Research Paper

Effect of Drought Stress and Salicylic Acid on Growth Characteristics of *Cucumis melo* cv. Khatouni

Seyed Farhad Saberali 1* **Hossein, Nastari Nasrabadi 2** **Zahra Shirmohammadi-Aliakbarkhani 3** **Vahid Shamsabadi4**

[1] Associate professor, Department of Horticulture Science and Engineering, Faculty of Agricultural, High Educational Complex of Torbat-e Jam, khorasan Razavi, Iran

[2] Assistant professor, Department of Horticulture Science and Engineering, Faculty of Agricultural, High Educational Complex of Torbat-e Jam, khorasan Razavi, Iran.

[3] Assistant professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agricultural, High Educational Complex of Torbat-e Jam, khorasan Razavi, Iran.

[4] Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agricultural, High Educational Complex of Torbat-e Jam, khorasan Razavi, Iran.

. 10.22125/IWE.2024.423759.1763

Received:
November 4, 2023
Accepted:
February 27, 2024
Available online:
June 29, 2024

Keywords:
Available soil moisture, Chlorophyll, Dry matter, Leaf area index.

Abstract

Water shortage stress is the most important obstacle to melon cultivation in arid and semi-arid regions of Iran. This pot study was conducted with the aim of investigating the response of melon growth to drought stress and salicylic acid application in Torbat Jam Higher Education Complex in 1401. Drought stress treatment included available soil water at different levels of 85, 75, 65, 55, 45 and 35% and salicylic acid treatment at two levels of zero and one millimolar. Drought stress had a significant effect on all measured growth traits, but the effect of salicylic acid was significant only on the content of leaf chlorophyll a and b, carotenoids and relative leaf water. Soil moisture less than 65% caused a significant decrease in plant leaf area, relative leaf water content, nitrogen absorption rate and root and shoot dry weight of melon. In general, for each unit of soil moisture reduction to less than 67% of available soil water, the amount of dry matter in the aerial parts of each plant decreased by 2.4% compared to optimal moisture conditions. According to the results of this research, the best time to irrigate Khatouni melon is when only 40% of available soil moisture has been depleted.

Introduction

Melon cultivation is more prevalent in the arid and semi-arid regions of Iran, where drought stress is considered the most important limiting factor for the crop production. Khorasan Razavi province has the largest harvest area of melons in Iran, and Cucumis melo is considered as one of the crops with high economic value in this region. The effect of drought stress on the reduction of cell water and the osmotic imbalance of cells and finally the negative effect on cell growth and vital metabolic and physiological processes of plants is well known (Saneoka et al., 2004). Salicylic acid is one of the compounds that, as a growth regulator, plays an important role in the signaling process and tolerance to many biotic and abiotic stresses, including drought stress (Hayat et al. 2010). This study was conducted to determine the most suitable soil moisture level for irrigation and the effect of salicylic acid on mitigating the effect of water stress on the melon plant.

Methodology

A pot study was carried out in the central laboratory of Torbat-e Jam High Education Complex in 2022. The experimental design was a randomized complete block with a factorial arrangement of treatments with three replications. The treatments included drought stress and salicylic acid application. The drought stress treatments included the available soil water content at different levels of 85, 75, 65, 55, 45 and 35% and the salicylic acid treatment was at two levels including no application (0) and foliar application (1 mM). After determining the amount of soil moisture at field capacity and permanent wilting points, the stress treatment was applied in accordance with the available moisture between these two points. Salicylic acid was also applied in one stage at 10 days after imposed water stress according to the desired doses. In treatment of 0 mM salicylic acid application rate, distilled water was sprayed on the melon shoots. The studied traits in this experiment included leaf chlorophyll a, b and leaf carotenoids, relative leaf water content, plant leaf area, shoot dry weight, root dry weight, and plant nitrogen uptake. Measurements were taken on the 60th day after planting.

Discussion and Conclusion

The results showed that drought stress had a significant effect on all measured growth traits including leaf chlorophyll and carotenoids, relative leaf water content, leaf area, nitrogen uptake, root and shoot dry matter. Furthermore, the effect of salicylic acid application had a significant effect on leaf chlorophyll, carotenoids and relative leaf water content. There was no significant interaction between drought stress and salicylic acid treatments. Decreasing available soil water to less than 75 and 65% caused a significant decrease in leaf chlorophyll a and b, respectively. The amount of available soil water content less than 65% decreased plant leaf area, shoot nitrogen uptake and dry weight in root and shoot. The shoot nitrogen uptake was not significant among the available soil moisture levels of 85, 75 and 65%, while the amount of nitrogen uptake decreased significantly in the soil moisture levels less than 65%. The nitrogen uptake at the available soil moisture levels of 55, 45 and 35% compared to the higher moisture level decreased by 21, 46 and 73%, respectively. In 55, 45 and 35% available soil water content, the root dry weight decreased by 20, 43 and 72% compared to the more soil water contents, respectively. At the similar condition, shoot dry weight decreased by 24, 51 and 78% compared to the higher level of soil water contents, respectively. Furthermore, the content of leaf carotenoids, leaf chlorophyll and relative leaf water content increased by 4, 8 and 2% with foliar application of salicylic acid, respectively. However, foliar application of salicylic acid had no significant increase in plant leaf area, nitrogen uptake and dry matter production. According to the previous studies, increasing the number of salicylic acid application, application at different plant growth stages instead of one stage can be considered as an option to increase the influence of this compound on melon growth.

Considering the amount of available irrigation water, maintaining the available soil moisture between 55 and 65% can lead to the lowest production loss. The reduction in the plant leaf area, active photosynthetic pigments and nitrogen uptake in response to drought stress could lead to decrease in light absorption, rate of photosynthesis process and ultimately reduce the amount of dry matter production. The reduction of light absorption due to the destruction of photosynthetic pigments and the reduction of the leaf surface as well as the reduction of water and nutrient uptake due to less root growth and activity in drought stress conditions are among the reported effects of drought stress in plants (Farooq et al., 2009 Kavas et al. al., 2013;). The maximum allowable soil moisture depletion for irrigation management of Cucumis melo cv. Khatouni is recommended to be 40%. In addition, one-stage use of salicylic acid application had no significant effect on the improvement of melon growth under drought stress conditions. However, increasing the number of salicylic acid application and foliar application at different plant growth stages (Jayakannan et al., 2015; El-Katony et al., 2019) instead of one stage can be considered as an option to increase the influence of this compound on melon growth.

The most important references

1) Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S., & Fujita, K. (2004). Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in Agrostis palustris Huds. *Environmental and Experimental Botany*, 52(2), 131–138. https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2004.01.011
2) Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 68(1), 14–25. https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2009.08.005
3) Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy Sustainable Development*, 29(2), 185-212. https://doi.org/10.1051/agro:2008021.
4) Kavas, M., Baloğlu, M.C., Akça, O., Köse, F.S., & Gökçay, D. (2013). Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. *Turkish Journal of Biology*, 37(4), 123-134. https://doi.org/10.3906/biy-1210-55
5) El-Katony, T.M., El-Bastawisy, Z.M., & El-Ghareeb, S.S. (2019). Timing of salicylic acid application affects the response of maize (Zea mays L.) hybrids to salinity stress. Heliyon, 5(4), e01547. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E01547
6) Jayakannan, M., Bose J., Babourina, O., Rengel, Z., & Shabala, S. (2015). Salicylic acid in plant salinity stress signaling and tolerance. Plant Growth Regulation, 76(1), 25–40. https://doi.org/10.1007/s10725-015-0028-z

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

This article is derived from the results of the research project implemented from the research credits of High Educational Complex of Torbat-e Jam, which is hereby appreciated and thanked to the research assistant of the University.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال چهاردهم. شماره پنجاه و شش .تابستان۱۴۰۳

تاثیر تنش خشکی و مصرف اسید سالیسلیک بر خصوصیات رشدی خربزه خاتونی

سید فرهاد صابرعلی[۱]، حسین نستری نصرآبادی[۲]، زهرا شیرمحمدی علی اکبرخانی[۳]، وحید شمس آبادی[۴]

تاریخ ارسال:۱۴۰۲/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۱۲/۰۸

مقاله پژوهشی

چکیده

تنش کم آبی مهمترین مانع کشت خربزه در نواحی خشک و نیمه خشک کشور می باشد. این مطالعه گلدانی با هدف بررسی پاسخ رشد خربزه به تنش خشکی و مصرف اسید سالیسیک در مجتمع آموزش عالی تربت جام در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. تیمار تنش خشکی شامل میزان رطوبت قابل دسترس خاک در سطوح مختلف ۸۵، ۷۵، ۶۵، ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصد و تیمار اسید سالیسیلیک نیز در دو سطح صفر و یک میلی مولار بود. تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر تمام صفات رشدی اندازه گیری شده داشت، ولی اثر اسید سالیسیلیک تنها بر غلظت کلروفیل a و b، کارتنوید های برگ و محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود. رطوبت خاک کمتر از ۶۵ درصد همچنین کاهش معنی‌دار سطح برگ بوته، محتوای نسبی آب برگ، میزان جذب نیتروژن و وزن خشک ریشه و اندام هوایی خربزه را باعث شد. بطور کلی به ازای هر واحد کاهش رطوبت خاک به کمتر از ۶۷ درصد آب قابل دسترس خاک میزان ماده خشک اندام هوایی هر بوته به میزان ۲/۴ درصد نسبت به شرایط رطوبتی مطلوب کاهش یافت. باتوجه به نتایج این پژوهش بهترین زمان آبیاری خربزه خاتونی زمانی است که تنها ۴۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک تخلیه شده باشد.

