

Salicylic Acid and Superabsorbent Polymer Interaction Effects on Yield and Yield Components in Mung Bean (*Vigna radiata* Wilczek) under Different Water Regimes

ZAHRA BALLI¹, ALIASHRAF AMIRINEJAD^{2*} AND MOKHTAR GHOBADI³

1. MSc student, Department of soil Science and engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
 2. Assistant Professor. Department of Soil Science and engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
 3. Associate Professor, Department of Agronomy, Razi University, Kermanshah, Iran
- (Received: July. 31, 2018- Revised: Jan. 5, 2019- Accepted: Dec. 29, 2018)

ABSTRACT

In order to investigate the effects of salicylic acid and superabsorbent polymer on yield and yield components in mung bean under different water regimes, a factorial experiment was conducted in complete randomized design with three replications in greenhouse of Razi University. Treatments included drought stress at three levels (30, 60 and 100% of FC), superabsorbent at three levels (0, 0.3 and 0.5% by weight) and salicylic acid at four levels (0, 250, 500 and 750 μM). The results showed that the highest grain yield (20.7 g per plant), biological yield (51.4 g/plant) and number of seeds per plant (79.1) were observed in 100% FC and application of 0.3% superabsorbent and 750 μM salicylic acid and the lowest values (0.13 and 7.5 g per plant and 16.2 seeds per plant, respectively) were obtained in 30% FC and no superabsorbent and salicylic acid treatments. In general, the concentration of 500 μM salicylic acid and 0.3% by weight of superabsorbent could neutralize the effects of severe drought stress.

Keywords: Growth parameters, drought stress, salicylic acid, superabsorbent, mung bean.

اثرات متقابل سالیسیلیک‌اسید و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش (*Vigna radiata*) (Wilczek) تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی

زهرا بالی^۱، علی اشرف امیری نژاد^{۲*} و مختار قبادی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۹ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۰/۸)

چکیده

به منظور بررسی اثرات سالیسیلیک‌اسید و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشگاه رازی اجرا گردید. تیمارها شامل تنش رطوبتی در سه سطح (رطوبت خاک معادل ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، سوپر جاذب در سه سطح (۰، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی) و سالیسیلیک‌اسید در چهار سطح (۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار) بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۰/۷ گرم در بوته)، عملکرد بیولوژیک (۵۱/۴ گرم در بوته) و تعداد دانه در بوته (۷۹/۱) در تیمار رطوبت کامل ظرفیت زراعی و کاربرد ۰/۳ درصد سوپر جاذب و ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک‌اسید و کم‌ترین مقادیر نیز (به ترتیب ۰/۱۳ و ۷/۵ گرم در بوته و ۲/۱۶ دانه) در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید حاصل گردید. بطور کلی، غلظت ۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک‌اسید و ۰/۳ درصد سوپر جاذب، توانست اثر تنش شدید رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای رشد، تنش رطوبتی، سالیسیلیک‌اسید، سوپر جاذب، ماش.

مقدمه

تنش به هر عامل زیستی و محیطی گفته می‌شود که ضمن ایجاد اختلال در چرخه زندگی، موجب کاهش رشد گیاهان گردد (Abedi and Paknityat, 2015). خشکی، از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان است (Omidi et al., 2012). با توجه به اینکه کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود، استفاده بهینه از آب با توجه به رشد روز افزون جمعیت، بیش از پیش احساس می‌شود. اعمال مدیریت صحیح به منظور حفظ ذخیره رطوبت و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک از جمله اقدامات مؤثر در راستای افزایش راندمان آب و بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب است (Khadem et al., 2011).

سالیسیلیک‌اسید از ترکیبات فنلی و یک ماده شبه هورمونی است که ضمن تأثیر مثبت بر رشد و عملکرد گیاهان، موجب افزایش مقاومت در برابر تنش‌های محیطی همچون تنش رطوبتی می‌گردد (Majd et al., 2006). Salarpour Ghoraba and Farahbakhsh (2014) گزارش کرده‌اند که اگرچه با اعمال تنش رطوبتی بر گیاه رازیانه، ارتفاع گیاه، طول میانگره ساقه اصلی،

عملکرد دانه و درصد پروتئین برگ بطور معنی‌داری کاهش یافت، اما با مصرف غلظت مناسب سالیسیلیک‌اسید، افزایش معنی‌داری در این صفات نسبت به تیمار شاهد مشاهده گردید.

سوپر جاذب یک ترکیب شیمیایی از مشتقات مواد نفتی است که موجب افزایش کارایی استفاده از آب در شرایط خشک می‌شود. به عبارت دیگر، هیدروژل‌های سوپر جاذب، شبکه‌های پلیمری آب‌دوست از جنس هیدروکربن‌ها هستند که می‌توانند چند برابر وزن خود آب جذب کنند. با خشک شدن شرایط محیطی، آب داخل این پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب، خاک می‌تواند برای یک مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مرطوب بماند (Monnig, 2005). در مطالعه تأثیر پلیمر سوپر جاذب بر برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک ارقام مختلف لوبیا قرمز تحت تنش رطوبتی گزارش شده است که اگرچه تنش رطوبتی سبب کاهش عملکرد دانه شد، اما با مصرف پلیمر سوپر جاذب، ضمن کاهش اثرات تنش رطوبتی، عملکرد محصول افزایش معنی‌داری یافت (Pour Esmaeel et al., 2010). در بررسی اثر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا نیز گزارش شده که سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب در تمام صفات اندازه‌گیری شده

برداشت کاهش می دهد (Tomas *et al.*, 2003). توسعه و کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید در کاهش تنش های محیطی، نیازمند شناخت رفتارها و عملکرد آنها در خاک است. با توجه به اهمیت کاربرد این مواد در کاهش تنش رطوبتی، لازم است تا پژوهش هایی در مورد تأثیر آنها در گونه های گیاهی مختلف انجام شود. با توجه به واقع شدن ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و بنابراین، احتمال وقوع تنش رطوبتی در تمامی مراحل رشدی گیاهان، کشت گیاهان با طول دوره رشد کوتاه، مانند ماش می تواند در رابطه با مدیریت آب در این مناطق مفید باشد در این مطالعه، علاوه بر ارزیابی اثرات تنش رطوبتی بر رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه ماش، اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه تحت شرایط مختلف رطوبتی خاک بررسی شد.

مواد و روش ها

روش اجرای طرح و اعمال تیمارها

آزمایش، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل تنش رطوبتی (فاکتور اول) در سه سطح (رطوبت خاک معادل ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، سوپر جاذب (فاکتور دوم) در سه سطح (۰، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی) و محلول پاشی سالیسیلیک اسید (فاکتور سوم) در چهار سطح (۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ میکرومولار) بودند. نمونه های خاک گلدان ها از لایه سطحی (عمق ۰-۳۰ سانتی متری) اراضی دانشکده کشاورزی (با مشخصات ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه و ۱۴ ثانیه شمالی و ۴۷ درجه و ۶ دقیقه و ۱۱ ثانیه شرقی) تهیه گردید. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد استفاده در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد استفاده

CEC (Cmol/Kg)	CaCO ₃ (%)	K _{avb} (mg.Kg ⁻¹)	P _{avb} (mg.Kg ⁻¹)	N _t (%)	OC (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	EC (dS/m)	pH	ویژگی خاک
۱۸	۳۱/۲	۱۸۲	۷/۶	۰/۰۸	۰/۸۳	۲۵	۶۴/۵	۱۰/۵	۰/۲۸	۸/۱	مقدار

۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم نیتروژن به صورت کود اوره محلول در آب اضافه و بلافاصله آبیاری انجام گردید. در موقع کشت نیز حدود ۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم اکسید فسفر (P₂O₅) به صورت کود سوپرفسفات تریپل اضافه گردید تا فسفر لازم برای رشد ریشه گیاه تأمین شود. بعد از استقرار کامل گیاهان، در هر گلدان پنج بوته را باقی گذاشته و سپس تیمارهای رطوبتی اعمال گردید.

