



Original Article

Application of Bentonite and Salicylic Acid Benefits Growth and Fruit Yield of Khatooni Melon under Drought Stress

Hossein Nastari Nasrabadi¹, Seyed Hossein Nemati *², Mohammad Kafi³ and Hossein Aroiee⁴

1. Ph.D. Graduate student, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran and Assistant Professor, Department of Horticulture Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Animal Science, University of Torbat-e Jam, Torbat e Jam, Khorasan Razavi, Iran

2. and 4. Assistant Professor and Associate Professor, Respectively, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Extended Abstract

Introduction: Melon (*Cucumis melo* L.) is an annual plant from Cucurbitaceae family and has a very high diversity in Iran and the world. The Khatooni variety is a melon variety widely cultivated in Khorasan Razavi Province, north-east of Iran. The growth and yield of agricultural crops are affected by environmental stresses. Drought stress is one of the most critical environmental stresses that limit crop production, particularly in arid and semi-arid regions. Salicylic acid has diverse physiological roles in plants, including improving plant growth and photosynthesis. Some researches have indicated that watermelon growth and yield may increase by applying salicylic acid under drought stress conditions. Another criterion for improvement in using water resources is the use of superabsorbent polymers. Bentonite has the ability to absorb water and minerals and prevent the leaching of minerals in the soil. Therefore, the aim of this study was to evaluate the role of salicylic acid and bentonite and investigate their interaction in mitigating drought stress and increase the quality and yield of melon.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of bentonite superabsorbent and salicylic acid on Khatooni melon under drought stress conditions, a split factorial experiment based on a randomized complete block design with four replications was performed in two years. Irrigation factor was applied at 3 levels: 100, 80 or 60% of water requirement. Foliar spraying of salicylic acid was done at 70 or 100 ppm when the fruits had a diameter of 10 cm, and repeated after 20 days. Bentonite was applied at two levels (0 and 0.15% by weight per ha). Bentonite was mixed with the upper 30 cm of the soil depth. In each experimental unit, the distance between plants was 70 cm on each row and the rows distanced 3 m apart. In order to prevent water penetration between adjacent plots a 6 m distance was considered between experimental units, i.e. plots. Stem length, leaf area, chlorophyll content, relative water content, total soluble solids, and fruit yield were measured. Minitab software was used for statistical analysis. Comparison of means was performed using Duncan's multiple range test at a 5% probability level, and Excel software was used to draw the graphs.

Received: Aug. 16, 2024; Revised: Oct. 05, 2024; Accepted: Oct. 19, 2024; Published Online: Mar. 15, 2025.

* Corresponding Author: nemati@um.ac.ir



Results and Discussion: A decreasing trend in stem length with increasing drought stress was observed in the studied treatments (Table 2). Mean comparison of triple interaction effects showed that the application of bentonite and salicylic acid in different irrigation treatments increased stem length (Table 2). The lowest stem length (194.36 cm) was obtained in the presence of 60% water requirement, absence of bentonite and salicylic acid, indicating a 31.2% decrease compared to the control (in the presence of 100% water requirement, absence of bentonite and salicylic acid). The highest stem length (346.89 cm) was recorded in the presence of 100% water requirement, bentonite application, and 100 ppm of salicylic acid, i.e. a 22.7% increase in stem length compared to the control. With increasing drought stress, leaf area decreased, so that in severe stress (60% water requirement) and moderate stress (80% water requirement) conditions, leaf area decreased by 28.47% and 23.76%, respectively, compared to the control. Results showed that with increasing drought stress, the content of chlorophyll a, b and total chlorophyll significantly decreased. The lowest amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll was recorded in the presence of 60% water requirement and absence of salicylic acid, i.e. 26.0, 36.6 and 28.6% decreases, respectively, compared to the control (in the presence of 100% water requirement and absence of salicylic acid). With increasing drought stress, the relative leaf water content decreased significantly. In each irrigation treatment by bentonite application and salicylic acid, the relative leaf water content increased. The highest (88.19%) and the lowest (75.95%) relative leaf water content was recorded in the combined treatment of 100% water requirement, bentonite and 100 ppm of salicylic acid and the combined treatment of 60% water requirement, without bentonite and salicylic acid, respectively. With increasing drought stress, the amount of total soluble solids increased. No significant difference was observed between 80% and 60% water requirement treatments. However, the highest amount of total soluble solids was recorded when the melon plants were exposed to the 60% water requirement treatment. The results showed that with increasing drought stress, fruit yield decreased significantly. Under each of the irrigation treatments fruit yield increased significantly in the presence of bentonite and salicylic acid, particularly 100 ppm salicylic acid.

Conclusions: Based on the results of this research, it can be concluded that under water deficit conditions, using bentonite and salicylic acid are capable to mitigate the effects of drought stress on melon plants, mainly through reducing water consumption, leading to increased fruit yield and quality.

Keywords: Chlorophyll content, Stem length, Leaf area, Relative water content.

How to Cite: Nastari Nasrabadi H., Nemati S. H., Kafi M., Aroiee H. Application of bentonite and salicylic acid benefits growth and fruit yield of khatooni melon under drought Stress. *J. Crop Product. Process.* 2025, 15(1), 19-31 (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.15.1.37792