واژه‌های کلیدی: رطوبت قابل دسترس خاک، شاخص سطح برگ، کلروفیل، ماده خشک.

[۱]* دانشیارگروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران. (نویسنده مسول)
sf.saberali@tjamcaas.ac.ir

[۲] دانشیارگروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران. nastari@tjamcaas.ac.ir

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران. shirmohammadi@tjamcaas.ac.ir

[۴] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی تربت جام، خراسان رضوی، ایران. v_shamsabadi@tjamcaas.ac.ir

مقدمه

گیاه خربزه (*Cucumis melo* L.) از تیره کدوییان و از جمله محصولات مهم زراعی با سطح زیر کشت حدود ۱/۲ میلیون هکتار و تولید سالانه جهانی ۳۱/۹ میلیون تن است (FAO, 2020). سطح زیر کشت محصولات جالیزی در ایران در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ حدود ۲۰۰ هزار هکتار بود، و خربزه با اختصاص حدود ۲۷ درصد از کل سطح زیر کشت گیاهان جالیزی به خود، بعد از هندوانه در جایگاه دوم قرار داشت. خراسان رضوی نیز با سطح زیرکشت ۲۱۵۰۰ هکتار بیش‌ترین سطح زیر کشت خربزه را در ایران به خود اختصاص داده است (وزرات جهاد کشاورزی، ۱۴۰۱) .

تولید خربزه اغلب در نواحی خشک و نیمه خشک کشور رواج دارد، که در این مناطق تنش خشکی جزو عوامل اصلی محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌گردد (رمضان و موسوی، ۱۳۹۷، برزگر و همکاران ۱۳۹۰). تاثیر تنش خشکی بر کاهش آب سلول و عدم تعادل اسمزی سلول‌ها و در نهایت تاثیر منفی بر رشد سلول، و فرآیندهای حیاتی متابولیکی و فیزیولوژیکی گیاهان به خوبی شناخته شده است (Saneoka et al., 2004). سرعت رشد گیاه، آغازش برگ، فتوسنتز، تولید و تخصیص ماده خشک و عملکرد میوه از جمله مهمترین فرآیندهای حیاتی شناخته شده‌ای است که تحت تاثیر منفی تنش آب قرار می‌گیرند (Farooq et al., 2009; Liu et al., 2016). کم آبیاری مهمترین راهکار مدیریتی کشاورزان برای صرفه‌جویی آب و تولید محصولات زراعی از جمله محصولات جالیزی در مناطق خشک است، با این وجود میزان کاهش عملکرد باتوجه به شدت تنش، زمان رخداد آن و خصوصیات ژنتیکی ارقام متفاوت خواهد بود (Liu et al., 2016; Mansouri-Far et al., 2010). بطور نمونه اعمال تیمار کم آبیاری در هندوانه، با صرفه جویی ۲۵ درصدی در آب آبیاری باعث کاهش ۳۴ درصدی عملکرد آن شد (Leskovar et al., 2004). مطالعه تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد خربزه نیز نشان داد که با تشدید سطح تنش کم آبی، رشد طولی بوته، وزن متوسط میوه در بوته و عملکرد در واحد سطح کاهش یافت (برزگر و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین لطفی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی تاثیر تنش رطوبتی بر ارقام مختلف خربزه نشان دادند که تامین نیاز آبی ۶۶ و ۳۳ درصدی نسبت به تامین ۱۰۰ درصدی نیاز آبی افت عملکرد ۳۸ و ۶۱ درصدی را در خربزه خاتونی باعث گردید و رقم خاتونی در مقایسه با سایر ارقام خربزه نیمه مقاوم به تنش خشکی ارزیابی شد.

تنش خشکی با ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن بر فرآیندهای حیاتی گیاهان تاثر منفی دارد، و گیاهان نیز در واکنش به تنش اکسایشی با تغییر میزان تولید ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر ترکیبات فنلی و کاروتنویدها سعی در محافظت از ساختارهای سلولی خود در برابر رادیکال‌های آزاد تولیدشده در شرایط تنش خشکی می‌کنند (Bettaieb et al., 2010). اسید سالیسیلیک از جمله ترکیباتی است که به عنوان یک ماده تنظیم کننده رشد نقش مهمی در فرآیند سیگنال‌دهی و القای تحمل به بسیاری از تنشهای زیستی و غیرزیستی از جمله تنش خشکی دارد (Hayat et al. 2010). این ماده با کاهش سطح تنش اکسایشی و افزایش میزان ترکیبات محافظ از جمله پرولین می‌تواند در حفاظت از غشاها و اندامک‌های سلولی از جمله ریبوزوم ها که مسئول ساخت پروتئین و آنزیمها هستند، نقش ایفا کند (Moustafa-Farag et al., 2020; Hayat et al., 2010). بهبود مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی از طریق استفاده از اسید سالیسیلیک که جزو ترکیبات ارزان و با کاربرد آسان است، می‌تواند از جمله راهکارهای مدیریتی موثر بر کاهش شدت تاثیر تنش خشکی باشد.

تخمین میزان افت ماده خشک تولیدی و عملکرد میوه در پاسخ به تنش خشکی راهکار مناسبی برای ارزیابی سودمندی شدت کم آبیاری در هر منطقه خواهد بود (Saseendran et al., 2015). به طوریکه توانایی تخمین افت عملکرد ناشی از تاثیر تنش کم آبی، امکان توصیه سطح مناسب کم آبیاری با توجه به میزان آب آبیاری قابل دسترس برای زراعت آن محصول را فراهم خواهد کرد. از طرفی، ارزیابی تاثیر مصرف اسید سالیسیلیک به عنوان مادهٔ تنظیم کنندهٔ رشد بر کاهش شدت پاسخ گیاهان به تنش خشکی مطلوب خواهد بود. خربزه خاتونی در استان خراسان رضوی به‌ویژه درشهرستان‌های تربت جام و تایباد در سطح وسیع کشت می‌شود و به خربزه زرد تربت جام یا مشهدی معروف است. با وجود اهمیت اقتصادی کشت این گیاه در منطقه، هیچگونه مطالعه‌ای در مورد میزان کاهش رشد خربزه در پاسخ به تغییرات رطوبت قابل دسترس خاک وجود ندارد،

درحالیکه کمی کردن تغییرات رشد در پاسخ به تغییرات رطوبت خاک بوسیله توابع ریاضی برای شبیه‌سازی رشد گیاهان در شرایط کم آبی دارای اهمیت است (Katimbo et al., 2022). در نتیجه، این پژوهش با هدف کمی کردن پاسخ رشد خربزه رقم خاتونی به سطوح مختلف آب در خاک و همچنین بررسی کارایی مصرف اسید سالیسیلیک بر کاهش اثر تنش خشکی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۴۰۱ در شرایط هوای آزاد در محوطه بیرونی آزمایشگاه مرکزی مجتمع آموزش عالی تربت جام با هدف بررسی پاسخ رشدی خربزه خاتونی به سطوح مختلف اسید سالیسلیک و تنش آب اجرا شد. آزمایش گلدانی بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمار تنش آبی شامل سطوح مختلف آب در خاک شامل ۸۵، ۷۵، ۶۵، ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصد رطوبت قابل دسترس بود. لازم به ذکر است که حفظ مداوم سطح آب خاک در ۱۰۰ درصد رطوبت قابل دسترس می تواند باعث کاهش سطح اکسیژن خاک و ایجاد مشکل تهویه و در نهایت تنش می شود. لذا از قرار دادن تیمار ۱۰۰ درصد رطوبت قابل دسترس اجتناب گردید. استفاده از سطح رطوبت قابل دسترسی خاک روشی متداول برای اعمال تنش رطوبتی می باشد (Turner, 2019). تیمار اسید سالیسیلیک نیز در دو سطح صفر (عدم مصرف) و مصرف یک میلی مولار بصورت محلول‌پاشی روی شاخساره در یک مرحله بود. از کیسه‌های کشت پلاستیکی با حجم ۵ لیتر برای کشت خربزه استفاده شد. بستر مورد استفاده در کیسه‌های کشت، خاک مزرعه مخلوط شده با ۲۰ درصد ماسه بود. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول۱ ارایه شد. لازم به ذکر است که خاک مزرعه بعد از انتقال به آزمایشگاه، در فضای آزاد بر روی یک سطح سیمانی به مدت ۵ روز آفتاب خشک گردید. بعد از اطمینان از عدم تغییر وزن نمونه خاک آفتاب خشک شده در چند روز متوالی، هر کیسه کشت با سه کیلوگرم از مخلوط خاک و ماسه پر شد. به منظور بدست آوردن رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی، هر کیسه کشت اشباع از آب گردید و کیسه‌های کشت روی سکوی با تور فلزی قرار داده شد و روی آنها با پوشش پلاستیک بطور کامل پوشانده شد. دو روز بعد و پس از خروج کامل آب ثقلی، وزن هر کیسه کشت در نقطه ظرفیت زراعی یاداشت گردید، و از ده کیسه کشت به طور تصادفی نمونه‌گیری خاک انجام و نمونه‌ها در آونی با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد خشک شده و سپس درصد رطوبت وزنی آنها نیز تعیین گردید. ۳ نمونه از خاک تهیه شده برای پر شدن کیسه‌های کشت نیز برای تعیین میزان رطوبت وزنی خاک در نقطه پژمردگی دایم با استفاده از دستگاه صفحات فشاری مورد استفاده قرار گرفت. تعداد ۳ بذر خربزه در تاریخ ۲۰ اردیبهشت در هر گلدان کشت گردید و بعد از رسیدن به مرحله ۲ برگ حقیقی به یک بوته در هر پلاستیک تنک گردید. بعد از سبز شدن به خاک هر گلدان کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۰/۵ گرم و کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل نیز به میزان ۰/۳ گرم اضافه گردید. در نهایت کیسه‌های کشت با آرایش تیماری مورد نظر در فضای آزاد قرار گرفتند.

