور در اسید جاسمونیک، JA1 = خیساندن بذور در اسید جاسمونیک ۲۰ میلی‌مولار، JA2 = خیساندن بذور در اسید جاسمونیک ۴۰ میلی‌مولار، JA3 = محلول پاشی با اسید جاسمونیک ۲۰ میلی‌مولار، JA4 = محلول پاشی با اسید جاسمونیک ۴۰ میلی‌مولار.

۴۰ میلی‌مولار آن موثرتر بود، اگرچه با تیمار محلول پاشی ۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). شکوفه‌فر و ابوفتیله نژاد (۱۳۹۲) در بررسی اثر تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد بیولوژیکی ارقام مختلف ماش در دزفول گزارش نمودند که در اثر اعمال تنش خشکی میزان سطح برگ به شدت کاهش یافت. شه‌بخش و جامی‌معین (۱۳۹۳) ضمن مطالعه تأثیر کاربرد اسید جاسمونیک در شرایط تنش شوری بر ذرت بیان نمودند که در اثر کاربرد اسید جاسمونیک شاخص سطح برگ افزایش یافت.

شاخص سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک بر شاخص سطح برگ ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار نبود (جدول ۲). در اثر تنش خشکی، شاخص سطح برگ نسبت به عدم تنش، ۳۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). با این وجود کاربرد اسید جاسمونیک در هر دو شرایط نرمال و تنش موجب بهبود شاخص سطح برگ گردید. در بین تیمارهای کاربرد اسید جاسمونیک، محلول پاشی

هدایت روزه‌ای

اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک بر هدایت روزه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار تشخیص داده نشد (جدول ۲). هدایت روزه‌ای برگ‌های ماش طی تنش خشکی در مقایسه با عدم تنش، معادل ۳۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). از سوی دیگر با کاربرد اسید جاسمونیک، هدایت روزه‌ای در هر دو شرایط آبی افزایش یافت. محلول‌پاشی ۴۰ میلی‌مولار اسید جاسمونیک موثرتر از سایر تیمارهای کاربرد آن بود، اگرچه با تیمار محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). بسته شدن روزه‌ها یکی از اولین واکنش‌های گیاه به تنش خشکی است تا از این طریق تلفات آب را کاهش دهد. این پدیده با میزان رطوبت خاک، وضعیت آبی گیاه و اسید ابسیزیک تولید شده در ریشه‌های در حال آب‌کشیدگی مرتبط است (Chaves *et al.*, 2002). مشابه با یافته‌های آزمایش حاضر، (Sadeghipour (2017) نیز گزارش کرد که کاربرد خارجی متیل جاسمونات تحت تنش شوری موجب افزایش هدایت روزه‌ای در برگ‌های لوبیا چشم بلبلی گردید.

شاخص سبزی‌نگی

براساس داده‌های جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک و همچنین اثرات متقابل این دو بر شاخص سبزی‌نگی برگ‌های ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش خشکی،

شاخص سبزی‌نگی را نسبت به شرایط عدم تنش معادل ۳۲ درصد کاهش داد (جدول ۳). این در حالی است که با کاربرد اسید جاسمونیک، در شرایط تنش بر میزان شاخص سبزی‌نگی افزوده شد، اما در شرایط نرمال تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای اسید جاسمونیک مشاهده نگردید. بین تیمارهای کاربرد اسید جاسمونیک در شرایط تنش، محلول‌پاشی ۴۰ میلی‌مولار موثرتر بود، اگرچه با تیمار محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در بسیاری از گونه‌های گیاهی، طی تنش خشکی، میزان کلروفیل کاهش می‌یابد. این امر به دلیل تخریب کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروفیل‌از، کاهش ساخت کلروفیل و همچنین بیش‌تولید گونه‌های فعال اکسیژن روی می‌دهد (Sheteiwy *et al.*, 2018). نتایج تحقیق حاضر مبنی بر افزایش محتوی کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی در اثر کاربرد اسید جاسمونیک با یافته‌های (Abdelgawad *et al.* (2014) در ذرت و (Mohamed and Latif (2017) در سویا کاملاً مطابقت دارد.

