اثر اسیدسالیسیلیک بر شاخص‌های رشد گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) تحت تنش کم‌آبی

سجاد قاصدی[1] و هاشم هادی[1*]

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسیدسالیسیلیک بر برخی از شاخص‌های رشد ماش (*Vigna radiata* L.) رقم NM92، تحت شرایط کم آبی، آزمایشی در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی به‌عنوان فاکتور اول در سه سطح شاهد (آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک محدوده ریشه‌های کرت‌ها به Fc ۷۵٪)، تنش۱ (Fc۶۰٪) و تنش۲ (Fc۵۰٪) و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک، به‌عنوان فاکتور دوم در چهار سطح (۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مول بر لیتر) بودند. نتایج نشان داد که تیمار ۰/۵ mM اسیدسالیسیلیک در تمام شاخص‌های رشد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. این غلظت از اسیدسالیسیلیک میزان ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص بیشتری را در اکثر مراحل رشد نسبت به بقیه غلظت‌ها دارا بود. بنابراین می‌توان استنباط نمود که کاربرد برگی این غلظت از اسیدسالیسیلیک می‌تواند اثرات تنش کم‌آبی بر شاخص‌های رشد را در گیاه ماش تعدیل نماید.

واژه‌های کلیدی: خشکی، اسیدسالیسیلیک، رشد، ماش.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۵

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

*** نویسنده مسئول: h.hadi@urmia.ac.ir**

مقدمه

حبوبات آن دسته از گیاهان زراعی هستند که به خانواده فاباسه تعلق داشته و دانه آن‌ها به عنوان منبع پروتیین گیاهی در تغذیه انسان مصرف می‌شود. حبوبات با داشتن پروتیینی حدود ۲۰ درصد و گاهی بیشتر نقش مهمی در تامین پروتیین مورد نیاز انسان دارند، به‌خصوص در کشورهایی که تولیدات دامی و محصولات کشاورزی آن‌ها کم است. حبوبات در تغذیه انسان می‌توانند یک مکمل غذایی طبیعی و خوب برای غلات محسوب شوند و از نظر مصرف غذایی بعد از غلات در مقام دوم می‌باشند (Mahnoon Hosseini, 2004).

ماش (*Vigna radiata* L.) یک لگوم دانه ریز تابستانه و با طول دوره رشد کوتاه می‌باشد که به صورت دیم در نواحی مرکزی و جنوب شرقی آسیا کشت می‌شود (Dacosta *et al.*,1999). چندین عامل زیستی و غیر زیستی در رشد گیاهان نقش دارند (Lichentaler, 1998)، که در این میان، خشکی، شوری، دمای بالا، آلودگی‌ها و تشعشع از فاکتورهای مهم تنش غیر زیستی می‌باشند که باعث محدودیت تولید در گیاهان زراعی می‌گردند (Lowler, 2002). کمبود آب عمده‌ترین عاملی است که باعث کاهش رشد می‌گردد. این مساله به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی کافی وجود ندارد یک مشکل جدی است (Thomas *et al.*, 2003). تنش آبی در اوایل رشد رویشی به طور ملایم سطح برگ، ارتفاع گیاه، سرعت رشد محصول و جذب نیتروژن را کاهش می‌دهد و در اواخر رشد و در مرحله زایشی، پارامترهای رشد را به شدت کاهش می‌دهد (Pandy *et al.*, 2001).

واژه سالسلیک اسید از کلمه لاتین سالیکس (Salix) به معنی درخت بید مشتق شده است. این ماده به صورت فراگیری در همه سلسله‌های گیاهی پراکنده شده است. خواص فیزیکی اسیدسالیسیلیک نشان می‌دهد که این ماده در گیاهان، قابلیت انتقال، متابولیسم و یا ترکیب شدن را دارا هست. به علاوه به نظر می‌رسد که کاربرد اسیدسالیسیلیک به‌صورت محلول‌پاشی در بافت‌های مختلف گیاهان در رفع تنش‌ها مفید باشد (Raskin *et al.*, 1990). بدون در نظر گرفتن غلظت‌های مختلف اسیدسالیسیلیک به‌کار رفته، فریدودین و همکاران (Feridodin *et al.*, 2003) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک روی گیاهان استقرار یافته *Brassica juncea* موجب افزایش تجمع ماده خشک در غلظت ۵-۱۰ مولار گردید که در غلظت‌های بالاتر باعث کاهش زیست‌توده شد. در یک پژوهش مشابه، پانچوا و همکاران (Panchuwa *et al.*, 1996) گیاهچه‌های دو روزه جو را با اسیدسالیسیلیک تیمار کردند که باعث شد تا رشد آن‌ها به طور معنی‌داری افزایش یابد، ولی مشاهده کردند که ظهور برگ‌ها با تأخیر مواجه گردید. نتایج به نقش اسیدسالیسیلیک در تنظیم پاسخ خشکی گیاهان دلالت می‌کند و پیشنهاد شده است که اسیدسالیسیلیک می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد بالقوه برای بهبود رشد گیاه تحت تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد. هم اسیدسالیسیلیک و هم استیل اسیدسالیسیلیک، به طور موثری گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا را علیه تنش خشکی، در غلظت‌های ۰/۱ میلی مول و ۰/۵ میلی‌مول، محافظت کردند که نهایتاً باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط شدند با این حال، برای غلظت‌های بالاتر و پایین‌تر از این دامنه، نتایج مثبتی گزارش نشده است (Senaratna *et al.*, 2000). تحقیق حاضر نیز جهت ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر برخی شاخص‌های مهم رشد گیاه ماش تحت شرایط کم آبی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در پردیس نازلو اجرا گردید. در این تحقیق اثر دو فاکتور محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و تنش خشکی در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل آبیاری (فاکتور اول) در سه سطح رطوبتی بعد از رسیدن به Fc ۷۵٪ (شاهد)، Fc ۶۰٪ (تنش ۱) و Fc ۵۰٪ (تنش ۲) و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک (فاکتور دوم) در چهار سطح (۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌مول در لیتر) بودند.

عملیات آماده‌سازی بستر کشت شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد جوی و پشته‌ها انجام شد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از پیاده نمودن طرح، نمونه‌برداری از خاک و ارسال آن به آزمایشگاه خاک شناسی برای تعیین بافت خاک و ترکیبات شیمیایی خاک انجام شد. هر واحد آزمایش به مساحت ۹ مترمربع بود، به طوری که در هر کرت فاصله پشته‌ها ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و کشت در دو طرف پشته‌ها انجام شد و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت در تاریخ ۱۶ تیرماه ۱۳۹۱

انجام شد. بذور کاشته شده ماش، رقم پاکستانی با نام NM92 بود. اعمال تنش نیز بعد از استقرار کامل بوته‌ها انجام شد. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک هم دو هفته بعد از اعمال تنش در دو مرحله انجام شد که یکی در مرحله شروع غنچه‌دهی و دیگری یک هفته بعد از آن انجام شد.