در آزمایش، تفاوت معنی داری را نسبت به شاهد نشان داده است (Shekari *et al.*, 2015).

بر اساس تحقیقات صورت گرفته، با کاربرد پلیمر سوپر جاذب می توان علاوه بر افزایش رشد گیاهان، گاهی تا ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه جویی کرد (Banedjschafie *et al.*, 2017). گزارش شده است که با کاربرد پلیمر سوپر جاذب در شرایط تنش رطوبتی، علاوه بر افزایش معنی دار عملکرد، وزن هزار دانه و تعداد دانه در گیاه ذرت، کارایی مصرف آب نیز بطور معنی داری بیشتر شد (Rafiei *et al.*, 2013). در مطالعه ای دیگر، با هدف بررسی اثر سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب بر پارامترهای زیست توده کل، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب شش رقم کلزا تحت تنش رطوبتی، مشخص شد که کاربرد سوپر جاذب منجر به افزایش معنی دار صفات مورد ارزیابی نسبت به تیمار شاهد گردید (Tohidi-Moghadam *et al.*, 2009).

لگوم های دانه ای از عمده ترین منابع پروتئینی محسوب شده و نقش عمده ای در اقتصاد مناطق خشک و نیمه خشک جهان دارند. ماش به عنوان یک لگوم دانه ریز، نقش مهمی در تغذیه مردم کشورهای در حال توسعه ایفا می کند. به دلیل دوره رشد کوتاه و قدرت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و تقویت خاک، گیاه بسیار مناسبی از نظر کشت دوم محسوب می شود. دانه ماش سرشار از فسفر بوده و حدود ۲۵ درصد پروتئین دارد. علاوه بر دانه، غلاف ها و جوانه های ماش نیز دارای انواع ویتامین ها و مواد معدنی است (Allahmoradi *et al.*, 2011). اگر ماش در دوره رشد خود با تنش رطوبتی مواجه شود، این تنش، جنبه های مختلف رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد (Sadeghipour, 2008). اگرچه اطلاعات زیادی درباره اثرات تنش خشکی بر عملکرد دیگر لگوم های زراعی وجود دارد، ولی مطالعات انجام شده در مورد ماش بسیار محدود است. عموماً گزارش شده که تنش خشکی عملکرد ماش را از طریق کاهش وزن خشک کل گیاه و شاخص

برای انجام آزمایش از گلدان های ده کیلوگرمی استفاده گردید. نمونه های خاک بعد از هوا خشک شدن در داخل گلدان ها ریخته شد. در داخل هر گلدان، ده عدد بذر ماش رقم گوهر با قوه نامیه ۹۵ درصد کاشته شد و سپس آبیاری گلدان ها صورت گرفت. آبیاری گلدان ها تا ظهور برگ های حقیقی (مرحله چهار برگی)، در حد ظرفیت زراعی انجام شد. در این مرحله، به هر گلدان حدود

پس از رسیدگی کامل و زمانی که بیش از ۸۰ درصد غلاف-ها خشک شدند، بوته‌های هر گلدان، پس از اندازه‌گیری اجزای عملکرد و مشخصات مورفولوژیکی برداشت گردید. غلاف‌های هر بوته برای تعیین عملکرد دانه جدا شد و علاوه بر عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه نیز اندازه‌گیری گردید. پوسته‌ی غلاف‌ها همراه با سایر اجزای گیاهی به منظور تعیین عملکرد بیولوژیکی خشک و توزین شدند.

کارایی مصرف آب (WUE) که عبارت است از میزان عملکرد به ازای هر واحد آب مصرفی توسط گیاه، از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$\text{WUE} = Y/V \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه: WUE کارایی مصرف آب، Y میزان عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی و V آب مصرفی از طریق آبیاری است (Liu et al., 2015).

آنالیز و تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماري SAS و مقایسه اثرات ساده و متقابل با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر ساده تنش رطوبتی بر صفات تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. اثرات ساده سوپر جاذب بر شاخص برداشت در سطح یک درصد و بر وزن صد دانه و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیکی در سطح پنج درصد معنی‌دار شده، در حالی که سالیسیلیک‌اسید بر تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت در سطح یک درصد و بر کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیکی در سطح پنج درصد دارای اثر معنی‌دار بوده است. اثر متقابل تنش رطوبتی × سوپر جاذب بر صفات تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه در سطح یک درصد و بر وزن صد دانه و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیکی در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید، اما بر تعداد دانه در غلاف اثر معنی‌داری نداشت. همچنین اثرهای متقابل تنش رطوبتی × سوپر جاذب و سوپر جاذب × سالیسیلیک‌اسید بر صفات تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت در سطح یک درصد و نیز اثرات متقابل تنش رطوبتی × سوپر جاذب × سالیسیلیک‌اسید بر صفات تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه در سطح یک درصد و بر کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیکی در سطح پنج درصد معنی‌دار شده و بر بقیه صفات معنی‌دار نبود (جدول ۲).

برای انجام این کار، برای سطوح ۱۰۰، ۶۰ و ۳۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی، مقدار آب مورد نیاز برای هر گلدان محاسبه و در طول دوره‌ی آزمایش، هر دو روز یک‌بار گلدان‌ها توزین و مقدار آب لازم اضافه شد. برای تعیین درصد رطوبت ظرفیت زراعی، یک گلدان را با آب اشباع کرده و بعد اجازه داده شد تا در مدت ۴۸ ساعت زهکشی انجام شود. برای جلوگیری از تبخیر، سطح گلدان توسط نایلون پوشیده شد. با خروج آب ثقیلی و زمانی که وزن گلدان‌ها ثابت شد، یک نمونه خاک از داخل گلدان برداشته و رطوبت ظرفیت زراعی آن تعیین شد.

یک هفته بعد از اعمال تیمارهای رطوبتی، تیمارهای سالیسیلیک‌اسید با توجه به غلظت مورد نیاز هر گلدان انجام شد. تیمار سالیسیلیک‌اسید در ساعات غروب آفتاب (برای جلوگیری از تبخیر محلول)، به صورت محلول پاشی برگ‌ی تا خیس شدن کامل سطح برگ‌ها انجام گرفت. این عملیات با فاصله هر ده روز یک‌بار تکرار شد و تا شروع گلدهی گیاه ماش ادامه یافت. در تیمار شاهد فقط محلول پاشی با آب مقطر انجام گردید.

تجزیه نمونه‌های خاک و گیاه

نمونه‌های خاک بعد از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی-متری، برای اندازه‌گیری‌های فیزیکی و شیمیایی لازم مورد استفاده قرار گرفتند. درصد نسبی ذرات خاک به روش هیدرومتر (Gee and Bauder, 1979) pH گل اشباع و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع با دستگاه مربوطه، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Jackson, 1958) کربن آلی به روش اصلاح شده واکلی و بلک (Walkley and Black, 1934) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش سه مرحله‌ای (Bower, 1952) تعیین شد.