جدول (۱): ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده برای پر شدن گلدان ها.

بافت خاک	هدایت الکتریکی $dS\ m^{-1}$	اسیدیته	کربن آلی %	نیتروژن %	فسفر $mg\ kg^{-1}$	پتاسیم $mg\ kg^{-1}$
لومی رسی	۳/۵	۸/۱	۰/۵۲	۰/۰۵۳	۷/۸	۱۸۵

جدول (۲): داده های هواشناسی در طی زمان انجام آزمایش در سال ۱۴۰۱

اطلاعات	اردیبهشت	خرداد	تیر
بارش ماهانه (mm)	۱۵	۰	۰
دمای کمینه (C°)	۱۴/۳	۲۰/۲	۲۲/۱
دمای بیشینه(C°)	۲۹/۴	۳۶/۵	۳۶/۸
رطوبت نسبی(٪)	۳۸/۴	۲۲/۷	۲۱/۷

سطوح مختلف تنش آبی نیز در هفته چهارم (۳ برگی) بعد از کشت بذور به مدت ۳۰ روز در سطوح رطوبتی مورد نظر اعمال شد. میزان رطوبت قابل دسترس در خاک نیز توسط رابطه زیر محاسبه گردید:

وزن رطوبت قابل دسترس در خاک گلدان= وزن گلدان در نقطه ظرفیت زراعی – وزن گلدان در نقطه پژمردگی دایم

لازم به ذکر است که وزن گلدان در نقطه پژمردگی دایم بر اساس رطوبت وزنی نمونه‌های اندازه گیری شده در نقطه پژمردگی و وزن کل هر کیسه کشت محاسبه گردید. بمنظور اعمال سطوح مختلف تنش آبی نیز کیسه‌های کشت بصورت روزانه توسط یک گروه ۶ نفره دانشجویی وزن می‌گردید، و آبیاری متناسب با کاهش وزن هر کیسه و سطح تیمار مورد نظر به آرامی انجام می‌شد. آب مورد استفاده برای آبیاری نیز آب لوله‌کشی شهری با هدایت الکتریکی ۱/۴ دسی زیمنس بر متر بود. بمنظور اطمینان از عدم خروج آب از منافذ تهویه ته کیسه‌ها، آب مورد نیاز هر کیسه در دو نوبت و به فاصله حدود ۱۰-۱۵ دقیقه اضافه می‌گردید. با توجه به وزن ناچیز گیاه نسبت به وزن آب مصرفی در هر آبیاری (در نهایت حدود ۳ درصد)، از تاثیر وزن گیاه صرف نظر شد (Puértolas et al., 2017). اسید سالیسیلیک نیز ۱۰ روز بعد از شروع تنش‌های آبی (۵ برگی) در یک مرحله متناسب با دوز تعیین شده اعمال گردید. در سطح صفر یا عدم مصرف اسید سالیسلیک، نیز آب مقطر برروی شاخساره‌ها اسپری شد.

صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل سطح برگ بوته، متوسط وزن خشک بوته، میزان کلروفیل a، b و کارتنویدهای برگ، وزن خشک ریشه و میزان جذب نیتروژن توسط هر بوته بود. اندازه گیری‌های در شصت‌مین روز پس از کاشت صورت پذیرفت. در مرحله برداشت برگ-هایی که به طور کامل باز شده بودند، از بوته جدا شد و سطح آن‌ها توسط دستگاه سطح برگ سنج (WinArea_UT, Iran) اندازه‌گیری شد. کلروفیل و کارتنوید برگ نیز از ۰/۵ گرم نمونه تازه‌ی برگ‌های جوان با استفاده از استون ۸۰ درصد استخراج شد و غلظت آن با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد (Lichtenthaler, 1987). برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ نیز از روش کرامر استفاده شد (Kramer, 1983). وزن خشک اندام هوایی نیز که شامل مجموع وزن برگ‌ها و ساقه بود، پس از قرار دادن نمونه‌های برداشت شده در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت با استفاده از ترازو اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن در اندام هوایی نیز به روش تیتراسیون و با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه گیری شد (Westerman, 1990). میزان جذب نیتروژن جذبی در اندام هوایی از حاصلضرب وزن خشک اندام هوایی در غلظت نیتروژن تعیین گردید. به-منظور تجزیه آماری، پس از آزمون نرمال بودن خطای آزمایشی داده‌ها، تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد (SAS, 2013). میانگین داده‌ها با آزمون LSD و در سطح ۵ درصد مقایسه شدند. نمودارها نیز به وسیله نرم افزار نسخه ۲۰۱۶ Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

سطح برگ

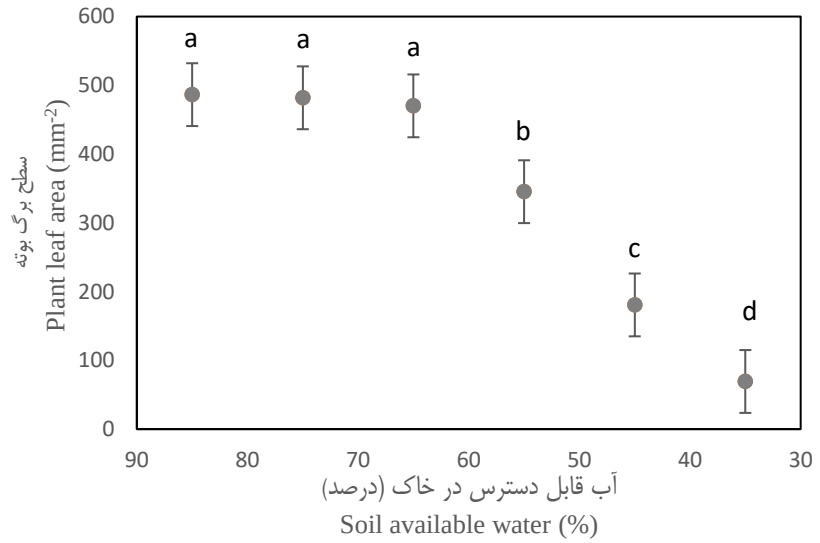
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تنش خشکی بر میزان شاخص سطح برگ بوته خربزه معنی‌دار بود، درحالی که تاثیر اسید سالیسیلیک و اثر متقابل تنش خشکی و اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری بر سطح برگ بوته نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که میزان سطح برگ بوته در دامنه رطوبت قابل دسترس ۸۵ تا ۶۵ درصدی خاک تغییر معنی‌داری نداشت، با وجود این سطح برگ بوته با کاهش میزان آب خاک به کمتر از ۶۵ درصد رطوبت قابل دسترس کاهش معنی‌داری داشت. میزان کاهش سطح برگ بوته در سطح رطوبتی ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصد رطوبت قابل دسترس نسبت به متوسط سطح برگ در سطوح رطوبتی بالاتر به ترتیب حدود ۲۸، ۶۲ و ۸۶ درصد بود (شکل ۱). تأثیر منفی تنش خشکی بر کاهش سطح برگ که نقش اساسی در دریافت نور خورشی دارد در گیاهان مختلف از جمله ملون‌ها پیش‌تر گزارش شده است (برزگر و همکاران، ۱۳۹۰). کاهش رشد برگ می‌تواند به دلیل محدودیت در تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلولی ناشی از کاهش سطح آب سلولی و تورژسانس باشد (Farooq et al., 2012). اختلال در فرآیندهای بیوشیمیای گیاه از جمله سنتز آنزیم نیز می‌تواند کاهش رشد و تقسیم سلولی را به همراه داشته باشد (Farooq et al., 2012). شاخص سطح برگ بیانگر سطح دریافت نور و در نهایت میزان فتوسنتز گیاه است، لذا کاهش میزان نور جذبی و میزان فتوسنتز در نتیجه کاهش سطح برگ از جمله اثرات تنش خشکی در گیاهان می‌باشد (برزگر و همکاران، ۱۳۹۰ ,.Parkash et al., 2021). کاهش سطح برگ در شرایط تنش ممکن است با کاهش سطح تعرق یک واکنش تطابقی برای سازگاری بیشتر به تنش خشکی باشد. گزارش شده که ویژگی‌های شاخساره گیاه نظیر میزان سطح برگ ممکن است در مقاومت گیاه در برابر تنش مهمتر از نقش ریشه باشند (Blum, 2011). مصرف اسید سالیسیلیک از طریق بهبود سطح برگ گیاه می‌تواند موجب بهبود تولید عملکرد تحت شرایط تنش خشکی شود (Shemi et al., 2021)، اگرچه در مطالعه ما افزایش نسبی شاخص سطح برگ با مصرف اسید سالیسیلیک معنی‌دار نبود. نتایج مشابهی نیز بر روی درخت انجیر گزارش شد که در آن محلول پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف تاثیر معنی‌داری بر سطح برگ این درخت نداشت (Babadaei Samani et al., 2019).