نمونه‌برداری‌ها برای آنالیز رشد به صورت تخریبی در هفت مرحله و همزمان با اعمال تنش شروع شد و هر بار هم از هر کرت پنج بوته با حذف اثر حاشیه برداشت شدند و بلافاصله برای به‌دست آوردن سطح برگ، ارتفاع بوته‌ها و وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند. برای به‌دست آوردن وزن خشک ابتدا نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ سلسیوس خشک شده و سپس با استفاده از ترازوی مدل (MND GF600) بادقت ۰/۰۰۱ گرم تا دو رقم اعشاری اندازه‌گیری شدند. برای به‌دست آوردن سطح برگ از روش وزنی استفاده شد، به‌طوری که ابتدا برگ‌های نمونه‌های پنج تایی از ساقه‌ها جدا شدند و از آن‌ها دیسک‌هایی با مساحت مشخص تهیه شد و سپس هم نمونه برگ‌ها و هم دیسک‌های برگی در آون خشک شدند و سپس با استفاده از تناسب سطح برگ نمونه‌ها به‌دست آمد.

برای تعیین مدل ریاضی مناسب برای تبیین روند تغییرات وزن خشک و سطح برگ نسبت به درجه روزرشد بعد از کاشت از نرم‌افزار Excel استفاده شد. در این نرم‌افزار، مدل‌های مختلفی که بتوانند بهترین برازش را نسبت به GDD (درجه روز) نشان دهند، مورد بررسی قرار گرفتند. از بین معادلات چند جمله‌ای ارزیابی شده، معادلات زیر به دلیل برخورداری از بهترین ضریب تبیین (R^2) برای پیش‌بینی تغییرات وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک برگ و سطح برگ نسبت به GDD مورد استفاده قرار گرفتند:

معادله (۱) $W= (a+bx+cx^2)$

معادله (۲) $L_A= (a_1+b_1x+c_1x^2)$

معادله (۳) $L_W= (a_2+b_2x+c_2x^2)$

در این معادلات:

W وزن خشک اندام‌های هوایی، L_A سطح برگ، L_W وزن خشک برگ، x به‌عنوان GDD و $a,a_1,a_2,b,b_1,b_2,c,c_1,c_2$ هم ضرایب معادلات هستند.

به‌منظور برآورد سایر شاخص‌های رشد، داده‌های حاصل از وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک برگ و سطح برگ به لگاریتم طبیعی تبدیل شدند و توابع لگاریتمی جدیدی به‌دست آمد:

معادله (٤) $fw(t)= Ln(W)$

معادله (٥) $f_{LA}(t)=Ln(L_A)$

معادله (٦) $f_{LW}(t)=Ln(L_W)$

بدین ترتیب شاخص‌های رشد مورد نظر با استفاده از توابع مزبور به روش های زیر محاسبه شدند:

معادله (۷) $\exp[f_w(t)]\times CGR= f`_w(t)$ (سرعت رشد گیاه زراعی)

معادله (۸) $RGR= f`_w(t)$ (سرعت رشد نسبی)

معادله (۹) $\exp[f_W(t)-f_{LA}(t)] \times NAR=f_w`(t)$ (سرعت جذب خالص)

در تمام معادلات و نمودار ها به جای x ها از GDD (Growing Day-Degree) استفاده شد.

معادله (۱۰) $GDD=\sum_0^t((Tmax+Tmin/2) - Tb)$

T_{max} دمای حداکثر روزانه، T_{min} دمای حداقل روزانه و T_b دمای پایه ماش (۸ درجه سلسیوس) می‌باشد.

نتایج و بحث

تجمع ماده خشک

وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه از پارامترهای مهمی است که در محاسبات مربوط به شاخص‌های رشد گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hadi, 2000; Ghasimy Golozany *et al.*, 1992). از شرایط لازم برای حصول عملکرد بیشتر، تولید ماده خشک زیاد در واحد سطح است و عملکرد کل ماده خشک نتیجه کارایی یک جامعه گیاه زراعی از نظر استفاده از تشعشع خورشیدی در طول دوره رشد است (Sarmadnia and Koochaki, 1992). به طور کلی تغییرات ماده خشک در طول دوره رشد در اغلب گیاهان زراعی سیگموئیدی است. بدین‌صورت که در ابتدای دوره رشد، سرعت تجمع ماده خشک کم و تدریجی بوده و با گذشت زمان و افزایش شاخ و برگ میزان فتوسنتز افزایش یافته و شیب تجمع ماده خشک شدت بیشتری می‌گیرد، به‌طوری که در نقطه‌ای از منحنی به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن به دلیل زرد شدن و ریزش برگ‌ها از ماده خشک کاسته می‌شود (Ghasimy Golozany *et al.*, 1992). ضریب تبیین (R^2) منحنی‌های برازش شده برای کلیه معادلات به‌دست آمده از نمودارها بیشتر از ۰/۸۲ بود (جدول۳).

با توجه به نتایج (شکل۱)، از نظر روند تجمع ماده خشک در مراحل ابتدایی رشد تا درجه روز رشد ۷۵۰، تیمارهای مختلف خشکی تفاوت چندانی با هم نداشتند، ولی بعد از آن اختلافات ظاهر گردید و با افزایش شدت تنش، میزان تجمع وزن خشک متناسب با آن کاهش یافت، به‌طوری که تیمار شاهد (رطوبت Fc ۷۵٪) بیشترین تجمع ماده خشک و تیمار تنش ۲(Fc ۴۰٪) کمترین مقدار آن را در مراحل انتهایی داشت. تیمار های محلول‌پاشی تا درجه روز رشد ۸۵۰ تفاوت چندانی باهم نداشتند و بعد از آن تیمار ۰/۵ mM اسیدسالیسیلیک از بقیه تیمارها پیشی گرفت و بیشترین تجمع ماده خشک را به خود اختصاص داد. تیمارهای ۰/۱ و ۱ میلی‌مول اسیدسالیسیلیک به طور مشترک رتبه بعدی را به خود اختصاص داد. تیمار شاهد هم در رتبه آخر قرار گرفت (شکل۲).

با توجه به نتایج محققان مختلف، منحنی تجمع ماده خشک در گیاه به‌صورت سیگموئیدی است. این منحنی برای گیاه ماش مانند هر گیاه دیگر از سه مرحله تشکیل شده است:

مرحله رشد آهسته: در این مرحله سرعت تجمع مواد فتوسنتزی در برگ و ساقه مشابه است و در این تحقیق، این روند تا ۷۵۰ درجه روز ادامه یافت.

مرحله رشد سریع (لگاریتمی): این مرحله برای گیاه ماش همزمان با شروع گل دهی، آغاز شد و تا ۱۰۰۰ درجه روز ادامه داشت که در این مرحله تجمع ماده خشک بسیار سریع‌تر انجام گرفت.

مرحله پایانی رشد سریع: در این مرحله گیاه با دریافت ۱۰۰۰ درجه روز به پایان رشد سریع خود می‌رسد و وزن خشک برگ‌ها و ساقه در این مرحله شروع به کاهش می‌یابد. درصورتی‌که تجمع ماده خشک در نیام‌ها و دانه‌ها هنوز ادامه دارد. در ادامه این مرحله وزن خشک تجمعی گیاه کاهش می‌یابد. در این مرحله با زیاد شدن سن گیاه قسمت عمده‌ای از ساختمان گیاه غیرفعال می‌شود. برگ‌های تحتانی در سایه قرارگرفته و یا به علت پیری قدرت فتوسنتز خود را از دست می‌دهند که چنین برگ‌هایی ریزش می‌کنند.