در پایان رشد رویشی گیاه (حدود نه هفته پس از سبز شدن)، برخی پارامترهای رشد شامل وزن خشک اندام هوایی و ریشه (خشک شده در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت)، سطح ریشه (با استفاده از فرمول اتکینسون)، حجم ریشه هر بوته (از طریق جایجا شدن آب در یک استوانه مدرج)، شاخص سطح برگ (با دستگاه مربوطه)، مقدار نسبی آب برگ (با استفاده از رابطه $RWC^1 = \frac{(FW-DW)}{(TW-DW)} \times 100$ Diaz-Perez et al., 2006)، طول ریشه و ارتفاع بوته (با استفاده از خط‌کش)، قطر ساقه‌ها (با استفاده از کولیس)، تعداد برگ و شاخه‌های فرعی، تعداد کل و تعداد گره‌های فعال و غیرفعال ریشه هر بوته ماش اندازه‌گیری و به صورت میانگین هر گلدان برای آنالیزهای آماری مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات تنش رطوبتی، سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیک	کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیک
تنش رطوبتی (a)	۲	**۸۵۲/۱	**۶۷۲۹/۷	**۶۸۹۲/۵	**۲۴/۶	**۳۱/۰۴	**۳۶۵۷/۹	**۶/۶۵	**۲۱/۶۴
سوپر جاذب (b)	۲	**۲۶/۷	**۲۲۲/۴	ns۴۹/۰۹	ns۳/۹	*۱۴/۷	**۱۰۱/۰۸	ns۰/۰۶	*۱/۱۴
سالیسیلیک اسید (c)	۳	**۹/۰۱	*۳۹/۰۴	**۲۸۸/۰۴	ns۰/۱۶	ns۵/۳	**۷۲/۹۷	ns۰/۰۷	*۱/۱۰
a×b	۴	**۲۹/۲	*۴۹/۹۲	**۶۰۹/۷	ns۰/۹۵	*۸/۷۰	**۲۹۵/۴	**۰/۲۳	*۱/۱۷
a×c	۶	**۱۲/۹	ns۲۵/۶۸	**۱۷۲/۷	ns۱/۰۷	ns۰/۵۸	**۱۵۱/۴	ns۰/۰۱	ns۰/۴۲
b×c	۶	**۲۸/۳۰	**۹۰/۶۶	**۲۵۲/۷	ns۱/۳	ns۰/۸۹	**۱۹۳/۲۰	**۰/۱۷	ns۰/۳۵
a×b×c	۱۲	**۱۹/۶	**۴۲/۶۴	**۵۱۱/۸	ns۰/۵۹	ns۲/۲۷	**۱۳۶/۴۹	**۰/۰۹	*۰/۶۷
خطا	۷۲	۲/۰۱	۱۴/۲۹	۲۴/۴۸	۱/۳۰	۳/۰۲	۱۲/۲۶	۰/۰۳	۰/۳۴
ضریب تغییرات	-	۲۹/۴۷	۱۳/۵۷	۲۵/۱۸	۲۶/۷۵	۲۹/۰۴	۲۴/۷۹	۲۶/۵۳	۱۸/۶۲

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، و معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۲۰/۷۰ گرم در بوته) در تیمار رطوبتی ظرفیت زراعی و کاربرد ۰/۳ درصد وزنی سوپر جاذب و ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و کم‌ترین مقدار آن (۰/۱۳ گرم در بوته) در رژیم آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید حاصل گردیده است (شکل ۱). به عبارت دیگر، افزایش شدت تنش رطوبتی، عملکرد دانه گیاه ماش را کاهش داد. این مسئله احتمالاً نتیجه‌ی اختلال در فتوسنتز، تعرق و فرایندهای متابولیکی گیاه است که در نهایت کاهش عملکرد دانه را به دنبال دارد.

کاهش عملکرد دانه در اثر تنش رطوبتی می‌تواند به علت کاهش تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه باشد، اما تنش رطوبتی، معمولاً عملکرد ماش را از طریق وزن خشک گیاه و شاخص برداشت کاهش می‌دهد (Tomas et al., 2003). سوپر جاذب قادر است با جذب و نگهداری آب، اثر کم‌آبیاری را کاهش داده و یا می‌تواند عناصر مورد نیاز گیاه را جذب نموده و به مرور زمان آن‌ها را در اختیار گیاه قرار دهد. بدین ترتیب، سوپر جاذب از طریق کاهش تلفات آب و جلوگیری از آیشویی عناصر غذایی از خاک، شرایط را برای بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی فراهم می‌سازد (Pour Esmaeel et al., 2010). به‌طور مشابه گزارش شده است که بیش‌ترین عملکرد دانه ماش (۲۴۳/۳۹ گرم در مترمربع) در تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین عملکرد دانه (۳۲/۷۷ گرم در مترمربع) در تیمار بدون آبیاری به دست آمد (Sadeghipour, 2008).

از طرف دیگر، سالیسیلیک اسید با تنظیم فرایندهای

فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مواجه با تنش رطوبتی، باعث افزایش قابل توجه عملکرد و اجزای عملکرد گیاه می‌شود. به عنوان مثال، سالیسیلیک اسید بر فتوسنتز گیاه تحت تنش، اثر مثبت داشته و در واقع از طریق توسعه واکنش‌های ضد تنشی، نظیر افزایش تجمع پرولین باعث تسریع رشد می‌شود (Senatena, 2003). به عبارت دیگر، محلول پاشی گیاه با سالیسیلیک اسید با ایجاد شرایط مناسب، زمینه افزایش ارتفاع گیاه، محتوای نسبی آب برگ و مقدار پرولین را فراهم کرده و بنابراین، موجب افزایش بیوماس و عملکرد دانه ماش می‌شود (Krishna et al., 2004). مشابه این نتایج، گزارش شده است که با افزایش مقدار سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه ماش افزایش معنی‌داری داشت، بطوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به اثر ۴ میلی مولار سالیسیلیک اسید با تعداد ۲۷۹۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد (بدون استفاده از سالیسیلیک اسید) با ۱۰۳۳ کیلوگرم در هکتار بود (Khalili et al., 2017). بطور مشابه، اثر سالیسیلیک اسید بر افزایش عملکرد دانه ذرت، توسط Mehriban Moghaddam et al. (2011) گزارش شده است.

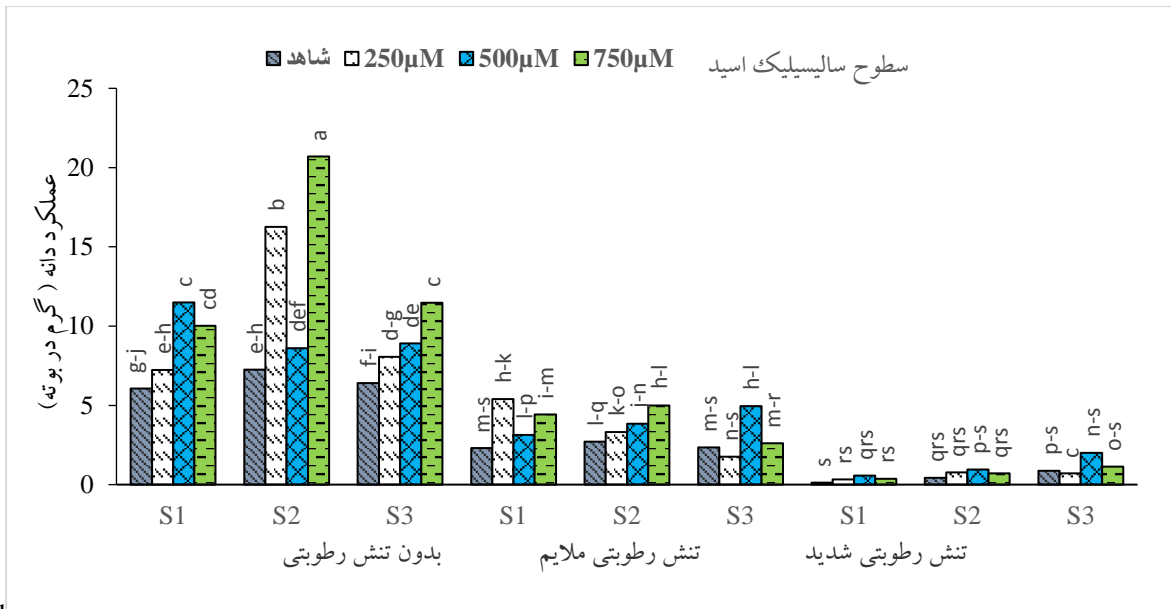
عملکرد بیولوژیک

بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک (۵۱/۳۶ گرم در بوته) در تیمار رطوبتی ظرفیت زراعی و کاربرد ۰/۳ درصد وزنی سوپر جاذب و ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و کم‌ترین آن (۷/۵۰ گرم در بوته) در تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بوده است (شکل ۲). با افزایش شدت تنش رطوبتی، عملکرد بیولوژیکی گیاه ماش کاهش یافته و در مقابل، با افزایش میزان سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید عملکرد افزایش یافته است. رشد گیاه تحت تأثیر مجموعه‌ای از فرایندهای

موجب افزایش عملکرد بیولوژیک رازیانه گردیده است (Mohtashami et al., 2015). Faraji et al. (2015) نیز گزارش کرده‌اند که سالیسیلیک‌اسید از طریق تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی، سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه مرزه شده است. همین‌طور، گزارش شده است که با افزایش مقدار سالیسیلیک-اسید در تمامی مقادیر، تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیک گیاه ماش افزایش داشت. بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به اثر ۴ میلی مولار سالیسیلیک‌اسید (با تعداد ۲۵ غلاف) در بوته و کمترین آن در تیمار شاهد (بدون استفاده از سالیسیلیک‌اسید) (با ۱۵ غلاف در بوته) بوده است (Khalili et al., 2017).