محتوی نسبی آب

اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک بر محتوی نسبی آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۲). با اعمال تنش خشکی، ۲۲ درصد از محتوی نسبی آب در مقایسه با شاهد کاسته شد (جدول ۳). با کاربرد اسید جاسمونیک، به ویژه محلول‌پاشی ۴۰ میلی-

میلار آن در هر دو شرایط نرمال و تنش، محتوی نسبی آب افزایش یافت، اگرچه با تیمار محلول-پاشی ۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). کمیت و کیفیت رشد گیاه وابسته به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول و تمایز سلولی است. این فرایندها به شدت نسبت به تنش خشکی حساس هستند چرا که مستلزم تورژسانس سلولی می‌باشند که در تنش خشکی به شدت کاهش می‌یابد. کاهش تولید ماده خشک در اثر تنش آبی احتمالاً بدلیل کاهش فتوسنتز و فشار تورژسانس است که موجب کاهش تقسیم و توسعه سلول می‌شود (Azooz and Youssef, 2010). در تحقیق حاضر نیز طی تنش خشکی وزن خشک اندام هوایی کاهش یافت. Sadeghipour (2009) نیز بیان داشت که اعمال تنش خشکی در مرحله رویشی و یا زایشی موجب کاهش زیست توده تولیدی ارقام ماش گردید. Abdelgawad *et al.*, (2014) در بررسی تاثیر کاربرد اسید جاسمونیک بر جنبه‌های رشدی ذرت در شرایط تنش خشکی بیان داشتند که کاربرد اسید جاسمونیک منجر به افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی شد. همچنین در تیمارهای کاربرد اسید جاسمونیک نسبت به تیمار شاهد ارتفاع و وزن تر بوته افزایش یافت. Anjum *et al.* (2016) در تحقیقی روی گندم تحت تنش خشکی گزارش نمودند که در اثر کاربرد متیل جاسمونات اثرات سوء ناشی از خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین در تیمارهایی که جاسمونات استفاده شده بود زیست توده، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ و اندازه

مولار آن در هر دو شرایط نرمال و تنش، محتوی نسبی آب افزایش یافت، اگرچه با تیمار محلول-پاشی ۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). محتوی نسبی آب یکی از مهمترین شاخص‌های وضعیت آبی گیاه است که با جذب آب توسط ریشه‌ها و تلفات آب توسط اندام هوایی مرتبط است. این صفت فیزیولوژیکی در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Mohamed and Latif, 2017). جاسمونات‌ها با تحریک هدایت هیدرولیکی ریشه از طریق مسیرهای انتقال پیام کلسیم و اسید ابسیزیک موجب تسهیل جذب آب و بهبود وضعیت آبی گیاه در شرایط محدودیت آب می‌شوند (Sanchez-Romera *et al.*, 2014). نقش مثبت اسید جاسمونیک در بهبود وضعیت آبی گیاه طی تنش خشکی توسط سایر محققان نیز مشاهده شده است (Sheteiwy *et al.*, 2018; Pazirandeh *et al.*, 2015).

زیست توده

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک بر زیست توده ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار تشخیص داده نشد. زیست توده ماش در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش معادل ۴۳ درصد کاهش یافت (جدول ۳). از سوی دیگر کاربرد اسید جاسمونیک در هر دو شرایط تنش و عدم تنش موجب افزایش زیست توده گردید. بین تیمارهای مختلف کاربرد اسید جاسمونیک، محلول‌پاشی ۴۰

گیاهچه‌ها کاهش کمتری در شرایط تنش خشکی داشتند.