همان‌طور که در گزارش‌ها آمده است، عملکرد روزنه‌ها ارتباط نزدیکی با وضعیت آبی برگ و به‌ویژه تورژسانس برگ دارد. سازوکارهای کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها با قرار گرفتن گیاه در معرض تنش آبی تحت تنش آبی قرار می‌گیرند و باعث کاهش جریان عناصر غذایی و آب، تغییر میزان تخصیص کربن و نیتروژن می‌شود (Ismail *et al.*,1994)، که به طور بارز در این آزمایش با افزایش تنش آبی مقدار ماده خشک کل کاهش یافت که با گزارش پاندی و همکاران (Pandy *et al.*, 1978) نیز مطابقت دارد. نیومن (Newman, 1995) اظهار داشت که نخستین پاسخ گیاه به تنش خشکی متعاقب بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد برگ‌ها و در نتیجه کاهش تولید اسمیلات خواهد بود که در نهایت باعث کاهش وزن خشک کل گیاه می‌شود. بیات و همکاران (Bayat *et al.*, 2010) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک روی ذرت در شرایط تنش خشکی باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد، اما با توجه به نتایج حاصله، استفاده از اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های بالاتر موجب عدم افزایش ماده خشک گیاهی ماش در شرایط مزرعه شد.

شاخص سطح برگ (LAI)

برگ‌های یک گیاه اندام اصلی آن گیاه برای فتوسنتز هستند. سطح کل برگ‌ها در واحد سطح زمین، شاخص سطح برگ نامیده می‌شود. به نظر ویلکوکس (Wilcoks, 1985) شاخص سطح برگ، بهترین معیار در مورد ظرفیت یک گیاه زراعی برای تولید زیست‌توده است و به همین دلیل آن را سرمایه تولیدی گیاه می‌نامند. در حالت کلی بعد از سبز شدن گیاه، شاخص سطح برگ ابتدا با سرعت کمتری افزایش می‌یابد و بعد از آن به‌موازات گرم شدن هوا، دوره گسترش سریع برگ‌ها آغاز می‌شود. این افزایش تا مرحله سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر ادامه می‌یابد. بعد از این مرحله به دلیل نفوذ نور کمتر به برگ‌های پایینی، فعالیت فتوسنتزی کاهش نشان می‌دهد (Shibls and Webr, 1985).

شاخص سطح برگ از همان اوایل رشد تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی قرار گرفت، بطوری که تیمار شاهد در تمار مراحل رشد بیشترین LAI را به خود اختصاص داد و تیمار تنش۲ در تمام مراحل رشد کمترین مقدار آن را دارا بود. هم‌چنین حصول حداکثر LAI در تیمار شاهد زودتر به وقوع پیوست (شکل۳). LAI در اوایل دوران رشد از تیمارهای مختلف اسیدسالیسیلیک تاثیر چندانی نپذیرفت و تنها در اواخر دوران رشد (درجه روز رشد ۹۳۰ به بعد) تیمار ۰/۵ mM اسیدسالیسیلیک از سایر تیمارها پیشی گرفت، تیمار ۱ mM در

رتبه دوم، تیمار ۰/۱mM هم در رتبه سوم و تیمار شاهد هم در در رتبه آخر قرار گرفت. لازم به ذکر است که تیمار ۰/۱mM اسیدسالیسیلیک و شاهد قبل از بقیه به حداکثر LAI رسیدند، در حالی که تیمارهای ۰/۵ و ۱ میلی‌مول اسیدسالیسیلیک هنوز به حداکثر مقدار LAI نرسیده بودند (شکل ٤).

گزارش شده است که تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ای، کاهش در آبگیری کلروپلاست، کاهش سنتز پروتیین و کلروفیل سبب تقلیل فتوسنتز می‌گردد. تنش آب به طور مستقیم می‌تواند بر فرایندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود CO_2 به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم آبی بسته شده‌اند، کاهش دهد. انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرارگرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Sarmadnia and Koochaki, 1992). سلیم و سکسینا (Salim and Saxena, 1993) نیز معتقدند که تنش رطوبتی از طریق تسریع پیری و ریزش برگ‌ها سطح برگ گیاه را کاهش می‌دهند. تأثیر مثبت آبیاری در افزایش شاخص سطح برگ گیاه نخود (Goldani and Rezvani Moghadam, 2006) و عدس (Power *et al.*, 1992) تأیید شده است. نتایج نشان داده است که توسعه سریع برگ‌ها پس از آن که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد، کاهش‌یافته و این کاهش تا آبیاری مجدد ادامه می‌یابد و در نهایت وقتی سرعت پیری برگ‌ها بیش از سرعت توسعه برگ‌ها باشد، سطح برگ و به تبع آن تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد (Amiri Deh Ahmadi *et al.*, 2006). تنش کمبود آب باعث کاهش رشد برگ‌ها و کاهش سطح برگ در اکثر گیاهان شده است (Jalil *et al.*, 2009). هم‌چنین صادقی‌پور و آقایی (Sadeghipur and Aghaiy, 2012) گزارش کردند که پرایمینگ بذور لوبیا با غلظت ۰/۵mM اسیدسالیسیلیک موجب افزایش شاخص سطح برگ آن شد. پیش تیمار بذور گل‌رنگ با اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش خشکی باعث افزایش شاخص سطح برگ شد (Baljani and Shekari, 2012) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. میار صادقی (Miar Sadeghi, 2010) گزارش کرد که در گیاه کلزا، اسیدسالیسیلیک وزن تر و خشک برگ، وزن مخصوص برگ و وزن خشک کل را افزایش داد. این محقق هم‌چنین اعلام کرد که سطح برگ‌های لپه‌ای و حقیقی کلزا در اثر پیش تیمار با اسیدسالیسیلیک در شرایط نرمال و تنش رطوبتی به طور معنی‌داری افزایش یافت.

سرعت رشد گیاه زراعی

سرعت رشد گیاه زراعی (CGR)، افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان است و معمولاً بر حسب گرم بر مترمربع در روز یا درجه- روز رشد (GDD) می‌باشد (Koochaky and Sarmadnia, 1992).

تغییرات سرعت رشد گیاه ماش بر مبنای درجه روزهای بعد از کاشت نشان داد که بین تیمار های آبیاری (شکل ۵)، اختلاف وجود دارد. با افزایش شدت تنش خشکی شیب افزایش منحنی CGR کاهش یافت، به‌طوری که تیمار شاهد دارای بیشترین CGR و تیمار تنش۲ کمترین مقدار آن را دارا بودند. هم‌چنین در انتهای دوره رشد تیمار شاهد زودتر از سایر تیمار به حداکثر CGR رسید. در شکل(٦) در خیلی از مراحل رشد، ۱Mm اسیدسالیسیلیک، CGR کمتری نسبت به سایر سطوح اسیدسالیسیلیک داشت و منحنی تیمارهای شاهد و ۰/۱ میلی‌مول باهم برابر بودند. هم‌چنین در اوایل رشد، تیمار ۰/۵mM اسیدسالیسیلیک CGR بیشتری داشت، اما با گذشت زمان منحنی تیمارها به هم نزدیک‌تر شدند.