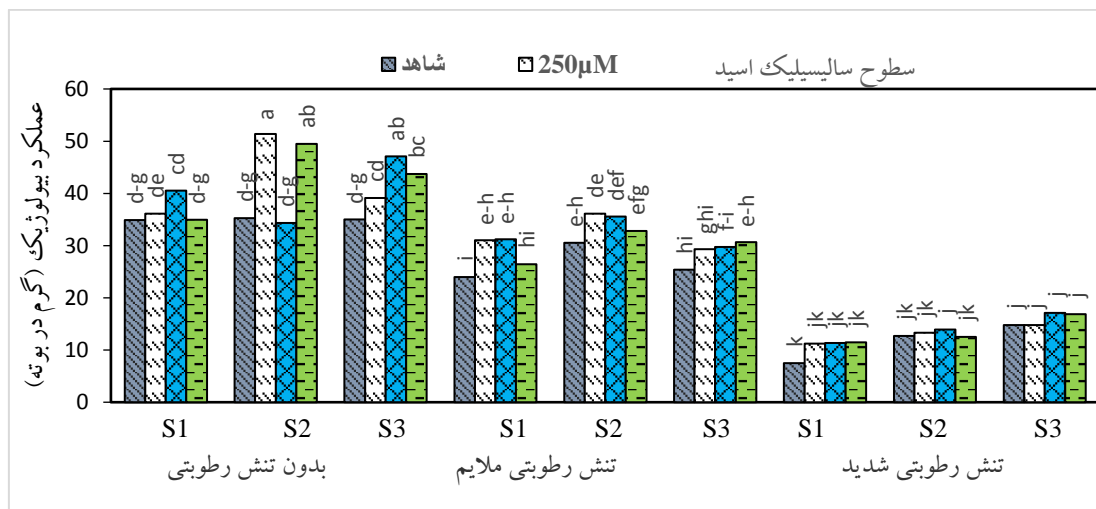
بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی است. این فرایندها رابطه مستقیم با میزان آب قابل‌دسترس داشته و با افزایش تنش رطوبتی، این فرایندها مختل شده و یا کاهش می‌یابند. بنابراین، گیاه نمی‌تواند حداکثر پتانسیل ماده خشک خود را تولید کند (Sadeghipour, 2008).

بر طبق گزارش Arazmjo et al. (2010) افزایش شدت کم-آبی، منجر به کاهش زیست‌توده و عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی بابونه گردیده، اما استفاده از سالیسیلیک‌اسید با گسترش سیستم ریشه‌ای، موجب جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی شد. همین‌طور، گزارش شده که سالیسیلیک‌اسید از طریق افزایش فتوسنتز برگها،



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد دانه ماش

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد دانه ماش



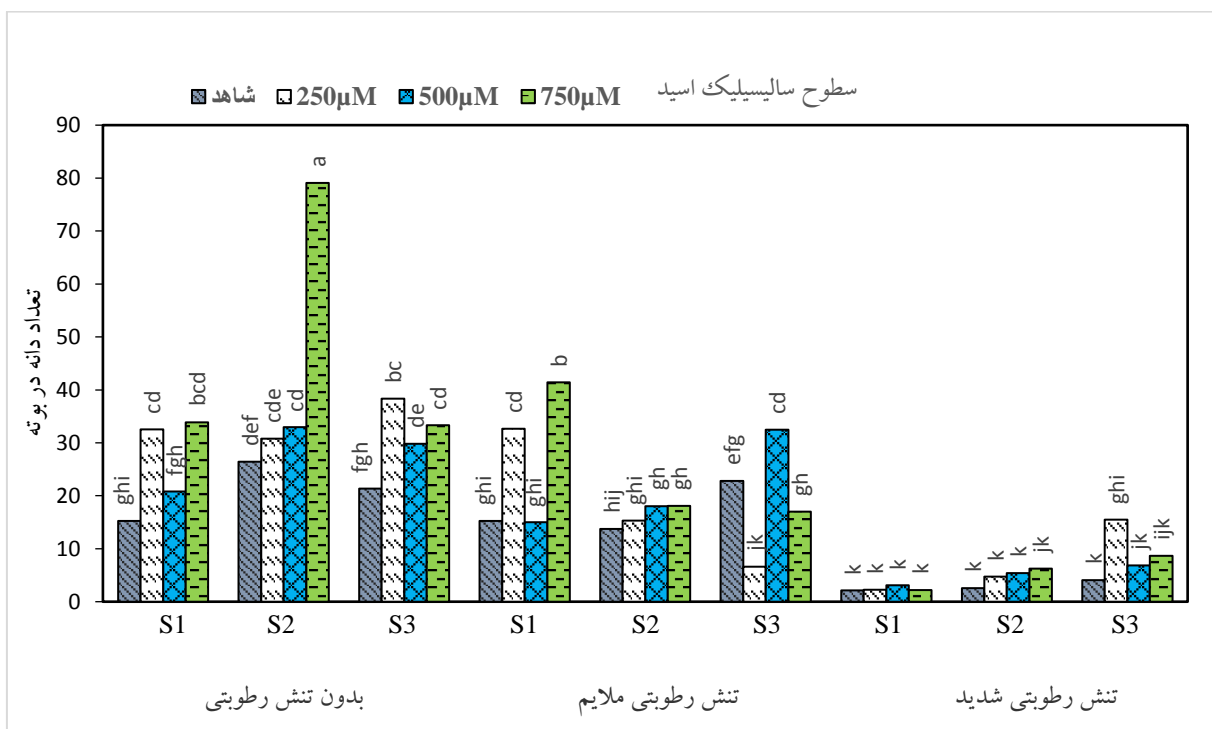
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد بیولوژیک

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد بیولوژیک

تعداد دانه در بوته

آبیاری کامل، زمینه‌ی توسعه کافی اندام‌های رویشی و تولید مناسب مواد فتوسنتزی فراهم شده و لذا، بیش‌ترین تعداد غلاف و در نتیجه بیش‌ترین تعداد دانه در این شرایط حاصل می‌شود. اما با وقوع تنش، تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی کاهش یافته و بنابراین، تعداد غلاف و در نتیجه تعداد دانه در گیاه کاهش می‌یابد. کاربرد توأم سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید نیز موجب افزایش تعداد دانه در بوته در مقایسه با شاهد شده است. به عبارت دیگر، سوپر جاذب با بهبود شرایط فیزیکی خاک و سالیسیلیک-اسید با اصلاح وضعیت فیزیولوژیکی گیاه، ضمن افزایش میزان جذب آب و عناصر غذایی، ظرفیت تولید آسمیلات‌ها را افزایش و باعث کاهش سقط غلاف‌ها می‌شوند (Majd et al., 2006). از طرفی، با محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید تا حدودی حفظ تعادل آب در گیاه برقرار می‌شود و شرایط برای تلقیح گله‌ای بیشتر فراهم می‌گردد و در نتیجه تعداد واحدهای زایشی در گیاه افزایش می‌یابد (Khalili et al., 2017).