جدول (۲): تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر روی صفات فیزیولوژیک و رشدی خربزه

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ بوته	محتوای آب نسبی برگ	کلروفیلa	کلروفیل b	کارتنوید	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	جذب نیتروژن در اندام هوایی
تکرار	۲	۱۳۶۴ns	۶/۰۱ns	۰/۰۰۱۸۷ns	۰/۰۰۳۳۹ns	۰/۰۰۱۵ns	۰/۰۰۲۵ns	۰/۲۳۹ns	۲۰۶/۱ns
تنش خشکی	۵	۱۸۸۶۲۷**	۴۲۹/۳۸**	۰/۷۲۸۴**	۰/۳۱۴۶**	۰/۰۶۷۱**	۱/۱۶۶**	۳۲/۵۳**	۱۸۱۴۴**
اسید سالیسیلیک	۱	۱۵۵۴ns	۲۴/۲۱**	۰/۰۳۶۵*	۰/۰۳۴۴۶**	۰/۰۰۲۵*	۰/۰۰۴۱ns	۰/۱۱۲۱ns	۴۴/۳۷ns
تنش خشکی × اسید سالیسیلیک	۵	۱۷۹/۰۱ns	۱/۴۸۳ns	۰/۰۰۱۶۹ns	۰/۰۰۳۲ns	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۳۴ns	۰/۴۴۸۸ns	۱۲۹/۷ns
خطا	۲۲	۱۴۵۵	۰/۷۸۱	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۳۸۱	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۱۲۸۴	۰/۲۵۷۰	۱۷۱/۷
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱/۲۵	۲/۲۳	۸/۰۷	۶/۹۸	۶/۰۴	۹/۹۴	۹/۵۶	۹/۴۵

ns، *، ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵، و ۱ درصد.

ns, *, ** indicate non-significant and significant at the probability level of 5 and 1 %, respectively

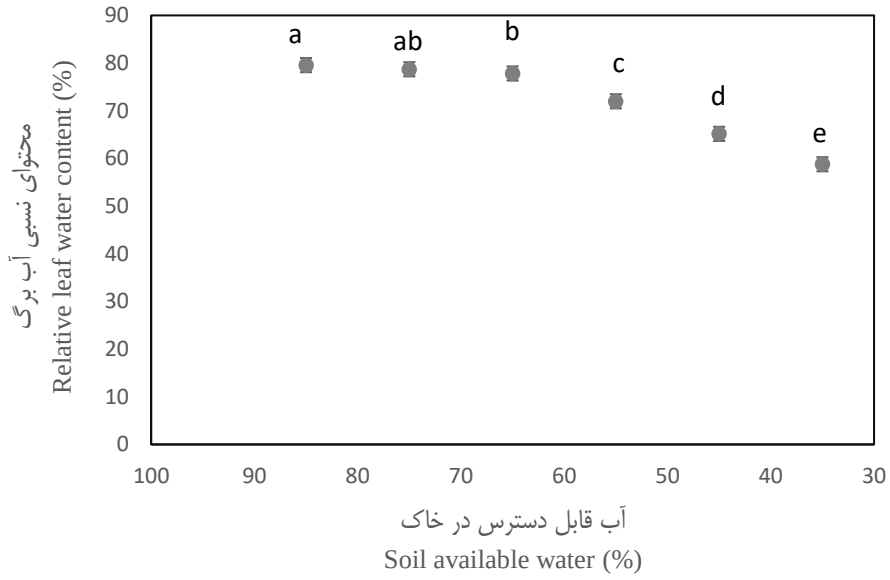


شکل(۱): سطح برگ بوته خربزه در سطوح مختلف رطوبت قابل دسترس در خاک گلدان.

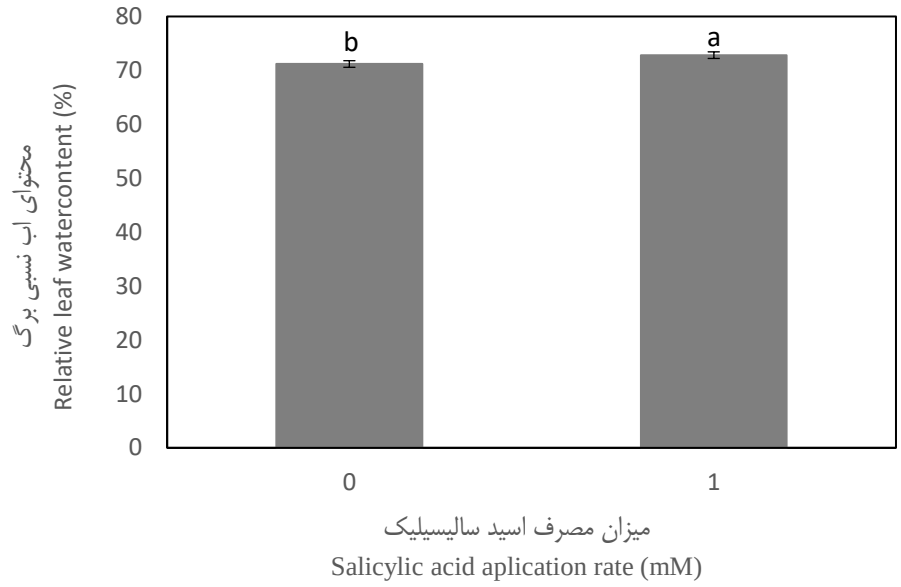
محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تنش خشکی و مصرف اسید سالیسیلیک بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار بود. با وجود این اثر متقابل تنش خشکی و مصرف اسید سالیسیلیک بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که محتوای آب برگ در دامنه رطوبت قابل دسترس ۸۵ تا ۶۵ درصدی خاک تغییرات کمی داشت، بطوری که اختلاف محتوای آب برگ خربزه بین تیمار رطوبت خاک قابل دسترس ۸۵ با ۷۵ درصدی و ۷۵ با ۶۵ درصدی معنی‌دار نبود. (شکل ۲). در حالی که اختلاف معنی‌داری در این صفت بین تیمار ۸۵ با ۶۵ درصد رطوبت قابل دسترس در خاک وجود داشت.

همچنین محتوای آب برگ خربزه با کاهش میزان آب خاک به کمتر از ۶۵ درصد رطوبت قابل دسترس کاهش معنی‌داری را تجربه کرد. در مطالعات پیشین نیز کاهش جذب آب و محتوای نسبی آب در برگ در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Babadaei Samani et al., 2019). حفظ سطح آب در سلول‌های برای حفظ فشار آماس برای باز ماندن روزنه‌ها، امکان تبادل گازکربنیک برای انجام فتوسنتز و رشد اهمیت زیادی دارد. لذا بهم خوردن توازن آب سلولی و کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ تحت شرایط تنش خشکی در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان فتوسنتز، افزایش تنفس و در سطوح تنش شدید حتی منجر به توقف انتقال الکترون و تخریب غشا خواهد شد (Blum, 2011). نتایج همچنین نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در اثر کاربرد اسید سالیسیلک نسبت به عدم مصرف آن حدود ۲ درصد افزایش یافت (شکل ۳). افزایش سطح محتوای آب نسبی برگ در اثر مصرف اسید سالیسیلیک در مطالعات گذشته نیز گزارش شده است (نستری نصرآبادی و صابرعلی، ۱۳۹۹، سامانی و همکاران ۱۳۹۹). افزایش محتوای نسبی آب برگ در پاسخ به مصرف اسید سالیسیلیک را می‌توان به نقش این ترکیب در بهبود سطح ترکیبات آنتی اکسیدانی دانست که از این طریق موجب افزایش قدرت دفاعی گیاه در برابر تنش اکسایشی، افزایش پایداری غشای پلاسمایی و تنظیم اسمزی از طریق افزایش جذب پتاسیم به عنوان یون اساسی در ایجاد و حفظ تورژسانس سلولی می‌شود (Moustafa-Farag et al., 2020; Korkmaz et al., 2007).