کوچکی و همکاران، (Koochaky *et al.*, 1988) گزارش نمودند که میزان رشد در مراحل اولیه به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاه جذب می‌شود، کم است. با نمو گیاهان زراعی افزایش سریعی در CGR پدید می‌آید، زیرا سطح برگ‌ها توسعه یافته است و نور کمتری از لابه‌لای جامعه گیاهی به سطح خاک می‌رسد. حداکثر CGR برای هر گونه معین و در شرایط مطلوب محیط هنگامی به وجود می‌آید که پوشش برگ‌ها کامل باشد و این حالت نشان‌دهنده حداکثر توانایی تولید ماده خشک و حداکثر میزان تبدیل انرژی خورشید در گیاه است. حداکثر CGR معمولاً با شروع دوره میوه‌دهی مطابق است و با نزدیک شدن به انتهای رشد گیاه، به دلیل توقف رشد رویشی، اتلاف و پیر شدن برگ‌ها، کاهش می‌یابد. هنگامی که شاخص سطح برگ کم است، NAR زیاد خواهد بود. با افزایش LAI، NAR کمتر خواهد شد، ولی در خلال همین مدت CGR افزایش خواهد یافت. کاهش NAR تا حدودی به دلیل افزایش دایمی

سایه‌دهی متقابل در برگ‌ها است. با افزایش LAI به دلیل دریافت بیشتر نور خورشید و نتیجه فتوسنتز بیشتر، CGR افزایش می‌یابد. میزان رشد گیاه با افزایش LAI تا جایی اضافه می‌شود تا این‌که نوری که برای فتوسنتز برای برگ‌های پایینی می‌رسد برای جبران تنفس کافی باشد. اگر برگ‌های بیشتری در گیاه به وجود آید، برگ‌های پایینی برای انجام فتوسنتز نور کافی دریافت نخواهند کرد و بنابراین گازکربنیک تلفشده توسط این برگ‌ها بیش از مقداری است که به‌دست می‌آورد (Koochaky *et al*., 1988). مهم‌ترین علت کاهش سرعت رشد محصول در مراحل انتهایی رشد، کاهش تولید ماده خشک در اثر ریزش برگ‌ها است (Shabiry *et al*., 2007). گلعذانی و همکاران (Ghasimy Golozany *et al*., 1992) گزارش کردند که CGR در شرایط کمبود آب کاهش می‌یابد. گزارش‌های پراساد و همکاران (Parasad *et al*., 1978) حاکی از آن است که در شرایط تنش خشکی و با کاهش پتانسیل آب گیاه، سرعت رشد گیاه به دلیل افزایش شدت تنفس و کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد. احتمالاً با افزایش شاخص سطح برگ در شرایط بدون تنش، تشعشع بیشتری توسط گیاه دریافت شده است که به علت فتوسنتز بیشتر سرعت رشد محصول نیز افزایش یافته است. در شرایط تنش خشکی به علت کمتر بودن سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز سرعت رشد محصول کمتر از تیمار شاهد است. به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش تولید و سرعت تجمع ماده خشک در واحد سطح شد. بیشتر بودن CGR در تیمار۰/۵ میلی‌مول اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد را می‌توان به بیشتر بودن شاخص سطح برگ این تیمارها در مراحل انتهایی رشد نسبت داد.

سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی (RGR) را به‌صورت افزایش میزان زیست‌توده در هر واحد زیست‌توده موجود تعریف می‌کنند. هم‌چنین آن را شاخص کارایی یا سرعت ویژه رشد نیز می‌نامند (Hart, 1990) که می‌توان آن را بر حسب گرم بر گرم در روز تعیین نمود (Aghaalikhany and Ghooshchi, 2005). پاندی و همکاران (Pandy *et al*., 1978) در آزمایشی روی ماش سیاه گزارش دادند که سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. هم‌چنین دلیل کاهش سرعت رشد نسبی این است که قسمت‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند بافت‌های ساختمانی هستند و بافت‌های فعال متابولیکی نیستند. چنین بافت‌هایی سهمی در رشد ندارند. کاهش میزان رشد تا اندازه‌ای به در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگ‌های پایین‌تر گیاه مربوط می‌شود (Koochaky *et al*., 1988).

روند RGR در کل دوره رشد برای همه تیمارهای آبیاری نزولی بود، ولی شیب این کاهش با افزایش شدت تنش افزایش یافت ولی در نهایت همه سطوح خشکی به یک نقطه ختم گردیدند (شکل ۷). در تمام مراحل رشد RGR تیمار ۰/۵mM نسبت به بقیه تیمارهای اسیدسالیسیلیک بیشتر بود. سایر تیمارها در ابتدا RGR مشابهی داشتند (تا درجه روز رشد ٦٥٠) ولی بعد از آن تیمار ۰/۱mM نسبت به بقیه دچار کاهش بیشتر و با شیب تندتری شد. تیمارهای شاهد و ۱mM حدواسط دو تیمار ذکر شده قرار داشتند (شکل۸). تنش خشکی به‌ویژه تنش ۲ باعث افت شدید سرعت رشد نسبی شد که این می‌تواند به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود CO_2 به برگ، تجزیه کلروفیل و در نهایت کاهش فتوسنتز باشد که همه این‌ها باعث کاهش تولید تحت تنش خشکی می‌شود. اسیدسالیسیلیک به علت خاصیت آنتی‌اکسیدانی که دارد موجب کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش تجزیه کلروفیل در شرایط تنش می‌شود و از این طریق باعث بیشتر شدن سرعت رشد نسبی می‌شود (Hayat *et al*., 2005). هم‌چنین قاسمی گلعذانی و همکاران (Ghasimy Golozany *et al*., 1992) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد.

سرعت جذب خالص

سرعت جذب خالص (NAR) تولید خالص وزن خشک گیاه به‌ازای واحد سطح برگ بر واحد زمان ($kg.m^2.day^{-1}$) است و نیز اختلافات ناشی از سرعت فتوسنتز که معیاری از تولید خالص کربن در طی دوره رشد است را اندازه‌گیری می‌کند (Rahimian *et al*., 2000). روند تغییرات سرعت جذب خالص هم برای رژیم های آبیاری و هم برای تیمارهای محلول‌پاشی (شکل‌های ۹ و ۱۰) در مراحل اولیه رشد، بیشتر بود و سپس روند نزولی به خود گرفت. روند کاهش سرعت جذب خالص در مراحل اولیه رشد تا GDD ۷۰۰ تا حدودی کند بود، زیرا در اوایل رشد به دلیل کمتر بودن سطح برگ و سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر رقابت کمتر بود، بنابراین

سرعت جذب خالص در اوایل رشد بیشتر و به‌کندی کاهش یافت، اما با گذشت زمان چه در تیمارهای تنش و چه در تیمارهای اسیدسالیسیلیک به‌دلیل غیرفعال شدن برگ‌های تحتانی پوشش گیاهی و عدم انجام فتوسنتز باعث شده که نه تنها این برگ‌ها تولید نداشته باشند، بلکه قسمت زیادی از مواد فتوسنتزی تولیدشده از برگ‌های فوقانی را مصرف کنند که نتیجتاً فتوسنتز خالص پوشش گیاهی شدیداً کاهش یافت. شاید کاهش شدید NAR به خاطر برگ‌های افقی گیاه ماش باشد که در این صورت برگ‌های فوقانی بر برگ‌های تحتانی سایه‌اندازی شدیدی می‌کنند. شیب این کاهش در شکل (۹) برای تیمار شاهد کندتر از تنش ۱ و ۲ بود که این می‌تواند به خاطر اثرات مخرب خشکی بر فتوسنتز گیاه باشد. در شکل (۱۰) در اوایل دوره رشد تیمار ۰/۵mM اسیدسالیسیلیک نسبت به بقیه سرعت جذب خالص بالاتری داشت که این می‌تواند به خاطر اثرات مثبت غلظت ۰/۵mM نسبت به بقیه غلظت‌ها در شرایط تنش خشکی بر روی سرعت جذب خالص گیاه ماش باشد.