مقاله پژوهشی

بهبود رشد و عملکرد خربزه خاتونی با کاربرد بنتونیت و سالیسیلیک اسید تحت تنش خشکی

حسین نستری نصرآبادی^۱، سید حسین نعمتی^{*}^۲، محمد کافی^۳ و حسین آروئی^۴

چکیده - به منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید (صفر، ۷۰ و ۱۰۰ پی پی ام) و بنتونیت (صفر و ۰/۱۵٪ وزنی) بر عملکرد، شاخص‌های رشد و مقاومت به خشکی در خربزه خاتونی، توده بومی استان خراسان رضوی، در سطوح مختلف آبیاری (۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی) آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار و در دو سال متولی به صورت تجزیه مرکب در شهرستان تربت جام اجرا شد. هنگامی که میوه‌ها به اندازه ۱۰ سانتی متر طول رسیدند محلولپاشی با سالیسیلیک اسید انجام شد و تکرار محلولپاشی با فاصله ۲۰ روز انجام شد. سوپر جاذب بنتونیت تا عمق ۳۰ سانتی متری با خاک مخلوط شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی طول ساقه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی و عملکرد به طور معنی داری کاهش می‌یابد. کاربرد بنتونیت و مقدار ۱۰۰ پی پی ام سالیسیلیک اسید در شرایط تنش باعث بهبود صفات رویشی و کاهش اثرات تنش خشکی و افزایش عملکرد شد. کمترین مقدار عملکرد (۹/۱۴ تن در هکتار) در شدیدترین تنش خشکی (۶۰٪ نیاز آبی) و عدم کاربرد بنتونیت و سالیسیلیک اسید ثبت شد که نسبت به شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی و بدون کاربرد بنتونیت و سالیسیلیک اسید) ۴۴/۲٪ کمتر بود با افزایش تنش خشکی میزان مواد جامد محلول کل افزایش یافت، اختلاف معنی داری بین تیمارهای ۸۰ و ۶۰٪ نیاز آبی مشاهده نشد ولی بهر حال بیشترین مقدار (۲/۱۲٪) مواد جامد محلول کل در تیمار ۶۰٪ نیاز آبی ثبت شد، که نسبت به شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) ۱۱/۶۱٪ بیشتر بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با استفاده از سوپر جاذب طبیعی بنتونیت و سالیسیلیک اسید به عنوان یک ماده ضد تنش، می‌توان اثرات تنش خشکی را کاهش داد و به عنوان یک راهکار در مناطق خشک و نیمه خشک تولید خربزه توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، طول ساقه، محتوای رطوبت نسبی، محتوای کلروفیل.

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۵/۲۶، بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷، اولین انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

- دانش آموخته دکتری، گروه علوم باگبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران و استادیار، گروه علوم و مهندسی باگبانی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، تربت جام، خراسان رضوی، ایران
- بهترتبیب استادیار و دانشیار، گروه علوم باگبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*: نویسنده مسئول، رایانame: nemati@um.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. © ۱۴۰۳

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیر تجاری از آن مشروع بر استناد حیج به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:



مقدمه

یکی دیگر از روش‌های استفاده بهینه از منابع آب استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب است. بتونیت از جمله سوپرجاذب‌های طبیعی است که مخلوطی از کانی‌های رسی بوده و دارای چسبندگی زیادی است (۳۳). بتونیت‌ها دارای بار منفی زیادی است در نتیجه با کاتیون‌هایی از قبیل منیزیم، پاتسیم، سدیم به حالت تعادل در می‌آیند. بنابراین به عنوان یک ماده خشی با pH نرمال یا قلیایی ضعیف عمل می‌کنند. بتونیت قابلیت جذب آب و مواد معدنی دارد و از شسته شدن مواد معدنی موجود در خاک جلوگیری می‌کند و در نتیجه باعث باعث حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۳ و ۳۳).

بنابراین، هدف از این مطالعه، ارزیابی نقش سالیسیلیک اسید و بتونیت به عنوان سوپرجاذب طبیعی و بررسی اثرات متقابل آنها برای کاهش اثرات تنش خشکی و افزایش کیفیت و عملکرد خربزه بود.

مواد و روش‌ها**الف) طرح پژوهشی و تیمارها**

به منظور بررسی اثر سوپرجاذب بتونیت و سالیسیلیک اسید بر خربزه خاتونی در شرایط تنش خشکی آزمایشی به صورت تجزیه مرکب اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار در دو سال اجرا شد. عامل آبیاری در ۳ سطح ۱۰۰، ۸۰ یا ۶۰٪ نیاز آبی اعمال شد، محلولپاشی با غلظت ۷۰ یا ۱۰۰ پی‌پی‌ام هنگامی که میوه‌ها به اندازه ۱۰ سانتی‌متر طول رسیدند انجام شد. محلولپاشی ۲۰ روز بعد تکرار شد. بتونیت در دو سطح صفر یا ۱۵٪ درصد وزنی در هکتار تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک در زمان آماده سازی بستر کاشت استفاده شد.

ب) اجرای آزمایش

این پژوهش در زمینی به مساحت ۲۰۰۰ مترمربع به صورت زیر اجرا شد: در هر واحد آزمایشی فاصله بوته‌ها در ردیف ۷۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف‌ها ۳ متر بود و بین واحدهای آزمایشی نیز ۶ متر فاصله جهت جلوگیری از نفوذ آب و تاثیر عامل آبیاری در هر تیمار در نظر گرفته شد. نیاز آبی طبق نرم‌افزار بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی

خربزه (*Cucumis melo* L.) گیاه یکساله و یک پایه متعلق به خانواده کدوئیان و دارای تنوع بسیار بالایی در ایران و جهان است. رقم خاتونی، رقم معروف خربزه استان خراسان رضوی است که در سطح وسیع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. خربزه یکی از مهمترین محصولات شهرستان تربت‌جام است که نقش بسیار مهمی در اقتصاد و اشتغالزایی منطقه دارد. رشد و عملکرد محصولات کشاورزی تحت تاثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. کاهش منابع آب با کیفیت برای آبیاری یکی از بزرگترین تهدیدهای امنیت غذایی بشراست. زیرا منابع آب دنیا در حال محدود شدن است. در حالی که تقاضا برای غذا به سرعت در حال افزایش است. ایران و از جمله دشت تربت‌جام با دارا بودن ۹۷۸ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق، به لحاظ منابع آب با بحران شدید مواجه است.

میرعابد و همکاران (۲۲) و کشاورزپور و رشیدی (۱۷) در مطالعات خود نشان دادند که تحت تنش خشکی عملکرد طالبی کاهش می‌یابد. همچنین نستری نصرآبادی و همکاران (۲۶) گزارش کردند عملکرد هندوانه تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد.