بیش‌ترین تعداد دانه در بوته (۷۹/۰۷ دانه) در تیمار رطوبت کامل ظرفیت زراعی، ۰/۳ درصد وزنی سوپر جاذب و ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک‌اسید و کم‌ترین آن (۲/۱۶) در شرایط تنش شدید رطوبتی (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و بدون مصرف سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید به دست آمده است (شکل ۳). کمبود آب خاک اگرچه عمده‌ترین عاملی است که باعث کاهش رشد و عملکرد ماش در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گردد (Tomas et al., 2003)، اما به نظر می‌رسد سوپر جاذب از طریق تأمین آب و به دنبال آن برخی عناصر غذایی در مرحله بحرانی تشکیل دانه باعث کاهش سقط جنین و در نتیجه افزایش تعداد دانه‌های بارور آن می‌شود (Li et al., 2014). به گزارش Allahmoradi et al. (2011)، بیشترین مقدار نسبی آب (RWC) در اندام‌های هوایی گیاه ماش، در تیمار بدون تنش رطوبتی و کمترین آن در تیمار با تنش شدید رطوبتی به دست آمده است. به عبارتی، در شرایط



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید بر تعداد دانه در بوته S₃, S₂, S₁ به ترتیب کاربرد سوپر جاذب صفر، ۰/۳، ۰/۵ درصد وزنی

(شکل ۴). در تحقیقی مشابه، کاهش تعداد دانه در غلاف با اعمال تنش رطوبتی، در گیاه لوبیا قرمز نیز گزارش شده است (Mohammadzadeh et al., 2012). کاهش تعداد دانه در هر غلاف ممکن است هم نتیجه کاهش تعداد غلاف در هر بوته و هم ناشی از عقیمی گلچه‌های موجود در هر غلاف باشد. کاهش تعداد غلاف‌ها، احتمالاً از افزایش هورمون اسیدآبسیزیک در شرایط

تعداد دانه در غلاف

با افزایش تنش رطوبتی، تعداد دانه در غلاف کاهش یافته و لذا، کمترین تعداد دانه در غلاف در شرایط تنش شدید رطوبتی (۳۰ درصد ظرفیت زراعی) به دست آمده است. اما بین رطوبت‌های ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، از نظر تعداد دانه در غلاف، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود ندارد

ماش، در تیمار ۴ میلی مولار سالیسیلیک اسید (۹ دانه) و کمترین آن در تیمار بدون سالیسیلیک اسید (شاهد) (با ۸ دانه در غلاف) به دست آمده است (Khalili et al., 2017).

وزن صد دانه

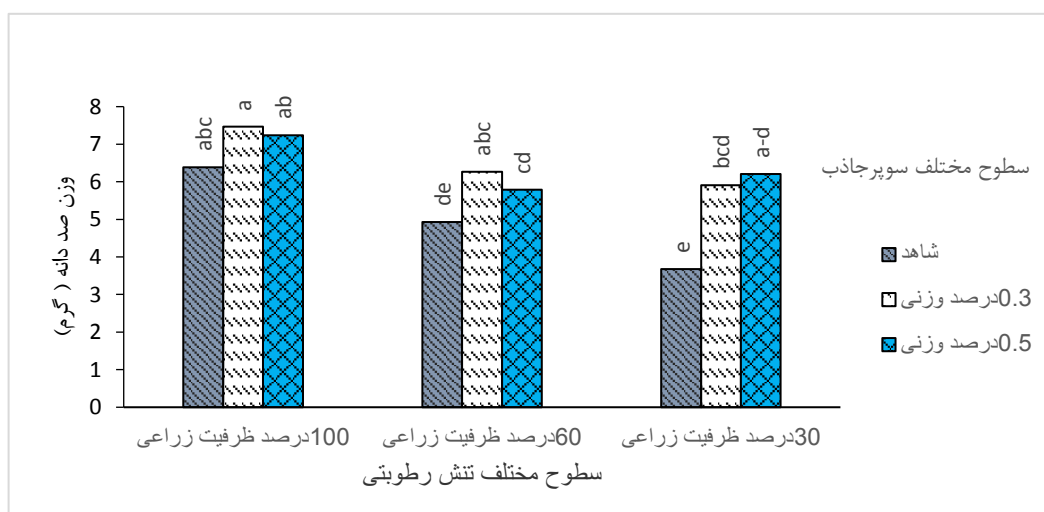
بیشترین وزن صد دانه (۷/۴۷ گرم) در شرایط رطوبتی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد ۰/۳ درصد وزنی سوپر جاذب و کمترین مقدار آن (۳/۶۸ گرم) در تیمار تنش شدید رطوبتی (رطوبت معادل ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و بدون کاربرد سوپر جاذب حاصل گردیده است (شکل ۵).

تنش ناشی شده باشد که زیادی این هورمون می تواند تعداد گل- های تلقیح شده و تعداد غلافها را کاهش دهد (Li et al., 2015). از طرف دیگر، اختلال در متابولیسم کربوهیدراتها به واسطه افزایش تنش، می تواند به کاهش مقدار کربوهیدراتهای قابل دسترس برای ارسال به اعضای ذخیره کننده منجر شده که در نتیجه، مقدار سقط جنین افزایش و تعداد دانه تشکیل شده کاهش می یابد (Tomas et al., 2003).

از طرف دیگر، سالیسیلیک اسید اثر معنی داری بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد داشته است. مشابه این نتایج، گزارش شده است که بیشترین تعداد دانه در غلاف در گیاه



شکل ۴- اثر تنش رطوبتی بر تعداد دانه در غلاف گیاه



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی و سوپر جاذب بر وزن صد دانه گیاه

می یابد (Ghadiri and Majidian, 2003). به عبارتی، در شرایط تنش رطوبتی، به دلیل کاهش دوره رشد زایشی و یا تسریع در بلوغ دانه‌ها، به اندام‌های زایشی خسارت وارد می‌شود. به عبارت دیگر، کاهش رطوبت خاک در مرحله رشد زایشی، باعث نقصان

وزن صد دانه تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده و شرایط محیطی از قبیل فراهم بودن رطوبت و عناصر غذایی در هنگام پرشدن دانه‌ها است. در شرایط رطوبتی مناسب و تأمین مواد پرورده، دانه‌ها درشت تر شده و در نتیجه وزن صد دانه افزایش

را افزایش دهد (Kadioglu *et al.*, 2011) و یا شاید در رابطه با انتقال بیشتر مواد آسمیلات فتوسنتز به دانه‌ها در طول پرشدن دانه‌ها مؤثر باشد (Gunes *et al.*, 2005)، اما به‌علت اینکه نمی‌تواند دیگر شرایط افزایش وزن دانه و از جمله دوره مؤثر زایشی را فراهم سازد، لذا اثر آن بر وزن صد دانه معنی‌دار نشد. یعنی چنین استنباط می‌شود که سالیسیلیک‌اسید اغلب بر فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه مؤثر است (Keshavarz and Khalili *et al.*, 2014). برخلاف این نتیجه، (Modarres Sanavy, 2014) گزارش کرده‌اند که وزن هزار دانه ماش تحت تأثیر سالیسیلیک‌اسید از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، بطوری‌که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۴ میلی-مولار سالیسیلیک اسید (۵۲ گرم) و کمترین آن در شرایط بدون سالیسیلیک اسید (شاهد) (۴۹ گرم) بود.