پاندی و همکاران (Pandy *et al.*, 1978) در آزمایشی در زمینه آنالیز رشد ماش سیاه گزارش کردند که یک رابطه خطی بین سطح برگ و میزان جذب خالص وجود دارد و میزان جذب خالص با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. میزان فتوسنتز خالص تخمینی است از میانگین راندمان برگ‌ها در یک گیاه یا در یک جامعه گیاهی. بیشترین میزان فتوسنتز خالص هنگامی است که گیاهان کوچک و برگ‌ها به اندازه‌ای باشند که هیچ‌کدام در سایه دیگری قرار نگرفته باشند. با رشد گیاه برگ‌های زیادی به طور کامل یا به طور نسبی در سایه قرار می‌گیرند و ازاین‌رو سرعت جذب خالص در طول فصل رشد کاهش می‌یابد. کاهش سرعت جذب خالص با افزایش سن گیاه تا حدودی مربوط به افزایش میانگین سن برگ‌ها است که در نتیجه آن راندمان فتوسنتز کمتر می‌شود (Sarmadnia and, Koochaky, 1989; Hashemy Dezfuly *et al.*, 1995). در مطالعه کاستافرانک و همکاران (Castafrank *et al.*, 2000) نیز سرعت فتوسنتز خالص در اثر تنش خشکی کاهش یافت که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. هم‌چنین در یک تحقیقی توسط بالجانی و شکاری (Baljany and Shekary, 2012) گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک موجب افزایش سرعت جذب خالص در شرایط تنش خشکی آخر فصل در گیاه گل‌رنگ شده است.

ارتفاع بوته

با توجه به شکل (۱۱) بین تیمارهای تنش خشکی تفاوت زیادی در ارتفاع بوته‌ها وجود داشت، به‌طوری که تیمار شاهد بیشترین ارتفاع را داشت و تیمار تنش ۲ نسبت به سایر تیمارهای خشکی ارتفاع کمتری داشت. هم‌چنین تیمار شاهد از ۹۳۰ درجه روز به حداکثر ارتفاع خود رسید، اما تیمارهای تنش ۱ و ۲ از ۱۰۰۰ درجه روز به بعد به بیشترین ارتفاع خود رسیدند. شکل (۱۲) نشان می‌دهد که اسیدسالیسیلیک بر روند تغییرات ارتفاع هیچ تأثیری نداشته است، هم‌چنین از ۹۳۰ درجه روز به بعد ارتفاع گیاه هیچ تغییری نکرد و به عبارتی به بیشترین ارتفاع خود رسید. دلیل تغییر نکردن ارتفاع بوته‌ها در اثر محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک می‌تواند این باشد که ماش یک گیاه رشد محدود می‌باشد و در موقع محلول‌پاشی کردن بوته‌ها در اوایل گل‌دهی بودند که معمولاً بعد از این مرحله ارتفاع بوته‌ها زیاد تغییر نمی‌کند

در اثر کمبود آب حجم سلول، تقسیم سلولی، دیواره سازی سلولی، اندازه کلی گیاه و وزن تر و خشک گیاه به‌عنوان ملاک کلی رشد کاهش می‌یابد. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه رشد و توسعه سلول به‌خصوص در ساقه و برگ است. رشد سلول حساس‌ترین فرایندی است که به‌وسیله تنش کم آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (Hasiyo, 1973) که نتایج این تحقیق با گزارش‌های (Sadeghipur, 2009) مطابقت دارد.

در مجموع نتایج آنالیز رشد نشان داد که تیمار ۰/۵mM اسیدسالیسیلیک در تمام شاخص‌های رشد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. این غلظت از اسیدسالیسیلیک میزان ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص بیشتری را در اکثر مراحل رشد نسبت به بقیه غلظت‌ها دارا بود. با توجه به شکل‌ها می‌توان نتیجه گرفت که تمامی شاخص‌های محاسبه شده در این غلظت اسیدسالیسیلیک (۰/۵Mm) با تیمار شاهد تنش کم‌آبی تشابه عددی زیادی داشت. بنابراین می‌توان استنباط

نمود که کاربرد برگی این غلظت از اسیدسالیسیلیک می‌تواند اثرات تنش کم‌آبی بر شاخص‌های رشد را تعدیل نماید. عمده‌ترین اثر این غلظت از اسیدسالیسیلیک روی تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ بود و به‌همین علت این غلظت از اسیدسالیسیلیک سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص نسبتاً بیشتری در مقایسه با بقیه تیمارها دارا بود.

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 1. Soil testing results

soil	PWP	field capacity	humus (%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)	salinity (ds/m)	K (ppm)	P (ppm)	lime (%)	saturation (%)	pH
clay loam	13	27	1.32	21	39	40	2.1	420	14	0.14	41	7.5

جدول ۲- GDD تجمعی مربوط به نمونه‌برداری‌های انجام شده

Table 2. Cumulative GDD of sampling dates

	Sampling date	GDD
1	8/13/2012	578
2	8/20/2012	660
3	8/28/2012	760
4	9/4/2012	855
5	9/11/2012	935
6	9/18/2012	1006
7	9/25/2012	1070

جدول ۳- ضرایب معادله چندجمله‌ای تغییرات ماده خشک اندام‌های هوایی (W) ماش نسبت به GDD در سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدسالیسیلیک.

Table 3. Polynomial equation coefficients for shoot dry matter changes (W) at unit GDD in different levels of drought stress and salicylic acid.

Equation(3) $F_W(t)= Ln(W)=a + bx + cx^2$

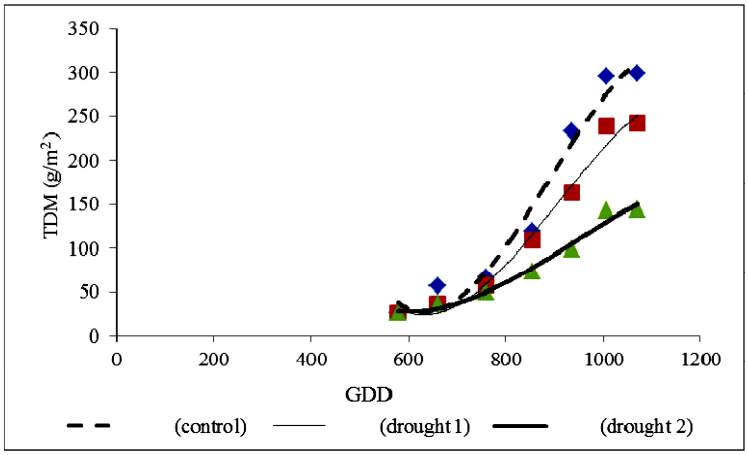
(R^2)	(c)	(b)	(a)	Salicylic acid	Drought stress
0.9855	-.0000002	0.0083	-2.395	control	-
0.9717	-.000001	0.007	-1.937	0.1mM	-
0.9613	0.00000001	0.005	-1.288	0.5mM	-
0.9813	-.000001	0.0065	-1.734	1mM	-
0.97	-.000003	0.0097	-2.95	-	control
0.98	-.000002	0.0076	-2.26	-	drought1
0.991	-.000001	0.0053	-1.116	-	drought2

جدول ٤- ضرایب معادله چند جمله‌ای تغییرات سطح برگ (L_A) ماش نسبت به GDD در سطوح مختلف تنش خشکی و اسیدسالیسیلیک.