آزمایشات مختلف، پتانسیل سالیسیلیک اسید را به عنوان یک محرك دفاعی گیاه در برابر تنش‌های غیرزیستی بر جسته کرده است (۲۶ و ۳۰). سالیسیلیک اسید به عنوان یک گروه از ترکیبات فنولی، دارای یک حلقه آروماتیک متصل به یک گروه هیدروکسیل بوده که به عنوان یک القاء‌کننده موثر در بیان ژن‌های مقاومت به تنش شناخته شده است (۱۶). سالیسیلیک اسید نقش‌های فیزیولوژیکی متنوعی در گیاه دارد که شامل بهبود رشد گیاه (۱۸)، القاء گلدهی، جذب مواد غذایی، بیوسنتز اتیلن، فتوسترنز و مقاومت به بیماری‌ها و تنش‌های غیر زنده است (۹ و ۱۵). گزارش شده در میان تنش‌های غیر زنده سالیسیلیک اسید برای مقابله با تنش فلزات سنگین (۶)، دمای پایین (۳۴)، دمای بالا (۱۳)، شوری (۲۵ و ۲۸) و تنش خشکی (۲۷ و ۳۰) موثر است. نستری نصرآبادی و همکاران (۲۹) گزارش کردند رشد و عملکرد هندوانه با استفاده از سالیسیلیک اسید تحت تنش خشکی بهبود یافت. همچنین گزارش شده است عملکرد خربزه تحت تنش خشکی با کاربرد سالیسیلیک اسید افزایش یافت (۲۴).

$$\left(\frac{mg}{g} f.w\right) = Chl.a + Chl.b \quad \text{رابطه ۴}$$

در این رابطه ها V حجم نهایی عصاره بر حسب میلی لیتر، W وزن تر بافت گیاهی بر حسب گرم و A جذب نور در طول موج های مورد نظر هستند.

صرف آب کشاورزی (OPTIWAT) طراحی شده توسط علیزاده و کمالی (۱) به صورت روزانه بر اساس تاریخ کاشت در هر سال تعیین شد. دور آبیاری بر اساس عرف منطقه هفت روز انتخاب شد و میزان آب لازم بر اساس نیاز آبی در مدت ۷ روز جمع و مقدار آب مورد نیاز توسط کنتور حجمی اندازه گیری شد.

د) آنالیز داده ها

از نرم افزار Minitab برای تجزیه آماری استفاده شد. مقایسه میانگین صفات بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

طول ساقه

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثرات متقابل سه گانه آبیاری، بنتوتیت و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شدند (جدول ۱). روند کاهش طول ساقه با افزایش تنش خشکی در تیمارهای مورد مطالعه مشاهده شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد با کاربرد بنتوتینیت و سالیسیلیک اسید در تیمارهای مختلف آبیاری طول ساقه افزایش یافت که این افزایش در تیمار ۱۰۰ پی پی ام سالیسیلیک اسید بیشتر بود و اختلاف معنی داری با عدم کاربرد بنتوتینیت و سالیسیلیک اسید در هر تیمار آبیاری داشت (جدول ۲). کمترین طول ساقه (۱۹۴ سانتی متر) در تیمار ترکیبی نیاز آبی ۶۰٪، بدون بنتوتینیت و سالیسیلیک اسید به دست آمد که نسبت به شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی)، بدون بنتوتینیت و سالیسیلیک اسید (۳۱/۲٪ کاهش نشان داد. بیشترین طول ساقه (۳۴۶ سانتی متر) در ترکیب تیمار نیاز آبی ۱۰۰٪ با کاربرد بنتوتینیت و ۱۰۰ پی پی ام سالیسیلیک ثبت شد که باعث افزایش ۲۲/۷٪ طول ساقه نسبت به شاهد شد. تنش خشکی باعث کاهش طول گیاه در خریزه شد، به طوری که با افزایش شدت تنش طول گیاه بیشتر کاهش یافت. کاهش محتوای آب سلول ها باعث افزایش غلاظت شیره سلولی شده که فعالیت های آنزیمی و

ج) صفات مورد مطالعه

در این آزمایش طول ساقه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، مواد جامد محلول کل و عملکرد اندازه گیری شد. طول ساقه با متر و سطح برگ به وسیله دستگاه سطح سنج برگ اندازه گیری شد. در این آزمایش، محتوای نسبی آب برگ بر اساس رابطه (۱) به دست آمد.

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه FW وزن تر، DW وزن خشک و TW وزن اشباع است. وزن اشباع با قرار گرفتن نمونه ها در آب به مدت ۲۴ ساعت در شرایط تاریکی به دست آمد، سپس این نمونه ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و وزن خشک آنها اندازه گیری شد (۱۲).

میزان کلروفیل بر اساس روش لیچتالر (۲۰) انجام شد. طبق این روش ۰/۲ گرم از بافت برگ وزن و در هاون چینی حاوی ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰٪ ساییده شد. سپس محتوای هاون چینی بر روی کاغذ صافی و اتمن شماره ۱ که در قیف شیشه ای قرار داشت ریخته و صاف شد. دوباره محلول با افزودن استون ۸۰٪ به ۱۵ میلی لیتر رسانده شد. سپس ۳ میلی لیتر از این محلول که حاوی کلروفیل a و b بود در کوott ریخته شد و شدت جذب آن در طول موج های ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل b توسط دستگاه اسپکترو فوتومتر قرائت شد و پس از محاسبه کلروفیل a (رابطه ۲) و b (رابطه ۳) مجموع آنها به عنوان کلروفیل کل (رابطه ۴) لحاظ شد.

$$Chl.a \left(\frac{mg}{g} f.w \right) = [12.7(A663) - 2.69(A645)] \times \frac{V}{1000} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$Chl.b \left(\frac{mg}{g} f.w \right) = [22.9(A645) - 4.68(A663)] \times \frac{V}{1000} \quad \text{رابطه ۳}$$

جدول (أ) جزءه وأرباس (إيكين ميرعات) صفات مواد مطاعنة كيما حزيره با كاربرد پتروليوم و محلول پاشی ساليسيليك اسیده در سطوح مختلف اپاری.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری، بتونیت و سالیسیلیک اسید بر طول ساقه، محتوای رطوبت نسبی برگ و عملکرد میوه خربزه.