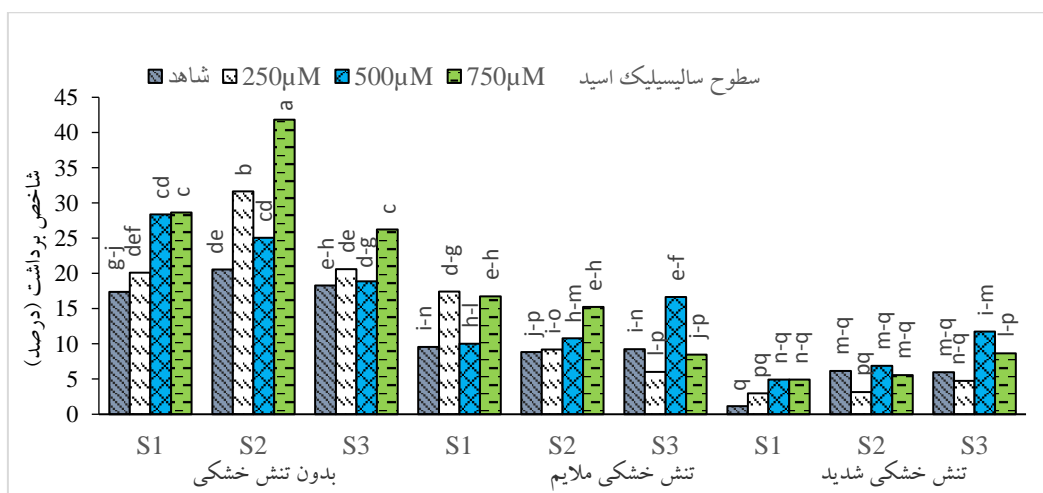
شاخص برداشت

با افزایش شدت تنش رطوبتی، شاخص برداشت کاهش پیدا کرده اما، با کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید این صفت بطور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. بیش‌ترین شاخص برداشت (۴۱/۸۲ درصد) در تیمار رطوبت کامل ظرفیت زراعی، ۰/۳ درصد وزنی سوپر جاذب و ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک‌اسید و کم‌ترین آن (۱/۱۳ درصد) در شرایط رطوبتی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید به دست آمد (شکل ۶).

فتوسنتز و کاهش سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه و در نتیجه، کاهش معنی‌دار وزن صد دانه می‌شود (Hall *et al.*, 1981). Denmead and Shaw (2001) نیز کاهش معنی‌دار پرشدن دانه در اثر اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد زایشی را گزارش و اظهار می‌دارند که تعدیل شرایط محیطی در این دوره، می‌تواند باعث بهبود عملکرد دانه گردد. مشابه این نتایج، گزارش شده که بیشترین ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ و وزن دانه در بوته ماش در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمده است (Sadeghipour, 2008).

از طرفی، سوپر جاذب می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و محتوای نسبی آب گیاه، پتانسیل آب سلول-ها را افزایش و در نتیجه، ظرفیت مواد پرورده و وزن صد دانه را افزایش دهد. به عبارت دیگر، علت افزایش وزن دانه‌ها در شرایط کاربرد پلیمر سوپر جاذب، افزایش دسترسی آب برای گیاه و همچنین، بهبود شرایط انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها بوده که در نتیجه از چروکیدگی شدن دانه‌ها نیز جلوگیری می‌کند. هر چند کاربرد سوپر جاذب می‌تواند با تأمین رطوبت خاک، طول مدت رشد زایشی را نیز افزایش دهد (Mortezavi *et al.*, 2015).

مطابق نتایج، اثر سالیسیلیک‌اسید و اثر متقابل آن با تنش رطوبتی، بر وزن صد دانه معنی‌دار نشد. به عبارت دیگر، هر چند این ماده می‌تواند از طریق تأثیر بر بیوسنتز اتیلن پیری برگ‌ها را به تأخیر انداخته و از این طریق مدت زمان حفظ سطح برگ را افزایش و به دنبال آن فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی، سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید بر شاخص برداشت گیاه S₃، S₂، S₁ به ترتیب بدون کاربرد سوپر جاذب، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی سوپر جاذب

گیاه ماش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به عبارتی، استفاده از سالیسیلیک‌اسید می‌تواند نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد ماش ایفا کرده و با کاربرد سالیسیلیک اسید، شاخص

به گزارش (Khalili *et al.*, 2017)، تفاوت بین سطوح سالیسیلیک‌اسید از نظر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

(2004). به عبارت دیگر، پلیمر سوپر جاذب با فراهم نمودن رطوبت لازم برای گیاه در طی پر شدن دانه، سبب افزایش عملکرد دانه و در نتیجه افزایش شاخص برداشت می‌شود (Allahdadi *et al.*, 2005). همین‌طور، گزارش شده است که اثرات متقابل تنش رطوبتی و سالیسیلیک‌اسید بر رشد و عملکرد و شاخص برداشت ذرت معنی‌دار بوده است (Mehrabian Moghaddam *et al.*, 2011). به عبارتی، با مصرف سالیسیلیک‌اسید، رشد و عملکرد و شاخص برداشت محصولات مختلف مانند ذرت و سویا افزایش یافته است (Abdel-Wahed *et al.*, Sharma and Kaur, 2013, 2006).

کارایی مصرف آب

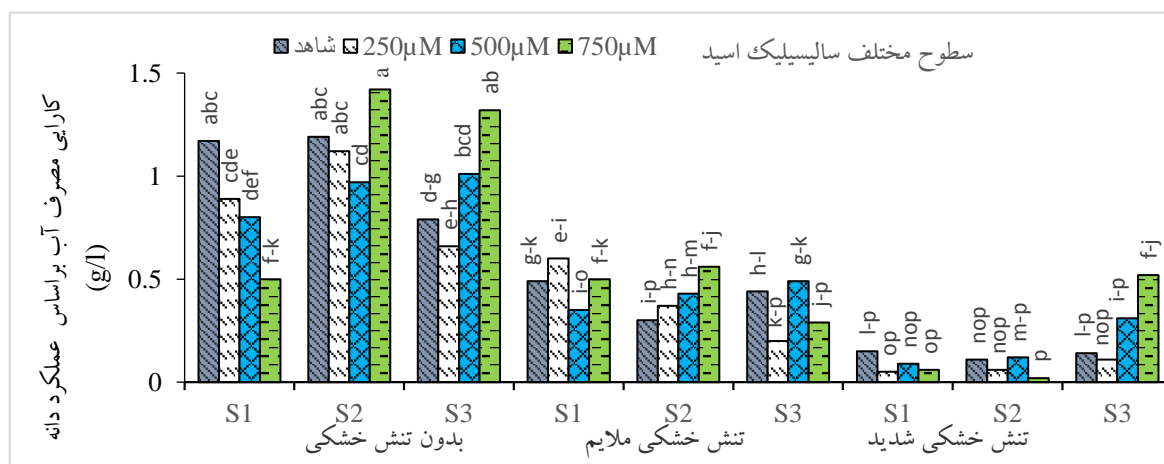
مقایسه میانگین‌های کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه نشان داد که بالاترین مقدار آن (۱/۴۲ گرم بر لیتر) در شرایط بدون تنش رطوبتی (رطوبت ۱۰۰ درصد FC) و کاربرد ۰/۳ درصد سوپر جاذب و ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک‌اسید به دست آمد (شکل ۷). محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در شرایط بدون تنش رطوبتی و بدون کاربرد سوپر جاذب تأثیری بر کارایی مصرف آب نداشت، اما با کاربرد سوپر جاذب ۰/۵ درصد، تأثیر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید مشاهده شد. چنین نتیجه‌ای برای شرایط تنش رطوبتی شدید هم وجود داشت، به طوری که با کاربرد سوپر جاذب ۰/۵ درصد، تأثیر مثبت محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید با افزایش غلظت آن تشدید شد. در مجموع، حداکثر تأثیر مثبت محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر کارایی مصرف آب، در شرایط تنش رطوبتی شدید و کاربرد سوپر جاذب ۰/۵ درصد بود، به طوری که با محلول‌پاشی ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک‌اسید نسبت به تیمار بدون محلول‌پاشی، کارایی مصرف آب به مقدار حدود ۲/۷ برابر افزایش یافت (از ۰/۱۴ به ۰/۵۲ گرم در لیتر).

برداشت در ماش بطور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین شاخص برداشت در ۴ میلی مولار سالیسیلیک‌اسید با ۳۳ درصد و کمترین آن در شرایط بدون سالیسیلیک‌اسید (شاهد) با ۲۹ درصد بود (Khalili *et al.*, 2017).