شکل (۲): محتوای نسبی آب برگ خربزه در سطوح مختلف رطوبت قابل دسترس در خاک گلدان.

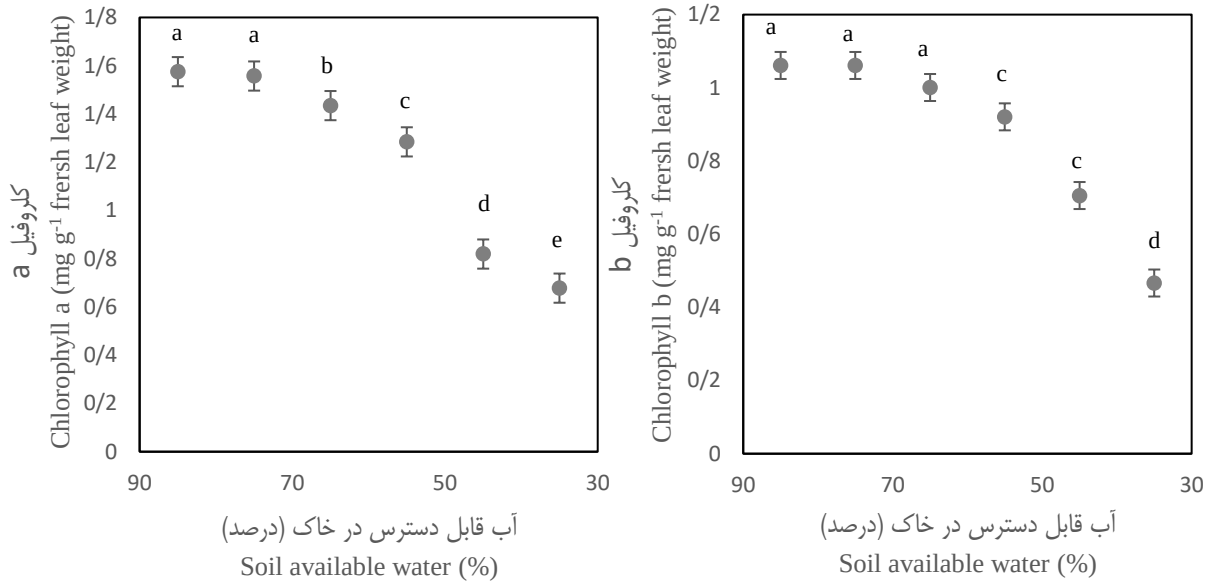


شکل (۳): میزان محتوای آب نسبی برگ خربزه در سطوح مختلف مصرف اسید سالیسیلیک.

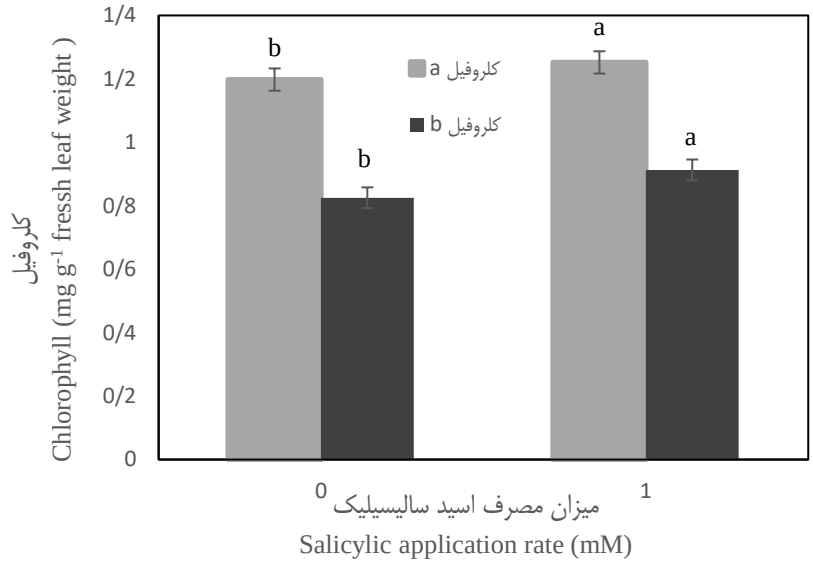
میزان کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کلروفیل a و b در خربزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان تنش خشکی قرار داشتند. بعلاوه تاثیر مصرف اسید سالیسیلیک بر میزان کلروفیل a و b معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل میزان رطوبت قابل دسترس خاک در میزان مصرف اسید سالیسیلیک معنی‌دار نبود. میزان کروفیل a در دامنه رطوبت قابل دسترس ۷۵ تا ۸۵ درصدی خاک تغییر معنی-داری نداشت، درحالیکه سطح این کلروفیل با کاهش میزان آب خاک به کمتر از ۷۵ درصد رطوبت قابل دسترس خاک کاهش معنی‌داری را تجربه کرد. میزان کاهش کروفیل a در سطوح رطوبتی ۶۵، ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصد رطوبت قابل دسترس نسبت به متوسط سطح کلروفیل در سطوح رطوبتی بالاتر به ترتیب حدود ۸، ۱۸، ۴۸ و ۵۷ درصد کمتر بود (شکل ۴). در مورد کلروفیل b کاهش معنی‌دار غلظت آن در برگ در رطوبت‌های قابل دسترس خاک کمتر از ۶۵ درصد مشاهده گردید. بطوریکه کاهش ۱۲، ۳۲ و ۵۵ درصدی در سطوح رطوبتی قابل دسترس ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصد نسبت به سطوح رطوبتی بالاتر مشاهده گردید (شکل ۴). کاهش میزان کلروفیل برگ در واکنش به تنش خشکی در ارقام مختلف خربزه گزارش شده است (لطفی و همکاران، ۱۳۹۶، رمضان و موسوی ۱۳۹۷). در ارقام مختلف خربزه کاهش ۶۷ درصدی میزان آبیاری نسبت به تیمار شاهد با آبیاری کامل باعث کاهش ۳۸ درصدی میزان کلروفیل برگ شد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۶). کلروفیل‌ها مهمترین رنگدانه‌های جذب کننده نور در غشای تیلاکوییدی کلروپلاست‌ها هستند و نقش حیات در پیشبرد فرآیند نوری فتوسنتز دارند (Hashimoto et al., 2016). در شرایط تنش کم آبی افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز و تولید ترکیبات فنلی منجر به کاهش غلظت کلروفیل برگ از طریق افزایش تجزیه آن و کاهش فرآیند ساخت و جایگزینی آن خواهد شد (Farooq et al., 2012). کاهش جذب و احیای نیتروژن در گیاه در شرایط تنش خشکی نیز از دیگر دلایل کاهش غلظت کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Li et al., 2020). میزان کلروفیل a و b در برگ در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک نسبت به عدم مصرف آن به ترتیب ۵ و ۱۱ درصد افزایش نشان داد (شکل ۵). افزایش رنگیزه‌ها فتوسنتزی در پاسخ به مصرف اسید سالیسیلیک را می‌توان ناشی از اثر حفاظتی این ملکول و تاثیر آن بر افزایش فعالیت

آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و کاهش آسیب به سیستم فتوسنتزی دانست (Garcia-Sanchez et al., 2002; Wang et al., 2019). افزایش میزان کلروفیل a و b در بوته‌های خربزه در پواکنش به کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش‌های محیطی مختلف در مطالعات گذشته نیز گزارش شده است (نستری نصرآبادی و صابرعلی، ۱۳۹۹).