آبیاری	بتنیت	سالیسیلیک اسید	طول ساقه (سانتی متر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	عملکرد (تن/ هکتار)
		بدون سالیسیلیک اسید	۲۸۲ ^c ± ۳/۲۱	۷۵/۷ ^{cd} ± ۰/۷۷	۶۲/۹ ^{bc} ± ۰/۷۸
	بدون بتنیت	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۳۰۴ ^{cd} ± ۷/۲۳	۷۷/۱ ^{bc} ± ۱/۱۹	۲۷/۴ ^{bc} ± ۰/۲۲
۱۰۰٪ نیاز آبی		سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	۳۱۷ ^b ± ۲/۲۱	۷۹/۹ ^b ± ۲/۲۱	۲۷/۸ ^b ± ۰/۴۸
کاربرد		بدون سالیسیلیک اسید	۳۰۵ ^c ± ۳/۲۸	۷۸/۷ ^{bc} ± ۰/۲۸	۲۷/۴ ^{bc} ± ۰/۱۳
بتنیت		سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۳۱۸ ^b ± ۷/۰۱	۷۹/۷ ^{bc} ± ۱/۰۱	۲۸/۳ ^{ab} ± ۰/۱۱
		سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	۳۴۶ ^a ± ۶/۵۹	۸۸/۲ ^a ± ۲/۴۷	۲۹/۵ ^a ± ۰/۲۲
		بدون سالیسیلیک اسید	۲۱۸ ^g ۱±۴۲	۶۲/۸ ^{gh} ۱±۱۲	۲۱/۳ ^{ef} ۰±۲۷
	بدون بتنیت	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۲۵۳ ^e ± ۷/۴۱	۶۸/۳ ^{ef} ± ۱/۱۰	۲۲/۲ ^e ± ۰/۲۴
۸۰٪ نیاز آبی		سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	۲۷۹ ^e ± ۵/۰۲	۷۲/۴ ^{de} ± ۱/۹۵	۲۵/۸ ^c ± ۰/۱۵
کاربرد		بدون سالیسیلیک اسید	۲۵۳ ^f ± ۴/۸۵	۶۷/۹ ^f ± ۰/۸۳	۲۳/۸ ^d ± ۰/۱۴
بتنیت		سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۲۵۹ ^{cd} ۶±۰۱	۷۰/۵ ^{ef} ۰±۷۰	۲۶/۱ ^c ۰±۲۱
		سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	۲۹۳ ^d ± ۶/۵۴	۸۵/۶ ^a ± ۱/۴۵	۲۷/۸ ^b ± ۰/۱۲
		بدون سالیسیلیک اسید	۱۹۴ ⁱ ± ۸/۵۹	۵۷/۹ ⁱ ± ۱/۲۳	۱۵/۰ ^h ± ۰/۱۸
	بدون بتنیت	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۲۰۸ ^h ± ۷/۸۳	۶۱/۹ ^h ± ۱/۴۱	۱۶/۶ ^g ± ۰/۱۵
۶۰٪ نیاز آبی		سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	۲۵۴ ^f ۷±۴۶	۶۸/۴ ^{ef} ۱±۸۲	۱۶/۹ ^g ۰±۱۷
کاربرد		بدون سالیسیلیک اسید	۲۲۵ ^g ± ۳/۲۷	۶۶/۲ ^{fg} ± ۱/۳۷	۱۶/۰ ^{gh} ± ۰/۲۶
بتنیت		سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۲۴۴ ^f ± ۵/۲۱	۶۹/۱ ^{ef} ± ۱/۴۸	۱۶/۹ ^g ± ۰/۱۷
		سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	۲۷۸ ^e ± ۴/۳۸	۷۲/۴ ^{de} ± ۱/۳۴	۲۰/۰ ^f ± ۰/۱۵

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

با خاک مخلوط می‌شود، آب قابل دسترس ریشه و همچنین جذب مواد غذایی را بهبود می‌بخشد (۱۸). با کاربرد سالیسیلیک اسید طول ساقه افزایش یافت، که این افزایش احتمالاً به دلیل افزایش پتانسیل اسمزی و حفظ فشار تورگور در سلول‌های گیاه است. همچنین احتمال داده می‌شود که سالیسیلیک اسید بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی شود که این خود می‌تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد. از طرفی، به نظر می‌رسد سالیسیلیک اسید با افزایش میزان کلروفیل، خصوصاً در برگ‌هایی که در آغاز پیری هستند می‌تواند سبب افزایش فتوستز و درنتیجه افزایش رشد شود (۸).

اندامک‌های درون سلولی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، با افزایش تنش آب و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ها کاهش و به تبع آن فتوستز کمتر شده و در نهایت طول گیاه کاهش می‌یابد (۵). بزرگر و همکاران (۴) نیز در مطالعه اثر تنش کم آبی بر روی خربزه گزارش کردند که طول ساقه با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. در شرایط تنش خشکی حفظ آب خاک برای رشد گیاه از اهمیت بالایی برخوردار است. با کاربرد مواد نگهدارنده رطوبت در شرایط تنش می‌توان خسارت خشکی را کاهش داد. بتونیت با دارا بودن ظرفیت بالای نگهداری آب وقتی کاهش داد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده آبیاری بر سطح برگ و مواد جامد محلول کل میوه خربزه.

آبیاری	سطح برگ (متر مربع)	مواد جامد محلول کل (درصد)
۱۰۰ درصد نیاز آبی	۴/۰۴ ^a ± ۰/۵۰	۱۰/۹۶ ^b ± ۰/۶۶
۸۰ درصد نیاز آبی	۲/۰۸ ^a ± ۰/۴۵	۱۲/۰۲ ^a ± ۰/۷۸
۶۰ درصد نیاز آبی	۲/۸۹ ^c ± ۰/۰۵۳	۱۲/۲۱ ^a ± ۰/۶۲

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دان肯 تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل بتنویت و سالیسیلیک اسید بر سطح برگ، کلروفیل a و مواد جامد محلول کل میوه در گیاه خربزه.