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تنش خشکی و کاربرد اسید جاسمونیک بر عملکرد دانه ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود اما اثرات متقابل آنها معنی‌دار نبود (جدول ۲). در اثر تنش خشکی، عملکرد دانه ۵۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳). با این وجود کاربرد اسید جاسمونیک در هر دو شرایط نرمال و تنش موجب بهبود عملکرد دانه گردید. در بین تیمارهای کاربرد اسید جاسمونیک، محلول‌پاشی ۴۰ میلی‌مولار آن موثرتر بود، اگرچه با تیمار محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در پژوهش حاضر، تنش خشکی موجب کاهش صفات مرتبط با رشد از جمله: شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، شاخص سبزی‌نگی و محتوی نسبی آب شد که این امر موجب کاهش عملکرد دانه ماش گردید. در گیاه ماش گزارش شده است که طی تنش خشکی، بدلیل کاهش تعداد جوانه‌های گل و همچنین ریزش گل‌ها و غلاف‌ها، کاهش لقاح و نیز کاهش فتوسنتز و محدود شدن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد (صادقی‌پور

و آقایی، ۱۳۹۳). از سوی دیگر در آزمایش حاضر مشخص شد که کاربرد خارجی اسید جاسمونیک از طریق بهبود شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، شاخص سبزی‌نگی و محتوی نسبی آب، باعث افزایش عملکرد دانه ماش تحت تنش خشکی گردید. این نتایج با یافته‌های Abdelgawad *et al.* (2014) در ذرت و Sadeghipour (2018) در لوبیا چشم بلبلی کاملاً منطبق است.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری موجب کاهش شاخص سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، شاخص سبزی‌نگی، محتوی نسبی آب، زیست توده و عملکرد دانه ماش گردید. از سوی دیگر، کاربرد اسید جاسمونیک موجب بهبود صفات فوق در هر دو شرایط نرمال و تنش شد. در بین تیمارهای کاربرد اسید جاسمونیک، محلول‌پاشی با غلظت ۴۰ میلی‌مولار موثرتر بود اگرچه با تیمار محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار نیز تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به این یافته‌ها، می‌توان محلول‌پاشی ۲۰ میلی‌مولار اسید جاسمونیک در مراحل رویشی و غنچه‌دهی را به عنوان تیماری موثر در افزایش تحمل به تنش خشکی ماش پیشنهاد نمود.

Journal of Agronomy and Crop Science.
197: 296-301.

منابع

- Azooz, M.M., A. Metwally, and M.F. Abou-Elhamd.** 2015. Jasmonate-induced tolerance of hassawi okra seedlings to salinity in brackish water. *Acta Physiologiae Plantarum*. 37: 77.
- Azooz, M.M. and M.M. Youssef.** 2010. Evaluation of Heat Shock and Salicylic Acid Treatments as Inducers of Drought Stress Tolerance in Hassawi Wheat. *American Journal of Plant Physiology*. 5 (2): 56-70.
- Chaves, M.M., J.S. Pereira, J. Maroco, M.L. Rodriguez, C.P.P. Ricardo, M.L. Osorio, I. Carvalho, T. Faria, and C. Pinheiro.** 2002. How plants cope with water stress in the field. *Photosynthesis and growth*. *Annals of Botany*. 89: 907-916.
- Dar, T.A., M.M.A. Moinuddin-Khan, K.R. Hakeem and H. Jaleel.** 2015. Jasmonates counter plant stress: A Review. *Environmental and Experimental Botany*, 115: 49-57.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S.M.A. Basra.** 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 29 (1): 185-212.
- Mohamed, H.I. and H.H. Latif.** 2017. Improvement of drought tolerance of soybean plants by using methyl jasmonate. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 23 (3): 545-556.
- Pazirandeh, M.S., T. Hasanloo, M. Shahbazi, V. Niknam, and A. Moradi-**
- شکوه فر، ع. ر.، و س. ابوفتيله نژاد. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی بر روی برخی از صفات فیزیولوژیکی و عملکرد ارقام مختلف ماش در دزفول. *مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهی*. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۵ (۱۷): ۴۹-۵۹.
- شه بخش، و.، و م. جامی معین. ۱۳۹۳. اثر اسید جاسمونیک بر واکنش رشدی ذرت در تنش شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار.
- صادقی پور، ا.، و پ. آقایی. ۱۳۹۳. بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد آب مغناطیسی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش. *مجله علمی پژوهشی پژوهش‌های به زراعی*. ۶ (۱): ۷۹-۸۶.
- Abdelgawad, Z.A., A.A. Khalafaallah, and M.M. Abdallah.** 2014. Impact of methyl jasmonate on antioxidant activity and some biochemical aspects of maize plant grown under water stress condition. *Agricultural Sciences*. 5: 1077-1088.
- Anjum, S.A., M. Tanveer, S. Hussain, S.A. Tung, R.A. Samad, L. Wang, and B. Shahzad.** 2016. Exogenously applied methyl jasmonate improves the drought tolerance in wheat imposed at early and late developmental stages. *Acta Physiologiae Plantarum*. 38: 25.
- Anjum, S.A., L. Wang, M. Farooq, I. Khan, and L. Xue.** 2011. Methyl jasmonate-induced alteration in lipid peroxidation, antioxidative defense system and yield in soybean under drought.