از طرف دیگر، گزارش شده که با افزایش تنش رطوبتی، شاخص برداشت گیاه همیشه بهار نیز کاهش یافته است (Shubhra *et al.*, 2014). از آنجا که در شرایط تنش رطوبتی و کمبود آب قابل دسترس گیاه، انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد، در نتیجه، عملکرد و به دنبال آن شاخص برداشت نیز کاهش می‌یابد (Abdel-Wahed *et al.*, 2006). بطورکلی، گزارش شده که تنش رطوبتی بطور معنی‌داری باعث کاهش رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش گردیده است (Allahmoradi *et al.*, 2011).

نتایج پژوهش (Khadem *et al.*, 2011) نیز نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش رطوبتی، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه ذرت کاهش یافته و در مقابل، با کاربرد پلیمر سوپر جاذب، تمامی این صفات افزایش داشته‌اند. به گزارش (Pour Esmaeel *et al.*, 2010) اثر پلیمر سوپر جاذب بر برخی از خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف لوبیا از قبیل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن صدانه و شاخص برداشت معنی‌دار بوده است. مشابه این نتیجه در خصوص اثر سوپر جاذب بر شاخص برداشت گیاه دارویی خردل گزارش شده است (Rahmani *et al.*, 2009).

پلیمرهای سوپر جاذب با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و سهولت دسترسی ریشه به آب و عناصر غذایی، شرایط رشد گیاه در مواقع تنش رطوبتی را بهتر می‌کنند (Abedi Ganji Khorram and Keykhani, Koupai and Sohrab, 2004).

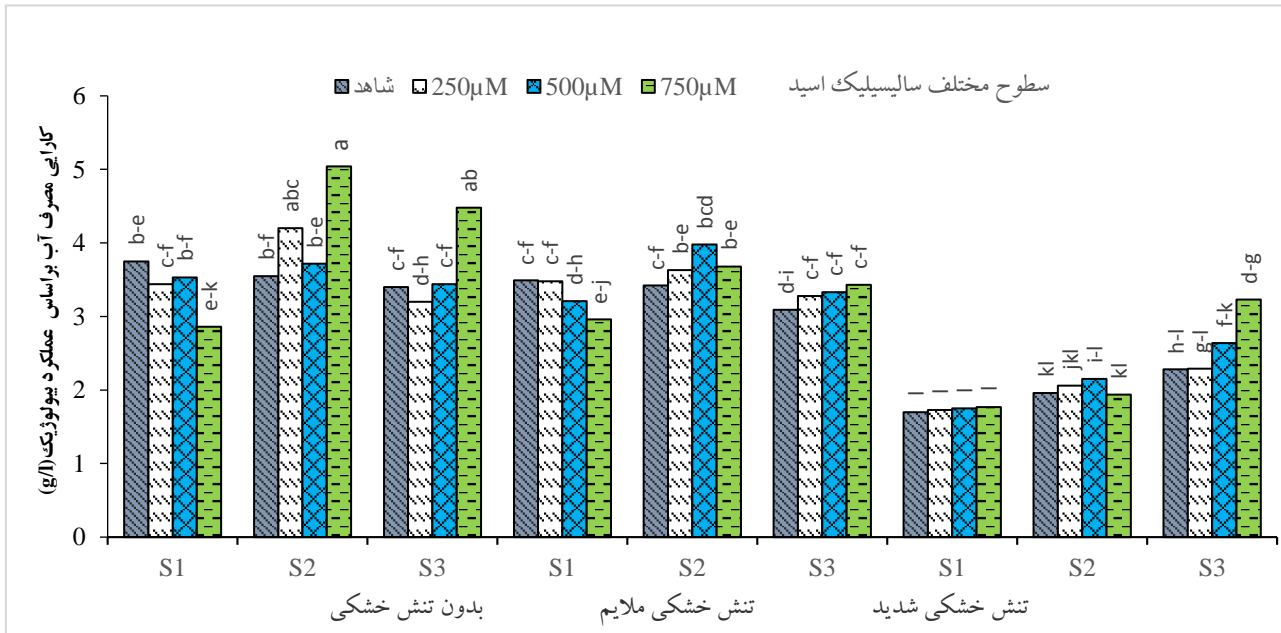


S₁, S₂, S₃ به ترتیب بدون کاربرد سوپر جاذب، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی سوپر جاذب

شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در سوپر جاذب و سالیسیلیک‌اسید بر کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه ماش

و ۴/۴۸ گرم بر لیتر) مشاهده شد (شکل ۸). سودمندی محلول- پاشی سالیسیلیک اسید در شرایط کاربرد سوپر جاذب، بالاتر از شرایط بدون کاربرد سوپر جاذب بود. چنین نتیجه‌ای برای هر سه شرایط رطوبتی صادق بود.

مشابه کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه، بالاترین مقدار کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیک نیز در شرایط بدون تنش رطوبتی و محلول پاشی ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و کاربرد سوپر جاذب ۰/۳ و ۰/۵ درصد (به ترتیب به مقدار ۵/۰۴



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش رطوبتی در سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد بیولوژیک

انتقال بهتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها گردد.

همین‌طور، اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش کارایی مصرف آب گیاه ماش شد. بالاترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد دانه (۱/۴۲ گرم بر لیتر) و بر اساس عملکرد بیولوژیک (۵/۰۴ گرم بر لیتر) در شرایط بدون تنش رطوبتی (رطوبت ۱۰۰ درصد FC) و کاربرد ۰/۳ درصد سوپر جاذب و ۷۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید به دست آمد. سودمندی محلول پاشی سالیسیلیک اسید برای هر سه شرایط رطوبتی، در شرایط کاربرد سوپر جاذب، بالاتر از شرایط بدون کاربرد سوپر جاذب بود. بطور کلی، پلیمر سوپر جاذب با تأثیر بر تولید کلیه بخش‌های گیاه می‌تواند از شدت تنش رطوبتی کاسته و باعث افزایش عملکرد اقتصادی و بیوماس کل و نهایتاً شاخص برداشت شود. علاوه بر سوپر جاذب، استفاده از هورمون‌های رشد نظیر سالیسیلیک اسید نیز می‌تواند با بهبود بسیاری از صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک، موجب افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش رطوبتی شود.

نتیجه‌گیری کلی

اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش تحت رژیم‌های مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش رطوبتی، عملکرد بیولوژیک ۷۸ درصد، شاخص برداشت ۷۰ درصد، تعداد دانه در غلاف ۳۰ درصد، سطح برگ ۷۰ درصد و محتوای نسبی آب برگ گیاه به میزان ۴۰ درصد کاهش یافت که البته این صفات با کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید نسبت به شاهد بطور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش شدت تنش رطوبتی، وزن صد دانه نیز حدود ۴۰ درصد کاهش یافت که البته با افزودن سوپر جاذب، این صفت افزایش پیدا کرد. به عبارتی، بیش‌ترین وزن صد دانه (۷/۴۷ گرم) در شرایط بدون تنش رطوبتی و کاربرد ۰/۳ درصد سوپر جاذب و کم‌ترین مقدار آن (۳/۶۸ گرم) در تیمار ترکیبی تنش رطوبتی ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد سوپر جاذب حاصل گردید. سوپر جاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک در مرحله پر شدن دانه، توانسته پتانسیل آب سلول‌ها را افزایش داده و باعث

REFERENCES

Abdel-Wahed, A., Amin A and Rashad, E. M. (2006) Physiological effect of some bioregulators on

vegetative growth yield and chemical constituents of yellow maize plants. *Agricultural Sciences*,