بتنویت	سالیسیلیک اسید	سطح برگ (متر مربع)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	مواد جامد محلول کل (%)
بدون بتنویت	بدون سالیسیلیک اسید	۲/۶۶ ^e ± ۰/۳۸	۵/۳۱ ^d ± ۰/۴۷	۱۱/۵۲ ^c ± ۰/۴۴
کاربرد بتنویت	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۲/۹۸ ^d ± ۰/۳۵	۵/۵۳ ^b ± ۰/۵۵	۱۱/۸۸ ^b ± ۰/۷۰
بدون سالیسیلیک اسید	سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	۳/۶۰ ^b ± ۰/۴۱	۶/۳۷ ^b ± ۰/۵۳	۱۲/۴۰ ^a ± ۰/۸۱
بدون سالیسیلیک اسید	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۳/۳۰ ^c ± ۰/۲۵	۵/۹۴ ^c ± ۰/۶۹	۱۱/۳۲ ^c ± ۰/۶۳
سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)	۳/۶۸ ^b ± ۰/۴۸	۶/۵۲ ^b ± ۰/۵۰	۱۱/۵۹ ^{bc} ± ۰/۶۲
سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)	بدون سالیسیلیک اسید	۳/۸۶ ^a ± ۰/۳۹	۶/۹۱ ^a ± ۰/۳۴	۱۱/۶۴ ^{bc} ± ۰/۵۵

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دان肯 تفاوت معنی داری ندارند.

سطح برگ

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس مشخص شد اثر متقابل دو گانه بتنویت و سالیسیلیک اسید و اثرات ساده تیمارها در سطح احتمال ۱٪ معنی داری شدند (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی میزان سطح برگ کاهش یافت به طوریکه در تنش شدید (۶۰٪ نیاز آبی) و متوسط (۸۰٪ نیاز آبی) سطح برگ را به ترتیب ۴/۲۸٪ و ۲۳/۷٪ کاهش یافت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل بتنویت و سالیسیلیک اسید (جدول ۴) نشان داد که کاربرد تیمار تلفیقی بتنویت و سالیسیلیک اسید سطح برگ را به طور معنی داری افزایش داد. بیشترین سطح برگ (۳/۸۶ متر مربع) مربوط به تیمار تلفیقی بتنویت و سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام ۴۵/۱٪) بیشتر از عدم کاربرد بتنویت و سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام) بود. تنش آب زمانی در یک گیاه افزایش می یابد که شدت تعرق در آن از میزان جذب

آب تجاوز کند، لذا کاهش سطح برگ می تواند از اولین پاسخ های مرفولوژیک در برابر تنش خشکی در گیاهان باشد. در این تحقیق نتایج به خوبی نشان می دهد که پایین ترین سطح رطوبتی موجود در آزمایش باعث کاهش معنی دار سطح برگ شده است. می توان گفت کاهش سطح برگ یکی از واکنش های تحمل به خشکی در خربزه است. نتایج به دست آمده با مطالعات محققین دیگر یکسان است. قادری و همکاران (۱۱) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر روی توت فرنگی تحت تنش خشکی گزارش کردند با کاربرد ۰/۱ میلی-مول سالیسیلیک اسید، سطح برگ به طور معنی داری افزایش یافت. همچنین سیاری و همکاران (۲۹) در بررسی غلظت های مختلف سالیسیلیک اسید بر روی کاهو تحت تنش آب گزارش کردند که با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید سطح برگ نیز افزایش می یابد. محمدی فرد و مقدم (۲۳) در بررسی تأثیر بتنویت بر صفات

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل گیاه خربزه

آبیاری	سالیسیلیک اسید	(میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بدون سالیسیلیک اسید			۷/۶۵ ^{bc} ± ۰/۳۰	۲/۱۰ ^{ab} ± ۰/۱۲	۸/۷۵ ^b ± ۰/۳۵
۱۰۰ درصد نیاز آبی (۷۰ پی پی ام)	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)		۷/۷۵ ^b ± ۰/۵۲	۲/۱۵ ^{ab} ± ۰/۲۶	۸/۹۱ ^b ± ۰/۴۴
سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)			۷/۱۳ ^a ۰±۰/۲۹	۲/۲۸ ^a ۰±۰/۲۸	۹/۴۱ ^a ۰±۰/۴۹
بدون سالیسیلیک اسید			۵/۳۰ ^c ± ۰/۱۶	۱/۴۸ ^{dc} ± ۰/۱۶	۶/۷۸ ^c ± ۰/۳۱
۸۰ درصد نیاز آبی (۷۰ پی پی ام)	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)		۵/۶۶ ^d ± ۰/۲۶	۱/۹۵ ^{bc} ± ۰/۲۳	۷/۶۰ ^d ± ۰/۳۸
سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)			۷/۴۴ ^{bc} ± ۰/۲۰	۲/۱۵ ^{ab} ± ۰/۱۸	۸/۵۹ ^b ± ۰/۳۲
بدون سالیسیلیک اسید			۴/۹۲ ^f ± ۰/۱۸	۱/۳۳ ^c ± ۰/۲۴	۷/۲۵ ^f ± ۰/۲۳
۶۰ درصد نیاز آبی (۷۰ پی پی ام)	سالیسیلیک اسید (۷۰ پی پی ام)		۵/۶۶ ^d ± ۰/۲۲	۱/۵۸ ^d ± ۰/۲۷	۷/۲۴ ^d ± ۰/۲۹
سالیسیلیک اسید (۱۰۰ پی پی ام)			۶/۳۵ ^c ۰±۰/۲۵	۱/۸۴ ^c ۰±۰/۱۹	۸/۱۹ ^c ۰±۰/۱۸

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

نشان داد. در هر تیمار آبیاری کاربرد سالیسیلیک اسید مخصوصاً غلظت ۱۰۰ پی پی ام محتوای کلروفیل a، b و کل را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ۵). با کاربرد بتنوئیت و سالیسیلیک اسید مقدار کلروفیل a به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۴).