- J.M. García-Mina, C. Maurel, and R. Aroca.** 2014. Enhancement of root hydraulic conductivity by methyl jasmonate and the role of calcium and abscisic acid in this process. *Plant Cell and Environment*. 37: 995-1008.
- Sheteiwy, M.S., D. Gonga, Y. Gaoa, R. Pana, J. Hua, and Y. Guana.** 2018. Priming with methyl jasmonate alleviates polyethylene glycol-induced osmotic stress in rice seeds by regulating the seed metabolic profile. *Environmental and Experimental Botany*. 153: 236-248.
- Wasternack, C.** 2014. Action of jasmonates in plant stress responses and development - Applied aspects. *Biotechnology Advances*. 32: 31-39.
- Wu, H., X. Wu, Z. Li, L. Duan, and M. Zhang.** 2012. Physiological evaluation of drought stress tolerance and recovery in cauliflower (*Brassica oleracea* L.) seedlings treated with methyl jasmonate and coronatine. *Journal of Plant Growth Regulation*. 31: 113-123.
- Payam.** 2015. Effect of methyl jasmonate in alleviating adversities of water stress in barley genotypes. *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 4 (2): 111-118.
- Sadeghipour, O.** 2019. Polyamines protect mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] plants against drought stress. *Biologia Futura*. 70: 71-78.
- Sadeghipour, O.** 2018. Drought tolerance of cowpea enhanced by exogenous application of methyl jasmonate. *International Journal of Modern Agriculture*. 7 (4): 51-57.
- Sadeghipour, O.** 2017. Amelioration of salinity tolerance in cowpea plants by seed treatment with methyl jasmonate. *Legume Research*. 40 (6): 1100-1106.
- Sadeghipour, O.** 2009. The influence of water stress on biomass and harvest index in three mung bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences*. 8 (3): 245-249.
- Sanchez-Romera, B., J.M. Ruiz-Lozano, G. Li, D.T. Luu, M.C. Martinez-Ballesta, M. Carvajal, A.M. Zamarreño,**

Effect of different methods of jasmonic acid application on drought tolerance of mung bean (*Vigna radiata* L.)

F. Latifi Mamaghani¹, O. Sadeghipour^{2*}, A.R. Pazoki²

1. M.Sc. Graduate, Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

For investigate the effect of different methods of jasmonic acid (JA) application on drought tolerance of mung bean (cv. Partow), an experiment was conducted in 2013 at research field of the Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch Islamic Azad University, south of Tehran. The experiment was conducted in the form of split plot at the basis of randomized complete block design with three replications. The main factors were comprised of two irrigation levels including: irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A evaporation pan as normal and drought stress conditions, respectively. The sub factors were comprised of five levels of JA application including: control, seed soaking in 20 mM JA, seed soaking in 40 mM JA, foliar application of 20 mM JA at the vegetative and budding stages and foliar application of 40 mM JA at the vegetative and budding stages. The results showed that drought stress significantly reduced leaf area index, stomatal conductance, chlorophyll value, relative water content, biomass and grain yield of mung bean. However, JA application improved the above traits in both normal and stress conditions. Among the JA treatments, foliar application of 40 mM was more effective, although it was not significant difference with foliar application of 20 mM. According to these findings, foliar application of 20 mM JA at the vegetative and budding stages can be suggested as an effective treatment for increase drought tolerance of mung bean.

Keywords: Drought, Chlorophyll value, Grain yield, Jasmonates, Stomatal conductance

* Corresponding author (sadeghipour@iausr.ac.ir)