Table 4. Polynomial equation coefficients for leaf area changes (W) at unit GDD in different levels of drought stress and salicylic acid.

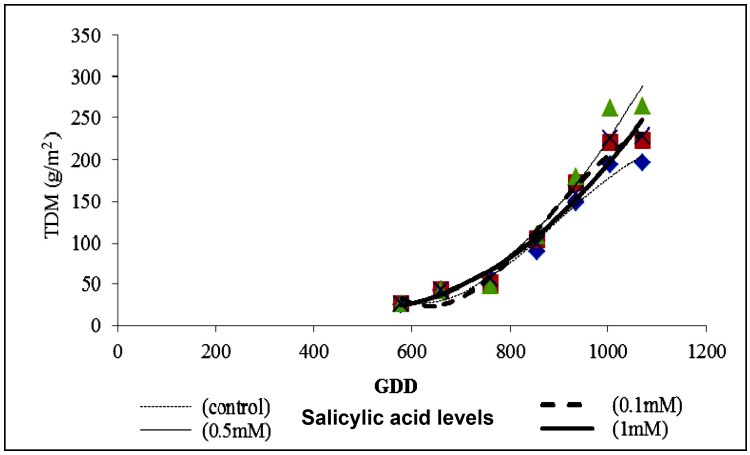
Equation(12) $F_{LA}(t)= Ln(L_A)=a + bx + cx^2$

(R^2)	(c)	(b)	(a)	Salicylic acid	Drought stress
0.824	0.0000002	0.0021	4.574	control	-
0.859	-.00001	0.0047	3.518	0.1mM	-
0.926	0.00001	0.0007	4.912	0.5mM	-
0.922	-.000007	0.0039	3.751	1mM	-
0.824	-.000003	0.0082	2.244	-	control
0.917	-.0000006	0.0039	3.66	-	drought1
0.91	0.000006	0.0067	7.87	-	drought2



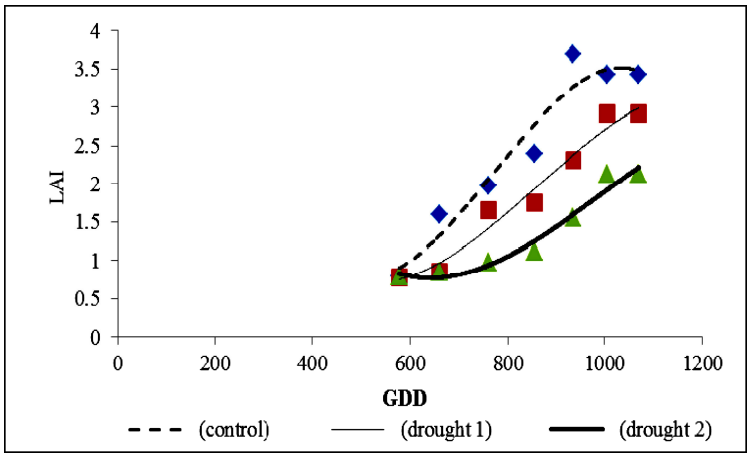
شکل ۱- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر تجمع ماده خشک در گیاه ماش

Figure 1. Effect of different levels of drought stress on dry matter accumulation in mung bean.



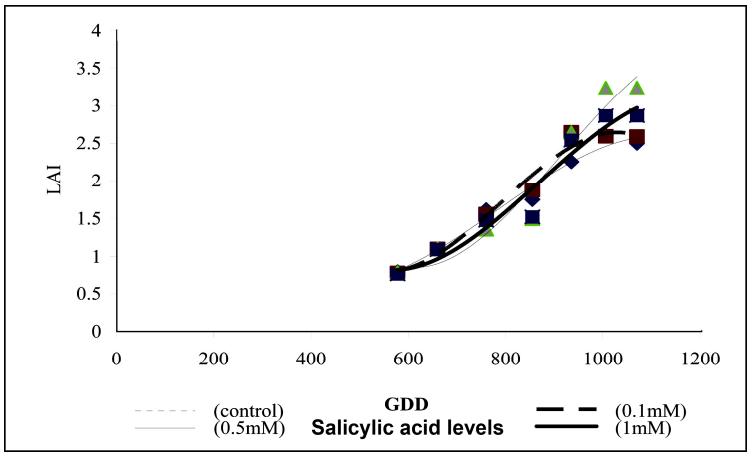
شکل ۲- اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک بر تجمع ماده خشک ماش

Figure 2. Effect of different levels of salicylic acid on dry matter accumulation in mung bean.



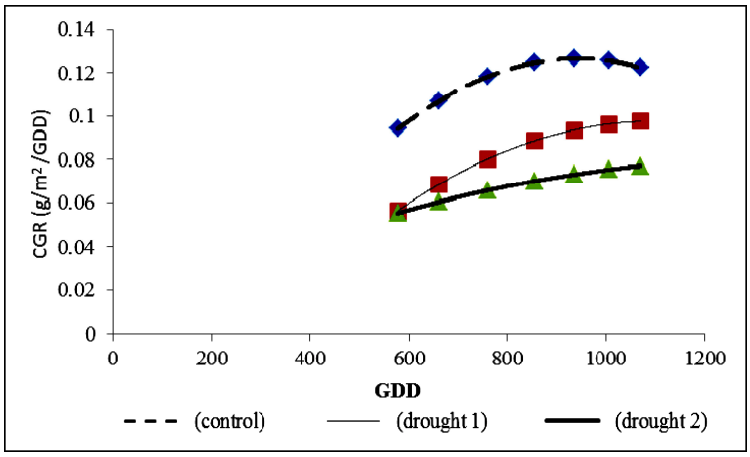
شکل ۳- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص سطح برگ (LAI) ماش

Figure 3. Effect of different levels of drought stress on LAI of mung bean.



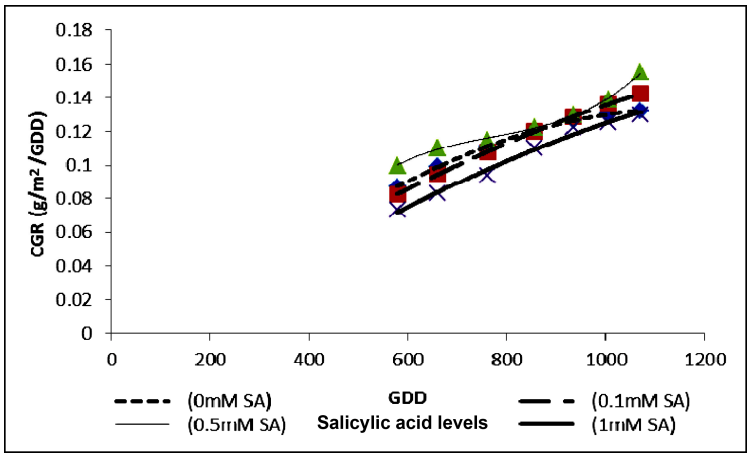
شکل ٤- اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک بر شاخص سطح برگ (LAI) گیاه ماش

Figure 4. Effect of different levels of salicylic acid on LAI of mung bean.