بیشترین مقدار کلروفیل a (۶/۹۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) مربوط به تیمار ترکیبی بتنوئیت و ۱۰۰ پی پی ام سالیسیلیک اسید بود و نسبت به شاهد (بدون بتنوئیت و سالیسیلیک اسید) ۳۰٪ افزایش داشت. مقایسه میانگین داده ها نشان داد، کمترین مقدار کلروفیل b در تیمار تلفیقی ۶۰٪ نیاز آبی و بدون بتنوئیت ثبت شد که نسبت به شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی و بدون بتنوئیت) ۶۳/۸٪ کاهش نشان داد (جدول ۶). با کاربرد بتنوئیت میزان کلروفیل کل نسبت به عدم کاربرد بتنوئیت ۱۳٪ افزایش یافت (جدول ۶). کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش خشکی در مطالعات مختلفی نشان داده شده است (۷ و ۲۶). گزارش شده است با کاربرد سالیسیلیک اسید میزان کلروفیل کل در هندوانه تحت تنش خشکی افزایش یافت (۲۶) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. احتمالاً سالیسیلیک اسید از طریق

بیوشیمیایی و محتوای رطوبت نسبی مرزه تحت تنش خشکی گزارش کرد که سطوح مختلف بتنوئیت باعث افزایش معنی داری زیست توده تر و خشک اندام هوایی در شرایط خشکی می شود.

محتوای کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل دوگانه آبیاری و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱٪ بر مقدار کلروفیل a و کل و در سطح احتمال ۵٪ بر مقدار کلروفیل b معنی دار بود (جدول ۱). همچنین اثر متقابل بتنوئیت و سالیسیلیک اسید بر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد و اثر متقابل آبیاری و بتنوئیت در سطح احتمال ۵٪ بر محتوای کلروفیل b معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش تنش خشکی محتوای کلروفیل a، b و کل به طور معنی داری کاهش یافت. کمترین مقدار کلروفیل a، b و کل در تیمار ترکیبی ۶۰ درصد نیاز آبی و بدون سالیسیلیک اسید ثبت شد که نسبت به شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی و بدون سالیسیلیک اسید) به ترتیب ۳۶/۶، ۲۶/۰ و ۲۸/۶٪ کاهش

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و بتنویت بر محتوای کلروفیل b و مقایسه میانگین اثرات ساده بتنویت بر محتوای کلروفیل کل گیاه خربزه

تیمار		بدون بتنویت	کاربرد بتنویت	درصد نیاز آبی
کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	۲/۱۳ ^{ab} ± ۰/۱۹	بدون بتنویت کاربرد بتنویت	کاربرد بتنویت	۱۰۰ درصد نیاز آبی
۲/۲۳ ^a ± ۰/۱۵	۸۰ درصد نیاز آبی			
۱/۷۵ ^d ± ۰/۱۴	بدون بتنویت کاربرد بتنویت	کاربرد بتنویت	کاربرد بتنویت	۶۰ درصد نیاز آبی
۱/۹۶ ^{bc} ± ۰/۱۸				۵ درصد نیاز آبی
۱/۳۶ ^c ± ۰/۱۴	بدون بتنویت	کاربرد بتنویت	کاربرد بتنویت	۴۰ درصد نیاز آبی
۱/۸۱ ^{cd} ± ۰/۱۰	کاربرد بتنویت			۳۰ درصد نیاز آبی
تیمار		بدون بتنویت	کاربرد بتنویت	
کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	۷/۴۸ ^b ± ۰/۲۹	بدون بتنویت کاربرد بتنویت	کاربرد بتنویت	
۸/۴۶ ^a ± ۰/۲۱				

در هر ستون میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

باعث افزایش ۵/۳۲٪ و کاهش ۵/۵٪ محتوای نسبی آب برگ شدند. قادری و همکاران (۱۱) گزارش کردند که با کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط تنفس و غیر تنفس موجب افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ در توت فرنگی شده است. همچنین سیاری و همکاران (۲۹) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر روی کاهش اثرات مخرب تنفس خشکی شده و محتوای کلروفیل افزایش می‌یابد. باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی در برگ‌ها می‌شود ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند. در این رابطه گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید با افزایش تجمع گونه‌های واکنشگر اکسیژن و غیر فعالسازی کانال یون پاتاسیم سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌شوند (۱۹). بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده از تیمار سالیسیلیک اسید با تأثیر بر حرکات روزنه‌ای منجر به کاهش اتلاف آب و بهبود وضعیت آب گیاه در شرایط تنفس خشکی می‌شود. ولی زاده قلعه بیگ و همکاران (۳۳) گزارش نمود که، کاربرد بتنویت و سوپر جاذب A200 تحت تنفس خشکی موجب افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ در کاهو می‌شود. می‌توان گفت تیمار بتنویت به عنوان یک سوپر جاذب باعث افزایش مقدار رطوبت

بازدارندگی سنتز اتیلن در سنتز کلروفیل کمک می‌کند (۳۲). برزگر هفچستانی و همکاران (۳) نیز بیان کردند با کاربرد بتنویت در بستر کشت فلفل دلمه‌ای گلخانه‌ای محتوای کلروفیل افزایش یافت. به نظر می‌رسد بتنویت با افزایش ظرفیت زراعی مزرعه و حفظ آب خاک باعث کاهش اثرات مخرب تنفس خشکی شده و محتوای کلروفیل افزایش می‌یابد.