شکل (۴): میزان کلروفیل a (سمت چپ) و b (سمت راست) برگ خربزه در سطوح مختلف رطوبت قابل دسترس در خاک گلدان

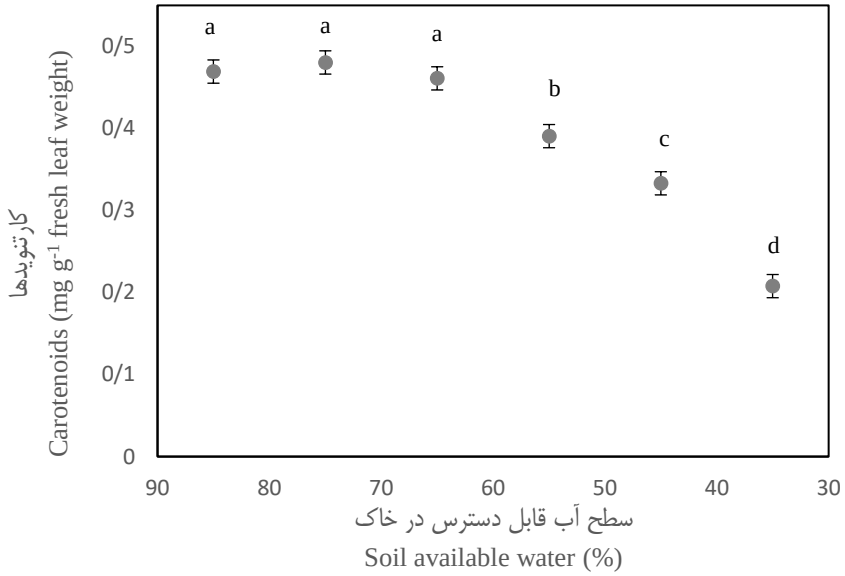


شکل (۵): میزان کروفیل a و b برگ خربزه در سطوح مختلف مصرف اسید سالیسیلیک

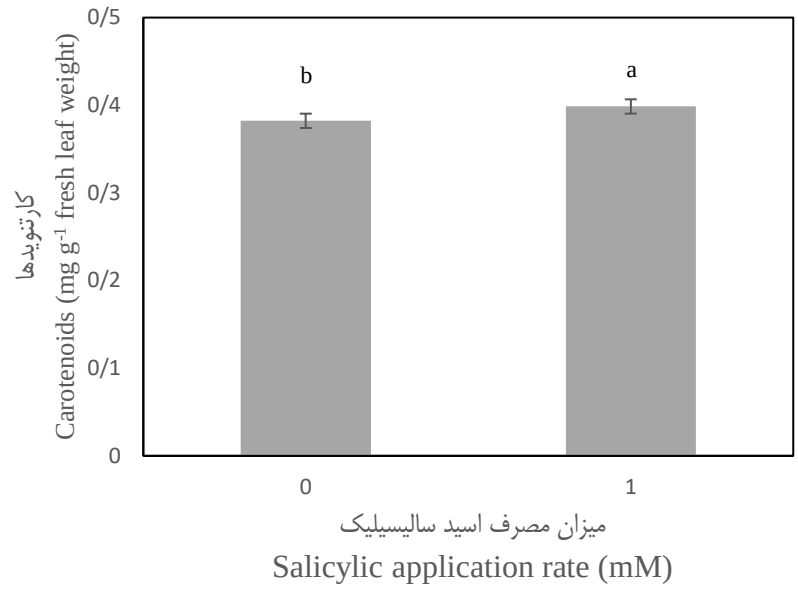
میزان کارتنویدهای برگ

غلظت کارتنویدهای برگ خربزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش کم آبی و کاربرد اسید سالیسیلیک قرار داشت (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی در میزان مصرف اسید سالیسیلیک معنی‌دار نبود. در سطوح رطوبت قابل دسترس ۸۵، ۷۵ و ۶۵ درصدی خاک، میزان کارتنویدهای برگ خربزه تغییرات معنی‌داری نشان ندادند (شکل ۶). درصورتیکه با افزایش شدت تنش خشکی در سطوح رطوبت قابل دسترس ۵۵، ۴۵ و۳۵ درصدی نسبت به سطوح رطوبتی بالاتر خاک بطور میانگین کاهش ۱۷، ۲۹ و ۵۶

درصدی در میزان کارتنویدهای برگ مشاهده گردید. کاهش میزان کارتنویدهای برگ با تشدید تنش خشکی در ارقام مختلف خربزه پیش‌تر نیز گزارش شده است (لطفی و همکاران، ۱۳۹۶). غشای تیلاکویدی علاوه بر کلروفیل‌ها حاوی رنگدانه‌های متنوع دیگر برای کمک به سیستم جذب نور از جمله کاروتنویدهاست. کاروتنویدها به عنوان رنگیزه‌های کمکی نور را در طول موجهایی که توسط کلروفیل‌ها قابل جذب نیست، جذب کرده و از این طریق باعث توسعه طیف نور جذبی می‌شوند (Hashimoto et al., 2016). کارتنویدها، علاوه بر ایفای نقش به عنوان یک رنگدانه کمکی، به عنوان یک آنتی اکسیدان عمل کرده و نقش منحصر به فردی در محافظت از فرآیندهای فتوشیمیایی در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایفا می‌کنند (Havaux, 1998). در شرایط تنش خشکی آسیب به ساختار کلروپلاست و فعالیت‌های آنزیمی آن، بیوسنتز کاروتنوید را متوقف می‌کند و روند تخریب کاروتنویدها در شرایط تنش تسریع می‌شود (Havaux, 1998). نتایج همچنین نشان داد که غلظت کارتنویدهای برگ با مصرف اسید سالیسیلیک حدود ۴ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف آن بود (شکل ۷). افزایش سنتز کارتنوید ها از جمله مکانیسم‌های دفاعی برای محافظت از واکنش های نوری فتوسنتزی در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی است (Altaf et al., 2020). پیش تر گزارش شده است که مصرف اسید سالیسیلیک می‌تواند با تاثیر بر فرایندهای بیوشیمایی گیاه، سنتز کارتنویدها را در شرایط تنش تسریع نماید (Al-Chammaa et al., 2019; Moustafa-Farag et al., 2020).



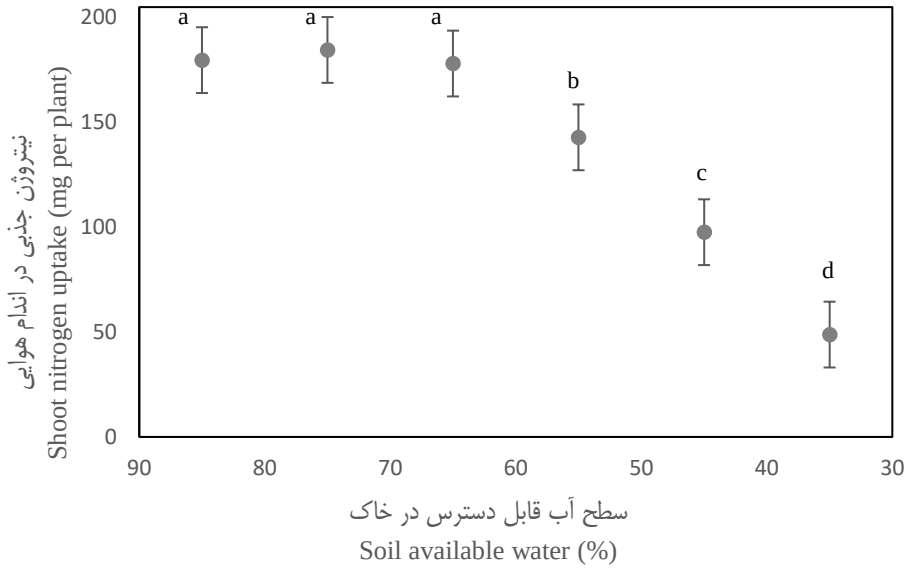
شکل (۶): میزان کارتنویدهای برگ خربزه در سطوح مختلف رطوبت قابل دسترس در خاک گلدان



شکل (۷): میزان کارتنویدهای برگ خربزه در سطوح مختلف مصرف اسید سالیسیلیک

میزان نیتروژن جذبی

میزان نیتروژن جذبی در اندام هوایی خربزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار داشت ولی کاربرد اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۲). تغییرات میزان نیتروژن تجمع یافته در اندام هوایی در سطوح رطوبتی ۸۵، ۷۵ و ۶۵ درصد معنی‌دار نبود، درحالیکه میزان نیتروژن جذبی در رطوبت‌های خاک قابل دسترس کمتر از ۶۵ درصد بطور معنی‌داری کاهش یافت. میزان کاهش نیتروژن جذبی در سطح رطوبت قابل دسترس ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصد نسبت به سطح رطوبتی بالاتر بترتیب حدود ۲۱، ۴۶ و ۷۳ درصد کاهش یافت (شکل ۸). با کاهش میزان دسترسی به آب خاک و کاهش آب در سلول های برگ، گیاهان میزان تعرق خود را از طریق کاهش سطح برگ و همچنین بستن روزنه بمنظور بهبود موازنه آب خود کاهش می‌دهند (Madhava et al., 2006). باتوجه به اهمیت تعرق و جذب آب در فرایند جذب نیتروژن، کاهش نیتروژن جذبی با افزایش تنش خشکی توجیه پذیر است (Sade et al., 2017). بیوسنتز آنزیم‌های فتوسنتزی و کلروفیل در کلروپلاست در شرایط کمبود نیتروژن ناشی از تنش خشکی کاهش یافته و در نهایت سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک کاهش می‌یابد (Iqbal et al., 2020). باتوجه به نقش حیاتی نیتروژن در واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان، پتانسیل جذب نیتروژن در شرایط تنش خشکی می‌تواند در کاهش خسارت ناشی از خشکی موثر باشد (Li et al., 2020; Jalilian et al., 2012) میزان نیتروژن جذب شده در اندام هوایی گیاه خربزه در شرایط کاربرد اسید سالیک نسبت به عدم مصرف آن افزایش معنی‌داری را باعث نشد. در یک مطالعه گلدانی روی گیاه نخود نیز نشان داده شد که میزان نیتروژن جذب شده از خاک در شرایط آبیاری کافی و تنش شدید خشکی افزایش معنی‌داری با مصرف اسید سالیسیلیک نداشت (Al-Chamma et al., 2019).