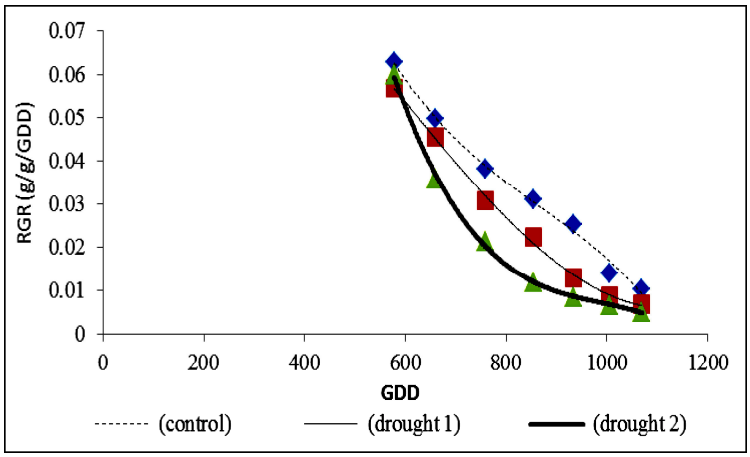
شکل ٥- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر سرعت رشد گیاه ماش (CGR)

Figure 5. Effect of different levels of drought stress on CGR of mung bean.



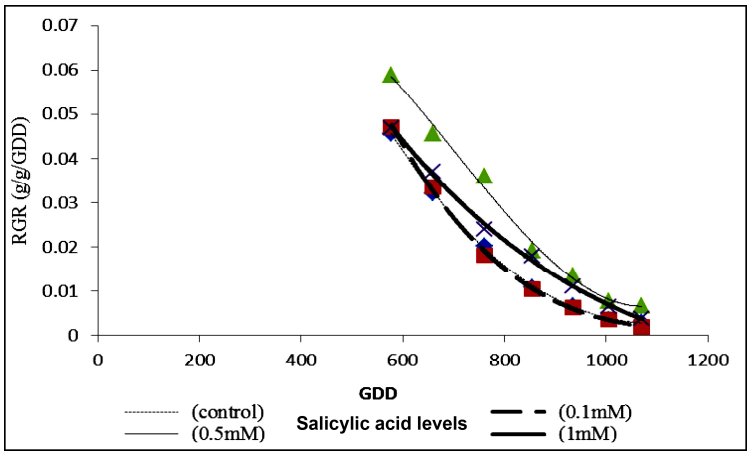
شکل ٦- اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک بر سرعت رشد گیاه ماش (CGR)

Figure 6. Effect of different levels of salicylic acid on CGR of mung bean.



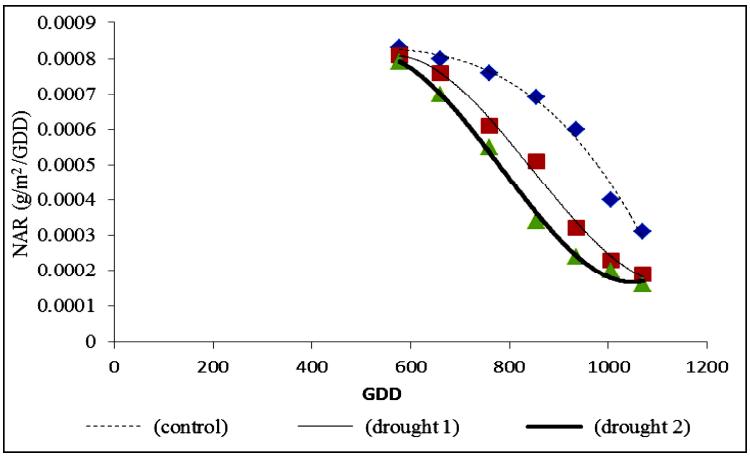
شکل ۷- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر سرعت رشد نسبی (RGR) ماش

Figure 7. Effect of different levels of drought stress on RGR of mung bean.



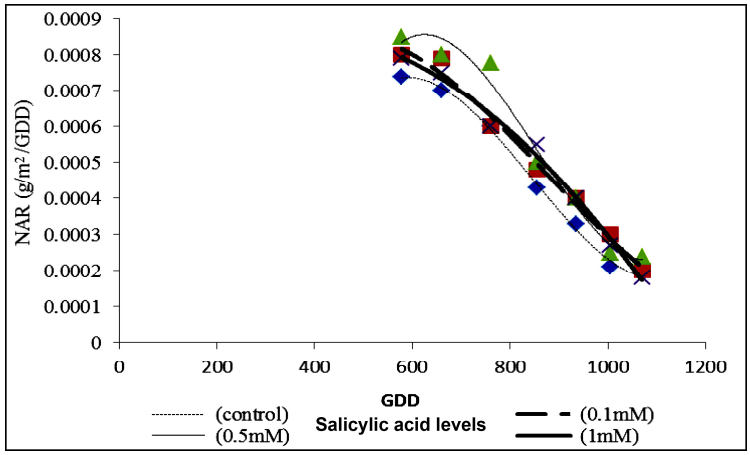
شکل ۸- اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک بر سرعت رشد نسبی (RGR) ماش

Figure 8. Effect of different levels of salicylic acid on RGR of mung bean.



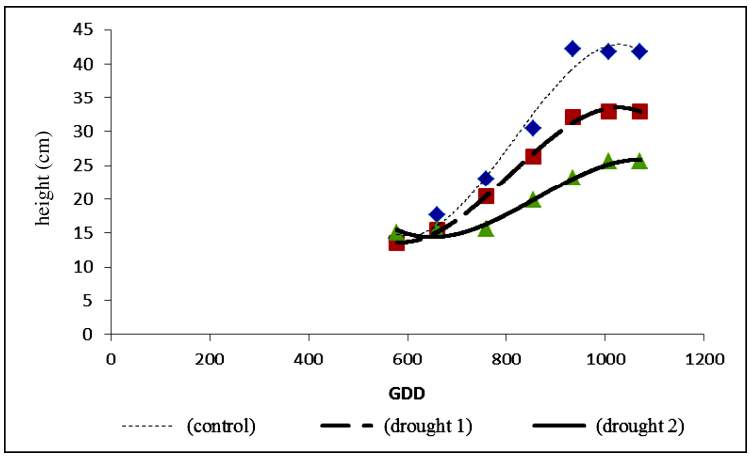
شکل ۹- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر سرعت جذب خالص (NAR) ماش

Figure 9. Effect of different levels of drought stress on NAR of mung bean.