محتوای نسبی آب برگ

اثر متقابل سه گانه آبیاری، بتنویت و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۱٪ بر محتوای نسبی آب برگ معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۲) با افزایش تنفس خشکی میزان نسبی آب برگ به طور معنی داری کاهش یافت. در هر تیمار آبیاری با کاربرد بتنویت و سالیسیلیک اسید محتوای نسبی آب برگ افزایش نشان داد. بیشترین (۸۸/۲٪) و کمترین (۷۵/۹۵٪) مقدار محتوای نسبی آب برگ به ترتیب در تیمار ترکیبی ۱۰۰٪ نیاز آبی، بتنویت و ۱۰۰ پی‌پیام سالیسیلیک اسید و تیمار ترکیبی ۶۰٪ نیاز آبی، بدون بتنویت و سالیسیلیک اسید ثبت شد، که نسبت به شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی، بدون کاربرد بتنویت و سالیسیلیک اسید) به ترتیب

عملکرد

اثر متقابل سه گانه آبیاری، بتونیت و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد (جدول ۲) با افزایش تنفس خشکی عملکرد به طور معنی داری کاهش یافت، در هر تیمار آبیاری عملکرد با ترکیب بتونیت و سالیسیلیک اسید خصوصاً ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید به طور معنی داری افزایش یافت. کمترین مقدار عملکرد (۱۴/۵ تن در هکتار) در شدیدترین تنفس خشکی (۶۰٪ نیاز آبی) و عدم کاربرد بتونیت و سالیسیلیک اسید ثبت شد که نسبت به شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) و بدون کاربرد بتونیت و سالیسیلیک اسید (۴۴/۲٪ کاهش نشان داد. بزرگر و همکاران (۴) در بررسی اثر تنفس کم آبی بر رشد و عملکرد دو رقم خربزه ایرانی (سوسکی سبز و زرد جلالی) گزارش کردند که با کاهش آب قابل دسترس عملکرد به طور معنی داری نسبت به شاهد کاهش می‌یابد. کشاورزپور و رشیدی (۱۷) نیز در بررسی کاهش آب قابل دسترس به میزان ۱۰٪، ۳۰٪، ۵۰٪ و ۷۰٪ بر عملکرد طالبی گزارش کردند که بیشترین عملکرد طالبی (۲۹/۱ تن بر هکتار) در شرایط ۱۰٪ کاهش آب قابل دسترس و کمترین مقدار آن (۱۷/۲ تن بر هکتار) در تیمار ۷۰٪ کاهش آب به دست آمد. کاهش رطوبت خاک باعث اختلال در جذب عناصر توسط گیاه می‌شود و سطوح عناصر معدنی را در اندام‌های گیاهان کاهش می‌دهد (۲). تنفس خشکی با کاهش محتوای آب برگ‌ها در فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی تاثیر می‌گذارد. کاهش در میزان فتوسترن با کاهش سطح برگ و فعالیت آنزیم ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات به علت کاهش تبادل CO_2 در اثر بسته شدن روزنه‌ها تفسیر می‌شود (۲۸). تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید در افزایش رشد و عملکرد می‌تواند به دلیل تأثیر آن بر فعالیت هورمون‌های گیاه باشد، سالیسیلیک اسید با تغییر تعادل هورمون‌های اکسین، سیتوکین و اسید آبسیزیک سبب افزایش رشد و عملکرد می‌شود (۳۱). همچنین افزایش عملکرد درنتیجه محلولپاشی برگی با سالیسیلیک اسید ممکن است به دلیل تأثیرگذاری آن بر فتوسترن باشد. سالیسیلیک اسید موجب افزایش

خاک و افزایش ظرفیت زراعی مزرعه می‌شود که باعث جذب بهتر آب توسط ریشه و افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ می‌شود.

مواد جامد محلول کل

اثر ساده تیمارها در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل دو گانه بتونیت و سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شدند (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد با افزایش تنفس خشکی میزان مواد جامد محلول کل افزایش معنی داری بین تیمارهای ۸۰ و ۶۰٪ نیاز آبی مشاهده نشد ولی بهر حال بیشترین مقدار مواد جامد محلول کل در تیمار ۶۰٪ نیاز آبی ثبت شد، که نسبت به شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) ۱۱/۶٪ افزایش داشت. در بررسی اثرات متقابل بتونیت و سالیسیلیک اسید (جدول ۴) مشخص شد بیشترین مقدار مواد جامد محلول کل در تیمار ترکیبی بدون بتونیت و ۱۰۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید به دست آمد و کمترین مقدار مواد جامد محلول کل در تیمار تلفیقی کاربرد بتونیت و سالیسیلیک اسید ثبت شد. میرعبد و همکاران (۲۲) در بررسی اثر خشکی بر روی طالبی نیز گزارش کردند که با افزایش تنفس خشکی میزان قند میوه افزایش می‌یابد. همچنین نتایج محققین دیگر نشان می‌دهد که محتوای قند به طور مثبت با تنفس خشکی همبستگی دارد (۹ و ۲۱). این گزارش‌ها با نتایج این تحقیق یکسان است. در مورد تاثیر سالیسیلیک اسید بر افزایش مواد جامد محلول باید گفته شود که سالیسیلیک اسید به دلیل افزایش نفوذپذیری غشاء، میزان جذب و مصرف مواد معدنی را افزایش می‌دهد و درنتیجه سبب افزایش وزن و همچنین مواد جامد محلول می‌شود (۱۴). همچنین می‌توان گفت که سالیسیلیک اسید با افزایش سطح برگ، میزان کلروفیل کل و فتوسترن باعث افزایش میزان تولید کربوهیدرات‌ها می‌شود و گزارش شده است که سالیسیلیک اسید در تنظیم انتقال قند از محل تولید و یا برگ به محل مصرف یا میوه موثر است (۳۴). ولی زاده قلعه بیگ و همکاران (۳۳) نیز گزارش کردند با استفاده از بتونیت، مقدار مواد جامد محلول کل در کاهو کاهش یافت.

سرعت فتوستتر، افزایش غلظت CO_2 و افزایش کارآیی مصرف آب
و در نهایت افزایش عملکرد می شود (۱۰).

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از نتایج پایان نامه اجرا شده از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد (کد طرح: ۳/۲۸۹۶۸، تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۰۱/۲۶) می باشد که بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه تقدیر و تشکر می شود.

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق می توان گفت با استفاده از بتونیت و همچنین سالیسیلیک اسید به عنوان یک ماده تنظیم کننده رشد گیاهی در شرایط کمود آب و خشکسالی می توان اثرات تنش خشکی را در گیاه خربزه کاهش داد و با صرفه جویی در میزان آب مصرفی نیز از عملکرد و کیفیت خوبی نیز برخوردار شد.