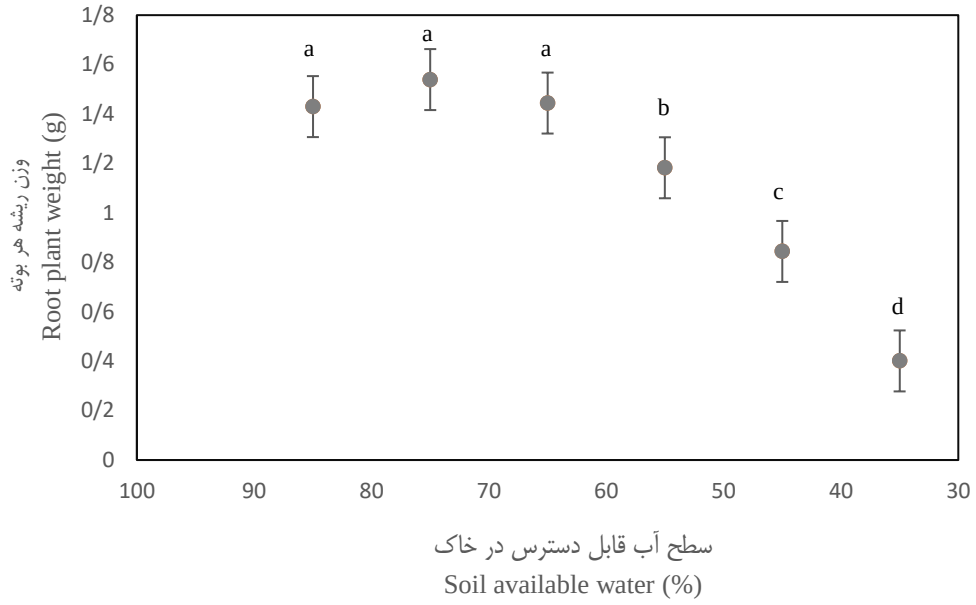


شکل (۸): میزان جذب نیتروژن در اندام هوایی بوته خربزه در سطوح مختلف رطوبت خاک در گلدان.

وزن خشک ریشه

وزن خشک ریشه خربزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار داشت، ولی این صفت تحت تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). تغییر رطوبت قابل دسترس خاک در دامنه ۶۵ تا ۸۵ درصدی، اختلاف معنی‌داری بر وزن خشک ریشه نداشت. درحالیکه در رطوبت‌های قابل دسترس خاک ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصدی خاک، وزن خشک ریشه خربزه بطور میانگین به ترتیب ۲۰، ۴۳ و ۷۲ درصد نسبت به سطوح رطوبتی بالاتر خاک کاهش نشان داد (شکل ۹). سیستم ریشه‌ای گیاهان زیربنای رشد گیاه بوده و از طریق استقرار گیاهان در خاک و جذب و انتقال آب و عناصر غذایی امکان حیات گیاهان را باعث می شود. ریشه اولین اندامی است که تغییرات رطوبت خاک را درک کرده و در مقیاس مورفولوژیکی، ساختاری و مولکولی سازگار با آن سازگار می شود (Blum, 2011). کاهش سطح آب سلولی و کاهش فشار آماس ناشی از آن، می توانند باعث اختلال در فرآیندهای فیزولوژیکی و متابولیسمی سلول‌های گیاهی شده و در نهایت فرآیند تقسیم سلولی و رشد را در شرایط تنش خشکی کاهش دهد (Farooq et al., 2009). کاهش سطح برگ به عنوان سطح دریافت کننده نور و کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی فعال در فرایند فتوسنتز در پاسخ به تنش خشکی نیز باعث کاهش جذب نور، میزان فتوسنتز و در نهایت کاهش میزان تولید ماده خشک و تخصیص آن به ریشه خواهد شد. در مطالعه‌ای در کشور ترکیه نیز گزارش شد که محدودیت‌های ایجاد شده برای فعالیت فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی در نهایت باعث کاهش رشد و فعالیت حیاتی ریشه در ارقام مختلف خربزه گردید (Kavas et al., 2013). کورکماز و همکاران (Korkmaz et al., 2007) گزارش کردند که مصرف اسید سالیک در در دوزهای مختلف از صفر تا ۱ میلی مولار در شرایط تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه طالبی نداشت. این نتایج با نتایج تحقیق ما، که افزایش معنی‌داری در وزن خشک ریشه ناشی از مصرف اسید سالیسیلیک مشاهده نگردید، همخوانی داشت. میر و همکاران (Mir et al., 2023) در یک مطالعه ۲ ساله مزرعه‌ای نشان دادند که افزایش وزن خشک ریشه کلزا با محلول پاشی کمتر از ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی معنی‌دار نبود

.