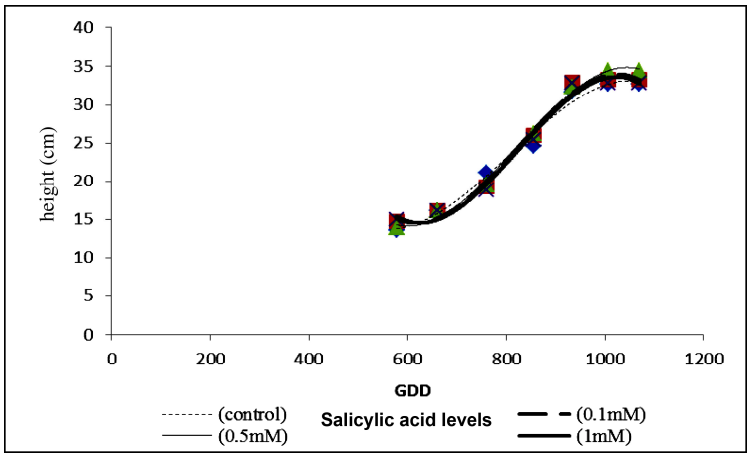
شکل ۱۰- اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک بر سرعت جذب خالص (NAR) گیاه ماش

Figure 10. Effect of different levels of salicylic acid on NAR of mung bean.



شکل ۱۱- اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر روند تغییرات ارتفاع بوته

Figure 11. Effect of different levels of drought stress on plant height of mung bean.



شکل ۱۲- اثر سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک برروند تغییرات ارتفاع بوته

Figure 4. Effect of different levels of salicylic acid on plant height of mung bean.

References

Aghaalikhany M, Ghooshchi F (2005) Applied plant ecology. Faculty of Agriculture. Tabriz University. [In Persian with English Abstract].

Amiri Deh ahmady SR, Parsa M, Nizami AV, Ganjali AA (2010) Effect of drought stress at different growth stages on growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse condition. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. [In Persian with English Abstract].

Baljany R, Shekary F (2012) Effect of seed priming with salicylic acid on growth and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought conditions at the end of season. Farming Knowledge and Sustainable Production 22(1): 88-103. [In Persian with English Abstract].

Bayat S, Sepehry A, Zarea Abyaneh H, Abdollahi MR (2010) Effect of salicylic acid and paclobutrazol on growth and yield of maize under drought stress. Crop Eco-physiology 2(1): 35-40. [In Persian with English Abstract].

Costa Franca MG, Pham Thi AT, Pimental C, Pereyra Rossiello RO, Zuily-Fodil y, Laffray D (2000) Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* L. cultivars in response to induced drought stress. Environment and Experimental Botany 43: 227-237.

De Costa WATM, Shamugathsan KN, Joseph KDSM (1999) Physiology of yield determination of mung bean (*Vigna radiate* L.) under various irrigation regimes in the dry and intermediate zones of Srilanka. Field Crops Research 61:1-12.

Fariduddin Q, Hayat S, Ahmad A (2003) Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica 41: 281-284.

Ghasemy Golazany K, Movahedi M, Rahim Zadeh Khoyi F, Moghadam M (1997) Effects of water deficit on growth and yield of two cultivars of chickpea in different densities. Agricultural Knowledge 7(2,3): 17-42. [In Persian with English Abstract].

Goldany M, Rezvany Moghadam P (2006) Effect of irrigation regimes on phenology, physiology, and yield components of three irrigated and rainfed cultivars of chickpea in Mashhad, Iran. Agricultural Sciences and Technology 20(3): 21-32.

Hadi H (2000) Evaluation of growth and yield of sunflower cultivars in different planting densities. M.Sc. Thesis, Tabriz University, Iran, 122 pp. [In Persian with English Abstract].

Hart JV (1990) Light and plant growth, Academic Division of Unwin Hyman Ltd. 37-43 pp.

Hashemy Dezfuly A, Koochaky A, Banayan Aval M (1995) Increasing crop yield. Mashhad University, 287 pp.

Hissao T (1973) Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology 24: 519-570.

Ismail MR, Burrage SW, Tarmizi H, Aziz AM (1994) Growth, plant water relations, photpsythesis rate and accumulation of praline in young carambola plants in relation to water stress. Scientia Horticulturae 60: 101-114.

Jaleel CA, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Al-Juburi HJ, Somasundaram R, Panneerselvam R (2009) Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agricultural Biology 11(1): 100-105.

Koochaky A, Nasiri Mahallaty M, Sadr Abady R (1988) Physiological basis of crop growth and development. Astan Quds Razavi, 404 pp. [In Persian with English Abstract].

Koochaky A, Sarmadnia GH (2000) Crop plant physiology. Mashhad University, 400 pp. [In Persian with English Abstract].

Lawlor DW (2002) Limitation to photosynthesis in water leaves: stomata vs. metabolism and role of ATP. Annals of Botany 89: 871-885.

Lichtenthaler HK (1998) The stress concept in plants: an introduction. New York, NY, USA: New York Academy of Sciences. Annals of New York Academy of Sciences 851: 187-98.

Majnoon Hosseini N (2004) Legumes in Iran. Third Edition. Tehran University. [In Persian with English Abstract].

Miarsadeghy S (2010) Effect of seed priming with salicylic acid on morphological and physiological characteristics of canola under drought stress. M.Sc. in Agronomy. Faculty of Agriculture, Zanjan University, 121 pp..

Neumann PM (1995) The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. Crop Science 35: 1258-1266.

Pancheva TV, Popova LP, Uzunova AM (1996) Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. Journal of Plant Physiology 149: 57-63.

Pandey RK, Maronville JW, Admou A (2001) Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. European Journal of Agronomy 15: 93-105.

Pandey RK, Saxena MC, Singh VB (1978) Growth analysis of blackgram genotypes. Indian Journal of Agricultural Science 48(8): 466-473.

Pawar VS, Patit PO, Dahi Walur SD, Magar SS (1992) Effect of irrigation schedule based on critical growth stages on yield, quality and water use of chickpea (*Cicer arietinum* L.) on vertisol. Indian Journal of Agrieultural Science 62: 402-404.

Rahimian H, Koochaky A, Zand A (2000) Photosynthesis and production in the changing environment. Parks and Green Spaces Organization of Tehran, Tehran, Iran, 85 pp. [In Persian with English Abstract].

Raskin I, Skubatz H, Tang W, Meeuse BJD (1990) Salicylic acid levels in thermogenic and nonthermogenic plants. Annual Botany 66: 376-383.

Sadegipour O (2009) The influence of water stress on biomass and harvest index in three mungbean (*V.radiata* (L.) Wilczek) cultivars. Asian Journal of plant Sciences 8: 245-249.

Sarmadnia GH, Koochaky A (1989) Crop plant physiology. Mashhad University, 467 pp. [In Persian with English Abstract].

Sarmadnia GH, Koochaky A (1992) Physiological aspects of rainfed agriculture. Mashhad University, Iran, 426 pp. [In Persian with English Abstract].

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

Shabiry S, Ghasimy Golazany K, Golchin A, Saba J (2007) The effect of water limitation on growth and yield of three cultivars of chickpea in Zanjan. Agricultural Sciences and Natural Resources 14(2): 34-47. [In Persian with English Abstract].

Shibles RM, Weber CR (1985) Leaf area, solar radiation interception and dry matter in soybeans. Crop Science 5: 575-577.

Silim SV, Saxena MC (1993) Adaptation of spring- sown in the Mediterranean basin. II. Factors influencing yield under drought. Field Crop Research 34: 137-146.

Thomas MJ, Robertson S, Peoples, MB (2003) The effect of timing and severity of water deficilt on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. Field Crop Research 86(1): 67-80.

Wilcox JN (1985) Dry matter partitioning as influenced by competition between soybean isolines. Agronomy Journal 77: 738-742.