منابع مورد استفاده

- Alizadeh, A. and G. Kamali. 2007. Water Requirement of Plants in Iran. Publications of Imam Reza University of Mashhad, Mashhad. (In Farsi).
- Baligar, V. C., N. K. Fageria and Z. L. He. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 32: 921-950.
- Barzegar Hafshejani, Z., M. Mobli, A. H. Khoshgoftarmanesh , J. Abedi-Koupai. 2015. The effects of adding pumice and bentonite to sawdust substrate on growth and productivity of greenhouse-grown bell pepper. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 6: 77-85. (In Farsi).
- Barzegar, T., M. Delshad, A. Majdabadi, A. Kashi and J. Ghashghaei. Effects of water stress on yield, growth and some physiological parameters in Iranian melon. 2012. *Iranian Journal of Horticultural Science* 42: 357-363. (In Farsi).
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agriculture* 56: 1159-1168.
- Choudhury, S. and S. K. Panda. 2004. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* L. roots. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 30: 95-110.
- Enjili, M., B. Esmaelpour, H. Fatemi and P. Jalilvand. 2018. Effects of mycorrhizal fungi on growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under drought stress conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 9: 39-53. (In Farsi).
- Eraslan, F., A. Inal, A. Gunes and M. Alpaslan. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 113: 120- 128.
- Fabeiro, C., F. M. S. Olalla and J. A. D. Juan. 2002. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management* 54: 93-105.
- Fariduddin, Q., S. Hayat and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41: 281-284.
- Ghaderi, N., S. Normohammadi and T. Javadi. 2015. Morpho-physiological responses of strawberry (*fragaria*×*ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17: 167-178.
- Hanson, A. D. and W. D. Hitz. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Biology* 33: 163-203.
- He, Y., Y. Liu, W. Cao, M. Huai, B. Xu and B. Huang. 2005. Effect of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in Kentucky Blue grass. *Crop Science* 45: 988 -995.
- Jahheri, M., K. Mashayekhi, A. Dadkhah and F. Zaker Tavallaei. 2012. Effects of salicylic acid on yield and quality characters of tomato fruit (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *International Journal of Agriculture and crop Sciences* 4 (16): 1184-1187.

15. Khan, W., B. Prithiviraj and D. L. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology* 160: 485-492.
16. Khavari-nejad, R. and A. Asad. 2006. The Effect of salicylic acid on some of the secondary metabolites (Saponins and Anthocynins) and induction of antimicrobial resistance in the medicinal plant *Bellis perennis* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 21: 553-586. (In Farsi).
17. Keshavarzpour, F. and M. Rashidi. 2011. Response of crop yield and yield components of cantaloupe to drought stress. *World Applied Sciences Journal* 15: 382-385.
18. Kojic, D., S. Pajevic, A. Jovanovic-Galovic, J. Purac, E. Pamer, S. Skondric, S. Milovac, Z. Popovic and G. Grubor-Lajsic. 2012. Efficacy of natural aluminosilicates in moderating drought effects on the morphological and physiological parameters of maize plants (*Zea mays* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12: 113-123.
19. Khokon, M. A. R., E. I. J. I. Okuma, M. A. Hossain, S. Munemasa, M. Uraji, Y. Nakamura and Y. Murata. 2011. Involvement of extracellular oxidative burst in salicylic acid induced stomatal closure in *Arabidopsis*. *Plant, Cell and Environment* 34: 434-443.
20. Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods of Enzymology* 148: 350-380.
21. Mani, F. 2014. Evaluation of drought stress on yield and physiological attributes in cantaloupe crop (*Cucumis melo* L.). *Indian Journal of Applied Research* 4: 6-10.
22. Mirabad, A. A., M. Lotfi and M. R. Roozban. 2013. Impact of water – deficit stress on growth, yield and sugar content of cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5: 2778-2782.
23. Mohammadifard, F. and M. Moghaddam. 2021. Effect of bentonite on biochemical traits and relative water content of summer savory (*Satureja hortensis*) under different soil moisture levels. *Water Management in Agriculture* 8: 77-88. (In Farsi).
24. Nastari Nasrabadi, H., H. Nemati, M. Kafi and H. Arouei. 2015. Effect of foliar application with salicylic acid on two Iranian melons (*Cucumis melo* L.) under water deficit. *African Journal of Agricultural Research* 10: 3305-3309.
25. Nastari Nasrabadi, H. and S. F. Saberli. 2020. Effect of bio-fertilizer and salicylic acid on some physiological traits of melon under salinity stress. *Journal of Horticultural Science* 34: 131-144. (In Farsi).
26. Nastari Nasrabadi, H., S. F. Saberli and Z. Shirmohammadi Aliakbarkhani. 2023. Improving growth and fruit yield of watermelon using mycorrhizal fungi and salicylic acid under different irrigation regimes. *Journal of Crop Production and Processing* 13: 109-124. (In Farsi).
27. Porcel, R., J. M. Barea and J. M. Rui-Lozano. 2003. Antioxidant activities in mycorrhizal soybean plants under drought stress and their possible relationship to the process of nodule senescence. *New Phytologist* 157: 135-143.
28. Sarker, B. C., M. Hara and M. Uemura. 2004. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae* 103: 387-402.
29. Sayyari, M., M. Ghavami, F. Ghanbari and S. Kordi. 2013. Assessment of salicylic acid impacts on growth rate and some physiological parameters of lettuce plants under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5: 1957-2013.
30. Senaratna, T., O. Touchell, E. Bunn and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157-161.
31. Shakirova, F. M., A. R. Shakhbutdinova, M. V. Brzukova, R. A. Fatkhutdinova and D. R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317-322.
32. Shoaa, M. and H. R. Miri. 2012. Reducing detrimantal effects of salt stress on morphophysiological characteristics of wheat by application of salicylic acid. *Crop Production* 5: 71-88.
33. Valizadeh Ghale Beig, A., S. H. Neamati, A. Tehranifar and H. Emami. 2015. Effects of A200 superabsorbent, bentonite and water stress on physiological traits and vitamin C of lettuce under greenhouse cultivation. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 6: 157-168.
34. Wang, L., S. H. Chen, W. Kong, S. H. Li and D. Archbold. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shoch proteins of peaches during cold storage. *Journal of Postharvest Biology* 41: 244-251.