- 2,149-155.
- Abedi, T. and Pakntyat, E. (2015) Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Czech Journal Gen. Plant Breed*, 16, 27-34.
- Abedi Koupai, J., and Sohrab, F. (2004) Evaluating the application of superabsorbent polymers on soil water capacity and potential on three soil textures. *Iranian journal of polymer science and technology*, 3,163-173. (In Farsi)
- Allahdadi A., Moazzan Qamsari B. Akbari Gh. and Zohorian Mehr, M. (2005) Investigating the effect of different levels of Super-A200 water and different levels of irrigation on the growth and yield of corn fodder. *3th Seminar on the application of agricultural super-hydrogels*, Tehran, Iran. (In Farsi)
- Allahmoradi, P., M. Ghobadi, and Taherabadi, S. (2011) Physiological aspects of Mungbean (*Vigna radiate* L.) in response to drought stress. International conference on food engineering and biotechnology, *International congress of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 1,9: 272-275.
- Arazmjoo, A., M. Heidari and Ghanbari, A. (2010) The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25(4), 482-494. (In Farsi)
- Banedjschafie, S., Khosroshahi M. Jafari A.A. Khaksarian F. and Kashi Zenouzi, F. (2017) Effects of superabsorbent polymer and Plantbac panels on water consumption and growth in order to create green space in desert regions. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(1), 224-237.
- Bower C.A., (1952) Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Analysis. CRC, Press, USA.
- Diaz-Perez, J.C., Shckel K.L. and Sutter, E.G. (2006) Relative water content. *Annals of Botany*, 97, 85-96.
- Faraji A., B. Esmailpoor F. Sefidkon B. Abaszadeh and Khavazy, K. (2015) Effect of salicylic acid and putrescine on growth and essential oil compounds of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(4), 709-722.
- Ganji Khorram, N., and Keykhani, F. (2004) Use of PR 3005-A water superabsorbent polymer for the success of irrigation programs in arid and semi-arid regions, *1st Symposium of national resources loss prevention*, Tehran, Iran. (In Farsi)
- Gee, G.W., and Bauder, J.W. (1979) Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measured parameters. *Soil Science Society American Journal*, 43, 1004-1007.
- Ghadiri, H., and Majidian, M. (2003) Effect of nitrogen levels and cut off irrigation of corn at grain milking and soft dough stages on yield, yield components and water efficiency. *Science and Technology of Agriculture and Natural Research*, 2,103-112. (In Farsi)
- Gunes, A. Inal, A. Alpaslan, M. Cicek, N. Guneri, E. Eraslan, F. and Guzelordu, T. (2005) Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 51, 687-695.
- Hall, A.J., Lemcoff, J. H and Trapani N. (1981) Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components and their determinants. *Maydica*, 26, 19-38.
- Jackson, M.L., (1958) *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliff, 480p.
- Kadioglu, A. Saruhan, N. Saglam, A. Terzi, R. and Acet, T. E. (2011) Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. *Plant Growth Regular*, 64, 27-37.
- Khalili, A. Saki Nejad, T. and Babaei Nejad, T. (2017) Evaluation of yield and yield components of mung bean under the influence spraying humic acid fertilizer iron and salicylic acid. *Research in Agriculture*, 9(3), 106-120 (In Farsi)
- Keshavarz, H. and Modarres Sanavy, S.A.M. (2014) Effect of salicylic acid on chlorophyll, some growth characteristics and yield of two canola varieties. *Journal of Crop Production*, 7 (4), 167-178. (In Farsi)
- Khadem, S.A., Ramroudi, M. Galavi, M. and Rousta, M.J. (2011) The Effect of drought stress and different rates of animal manure with superabsorbent polymer on grain yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(1), 115-123. (In Farsi)
- Krishna, S., Surinder, K., Thind, S.K., and Gurpreet, K. (2004) Interactive effects of phenolic and light intensity on vegetative parameters and yield in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Environment Ecology*, 22, 390-394.
- Li, X., He, J.Z., Hughes, J.M., Lui, Y.R., Zheng, Y.M. (2014) Effects of superabsorbent polymers on a soil-corn system in the field. *Applied Soil Ecology*, 73, 58-63.
- Liu, E.K. Mei, X. R. Yan, C. R., Gong, D. Z. and Zhang, Y.Q. (2015) Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. *Agriculture Water Management*, 167, 75-85.
- Majd A., Maddah S.M., Fallahian F., Sabaghpour S.H., Chalabian F. (2006) Comparative study of the effect of salicylic acid on yield, yield components and resistance of two susceptible and resistant chickpea cultivars to *Ascochyta rabiei*. *Iranian Iranian Journal of Biology*, 19(3), 314-324. (In Farsi)
- Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M. www.SID.ir

- Nezhad, Gh. R. and Maghsoudi, K. (2011) Effect of Salicylic Acid on Growth and Forage and Grain Yield of Maize under Drought Stress in Field Conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 27(1), 41-55. (In Farsi)
- Mohammadzadeh, A., N. Majnoon Hossein, H. Moghadam, Akbari, M. (2012) Influence of water stress and nitrogen levels on seed yield and yield components in two red Kidney Bean genotypes, *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(1), 29-38. (In Farsi)
- Mohtashami, F., M. Pouryousef, B. Andalibi and Shekari, F. (2015) Effects of seed priming and foliar application of salicylic acid on yield and essence of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress condition. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(5), 841-852.
- Monnig, S. (2005) Water saturated super-absorbent polymers used in high strength concrete. *Journal of Otto- Graf*, 16(3), 193-202.
- Mortezaei, M. S., Tavakoli, A. Mohammadi, H. M. and Afsahi, K. (2015) Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar2 cultivar under dry farming condition. *Agronomy Journal (Pajouhesh and) Sazandegi*, 104, 118-125. (In Farsi)
- Omidi, F. Movahadi and Movahadi, S.H. (2012) The effect of salicylic acid and scarification on germination characteristics and proline, protein and soluble carbohydrate content of *Prosopis farcta* L.) seedling under salt stress. *Range and Desert Research*, 18(4): 608-623.
- Pour Esmaeel, P., Habibi, D. Tavassoli, A. Zahedi, H. and Tohidi Moghadam, H.R. (2010) The effect of water super absorbent polymer on agronomic and physiological characters of red bean varieties under drought stress in greenhouse condition. *Plant and Ecosystem*, 21, 75-91. (In Farsi)
- Rafiei, F. Nourmohamadi, G. Chokan, R. Kashani, A. and Haidari Sharif Abad, H. (2013) Investigation of superabsorbent polymer usage on maize under water stress. *Global Journal of Medicinal Plant Research*, 1, 82-87.
- Rahmani, M.,D., Habibi, A.H. Shiranirad, J. Daneshian, A. Valadabadi, M. Bojar, M. and Khalatbari, A.H. (2009) Effect of superabsorbent polymer on performance, activity of antioxidant enzymes (Catalase and superoxide dismutase) and cytoplasmic membrane stability in mustard under water stress. *Plant and Ecosystem*, 22, 19-38. (In Farsi)
- Sadeghipour, O., (2008) Effect of withholding irrigation at different growth stages on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiate* L.) varieties. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4 (5) 590-594.
- Salarpour Ghoraba, F., and Farahbakhsh, H. (2014) Effects of drought stress and salicylic acid on morphological and physiological traits of (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Agricultural Crop Management*, 16(3), 765-778. (In Farsi)
- Senatena, T., (2003) Acetyl salicylic (aspirin) and salicylic acid induced multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regulation*, 30,157-161.
- Sharma, K. and Kaur, S., (2013) Effect of salicylic acid, caffeic acid and light intensity on yield and yield-contributing parameters in soybean (*Ghjcine wax* L.). *Environment and Ecology*, 28(2), 332-335.
- Shekari, F. Javanmard, A. Abbasi, A. (2015) Effects of super-absorbent polymer application on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Biological*, 7(3), 361-366.
- Shubhra, T.K., Dayal, J., Goswami, C.L., and Munjalt, R. (2014) Effect of water deficit on oil of calendula aerial parts. *Biologia Plantarum*. 58(3), 445 448.
- Tohidi-Moghadam, H. R. Shirani-Rad, A. H. Nour-Mohammadi, G. Habibi, D. Modarres-Sanavy, S. A. M. Mashhadi-Akbar-boojar, M. and Dolatabadian, A. (2009) Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 39(3), 243-250.
- Tomas, M., Roberson, J., Fukai, S. and Peopels, M.B. (2003) The effect of timing and servery of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. *Field crop Research*, 86(1), 67-80.
- Walkley A., and Black, I. A. (1934) A method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63,251-263.