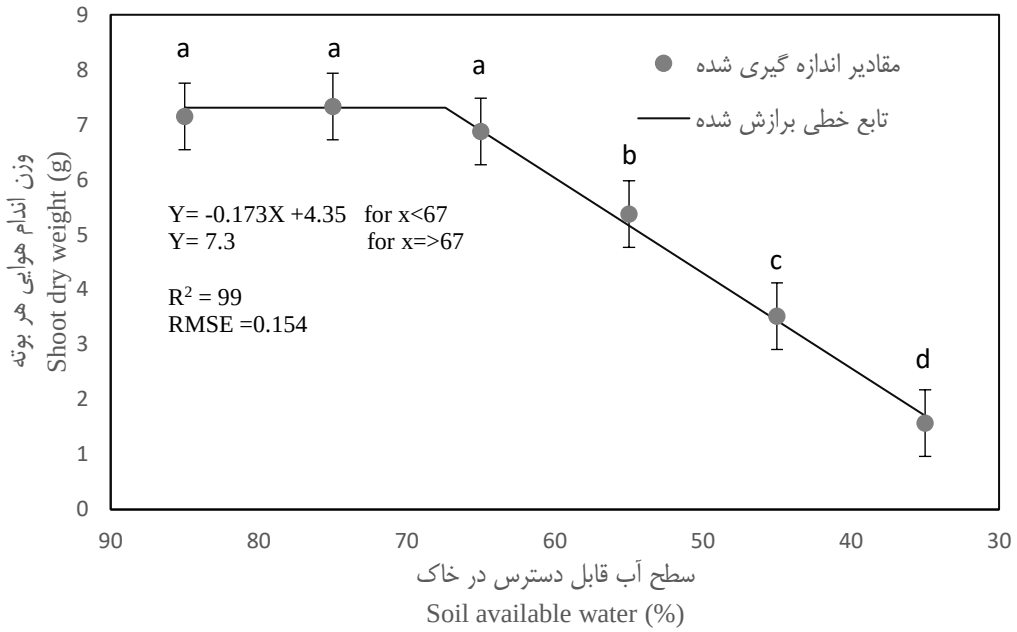


شکل (۹): وزن خشک ریشه خربزه در سطوح مختلف میزان رطوبت قابل دسترس در خاک گلدان

وزن خشک اندام هوایی بوته

میزان تولید ماده خشک در اندام‌های هوایی خربزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شدت تنش خشکی قرار داشت، بااینوجود کاربرد اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۲). تغییرات وزن خشک اندام هوایی در رطوبت‌های قابل دسترس خاک ۸۵، ۷۵ و ۶۵ درصدی، اختلاف معنی‌داری نشان نداد. درحالیکه، در رطوبت‌های قابل دسترس ۵۵، ۴۵ و ۳۵ درصدی خاک، وزن خشک اندام هوایی خربزه بطور میانگین به ترتیب ۲۴/۵، ۵۱ و ۷۸ درصد نسبت به سطوح رطوبتی بالاتر از آن کاهش نشان داد (شکل ۱۰). تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که به ازای هر واحد کاهش رطوبت قابل دسترس خاک به کمتر از ۶۷ درصد، ماده خشک اندام هوایی خربزه معادل ۲/۴ درصد نسبت به حالت پتانسیل خود کاهش می‌یابد. کاهش متوسط ۶۰ درصدی تولید ماده خشک در پاسخ به تنش شدید آب در ارقام مختلف خربزه ایرانی پیش‌تر نیز گزارش شده است (رمضان و موصوی، ۱۳۹۷). در یک مطالعه در اسپانیا گزارش شد که تامین ۷۵ درصدی کل نیاز آبی یک رقم خربزه تنها موجب کاهش رشد ۱۰ درصدی عملکرد میوه آن شد، اگرچه کاهش آب آبیاری به میزان کمتر از ۷۵ درصد نیاز آبی به شدت عملکرد میوه آن را کاهش داد (Cabello et al., 2009). در گیاه هندوانه نیز تیمار کم آبیاری که معادل کاهش ۲۵ درصدی نیاز آبی بود باعث با کاهش ۳۴ درصدی عملکرد باعث صرفه جویی ۲۵ درصدی در مصرف آب گردید (Leskovar et al., 2004). کاهش ۱۵ درصدی از کل نیاز آبی گیاه کدو نیز کاهش معنی داری در رشد و عملکرد آن باعث نشد (El-Mageed and Semida, 2015). یاوز و همکاران (Yavuz et al., 2021) گزارش کردند که تنش آبی در مرحله رشد رویشی طالبی نهایتا موجب ۲۹ درصد کاهش عملکرد گردید، درصورت تنش آب در دوره گل‌دهی و پر شدن میوه تا ۶۶ درصد کاهش عملکرد میوه به همراه داشت. آنها همچنین یک ارتباط خطی بین میزان تولید میوه و مصرف آب گزارش کردند، بطوریکه به ازای هر ۱۰ میلیمتر کاهش تبخیر و تعرق در گیاه طالبی میزان ۱/۳ تن عملکرد میوه کاهش یافت. کاهش سطح برگ، میزان کلروفیل برگ، میزان جذب نیتروژن و کاهش رشد ریشه در پاسخ به تنش خشکی از جمله دلایل کاهش فتوسنتز و کاهش ماده خشک تولیدی در شرایط تنش است. کاهش جذب نور ناشی از تخرب رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش سطح برگ و همچنین کاهش جذب آب و مواد غذای به دلیل رشد و فعالیت کمتر ریشه در شرایط تنش خشکی از جمله اثرات گزارش شده تنش خشکی در گیاهان است (Farooq et al., 2009; Kavas et al., 2013). کاهش جذب نیتروژن در پاسخ به

تنش خشکی و تاثیر آن بر کاهش سنتز پروتیین‌ها و بویژه آنزیم‌ها که از جمله ترکیبات مهم برای انجام فرایندهای حیاتی بیوشیمایی گیاه از جمله فتوسنتز و تنفس هستند، نیز از دلایل مهم کاهش تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Iqbal et al., 2020). تیمار بوته‌های خربزه با اسید سالیسیلیک نسبت به عدم مصرف آن، افزایش معنی‌داری را در تولید ماده خشک خربزه باعث نشد. گزارش شده است که پاسخ گیاهان به کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک می تواند تحت تاثیر عواملی همچون غلظت و نحوه مصرف اسید سالیسیلیک، گونه گیاهی، مرحله رشد گیاه و شرایط محیطی قرا گیرد (Jayakannan et al., 2015; El-Katony et al., 2019).



شکل (۱۰): ماده خشک اندام هوایی بوته خربزه در سطوح مختلف رطوبت قابل دسترس در خاک

نتیجه گیری

سطح رطوبت قابل دسترس خاک به کمتر از ۶۵ درصد، باعث کاهش معنی‌دار میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی موجود در برگ، سطح برگ، میزان جذب نیتروژن و تولید ماده خشک در خربزه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که بهترین زمان آبیاری خربزه خاتونی برای رسیدن به بیشترین رشد زمانی است که تنها ۴۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک تخلیه شده باشد. با توجه به افت ماده خشک در پاسخ به تنش خشکی، کاهش رطوبت خاک به زیر ۵۵ درصد رطوبت قابل دسترس (معادل تخلیه ۴۵ درصدی آب قابل دسترس خاک) باعث افت شدید تولید ماده خشک خواهد شد. تجزیه رگرسیون نشان داد که به ازای هر واحد کاهش رطوبت قابل دسترس خاک به کمتر از ۶۷ درصد، ماده خشک اندام هوایی معادل ۲/۴ درصد نسبت به حالت پتانسیل خود کاهش می‌یابد. مصرف ۱میلی مولار اسید سالیسیلیک بعد از اعمال تنش خشکی اگرچه باعث بهبود میزان کارتنوید ها و کلروفیل برگ شد، ولی افزایش معنی‌دار تولید ماده خشک را باعث نشد. بعلاوه کاربرد یک مرحله‌ای مصرف اسید سالیسیلیک تاثیری بر بهبود تولید ماده خشک خربزه در شرایط تنش خشکی نداشت، و توصیه به افزایش تعداد دفعات مصرف اسید سالیسیلیک مطابق نتایج سایر پژوهش‌های اشاره شده در این مطالعه نیز مرقون به صرفه نمی باشد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقیاتی اجرا شده از محل اعتبارات پژوهشی مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپیروری تربت جام می‌باشد که بدینوسیله از معاونت پژوهشی مجتمع تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

برزگر، ط.، دلشاد، م.، مجدآبادی، ع.، کاشی، ع.، و قشقایی، ژ. ۱۳۹۰. اثر تنش کم آبی بر رشد، عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی خربزه ایرانی. نشریه علوم باغبانی، جلد ۴۲، شماره ۴، ص ۳۶۳-۳۵۷.

رمضان، د.، و موسوی، س. ا.، ۱۳۹۷. بررسی اثرات مقادیر مختلف آب آبیاری بر برخی از ویژگی های رویشی و زایشی خربزه توده بومی سوسکی سبز پیوندی و غیر پیوندی تحت سامانه آبیاری قطره ای. نشریه پژوهش های تولید گیاهی، جلد ۲۵، شماره ۳، ص ۱۰۱-۱۲۳

سامانی، ر.، جاوید، ع.، و شعبانی م. ۱۳۹۹. تأثیر مقادیرمختلف اسید سالیسیلیک و دفعات کاربرد آن بر افزایش تحمل به خشکی انجیر دیم استهبان. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهی، سال۱۲ ، شماره ۴۰، ص ۳۹ – ۲۷.

لطفی، ه.، برزگر، ط.، قهرمانی، ز.، و ربیعی و. ۱۳۹۶. بررسی رشد و عملکرد یازده توده خربزه ایرانی در شرایط کم آبی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۷، شماره ۲، ص ۱۲۳-۱۱۱.

میر، ی.، خسروی، ح.، دانشور، م.، اسماعیلی، ا. ۱۴۰۲. بررسی اثر محلول‌پاشی برخی عناصر ریزمغذی و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات. نشریه تنش های محیطی در علوم زراعی، جلد۱۶، شماره ۱، ۱۸۲-۱۶۸.

نستری نصرآبادی، ح. و صابرعلی، س. ف. ۱۳۹۹. تأثیر کودهای زیستی و سالیسیلیک اسید بر برخی صفات فیزیولوژیکی نشاء خربزه (Cucumis melo L.) در شرایط تنش شوری. نشریه علوم باغبانی، جلد ۳۴، شماره ۱ ، ص. ۱۴۴-۱۳۱

وزارت جهاد کشاورزی. ۱۴۰۱. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

Altaf, M.A. Shahid, R.; Ren, M.X., Naz, S., Altaf, M.M., Qadir, A., Anwar, M., Shakoor, A., &, Hayat, F. (2020). Exogenous melatonin enhances salt stress tolerance in tomato seedlings. Biologia plantarum, 64(2), 604–615. https://doi.org/10.32615/bp.2020.090

Whitmore, A.P., & Whalley, W. R. (2009). Physical effects of soil drying on roots and crop growth. Journal of Experimental Botany, 60(10), 2845–2857. https://doi.org/10.1093/jxb/erp200

Turner, N. C. (2019). Imposing and maintaining soil water deficits in drought studies in pots. Plant and Soil, 439(1–2), 45–55. https://doi.org/10.1007/s11104-018-3893-1

AL-Chammaa, M., AL-Ain, F., & Kurdali, F., (2019). Effect of salicylic acid on growth, nodulation and N2-fixation in water stressed chickpeas Using 15N and 13C. Advances in Horticultural Science, 33(3): 391-401. https://doi.org/10.13128/10.13128/ahs-23289

Bettaieb, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., & Marzouk, B. (2010). Drought effects on polyphenol composition and antioxidant activities in aerial parts of Salvia officinalis L. Acta Physiologiae Plantarum, 33(1),1103–1111. https://doi.org/10.1007/s11738-010-0638-z.

Blum A. 2011. Plant breeding for water limited environments. New York: Springer Publishing.

Cabello, M. J., Castellanos, M. T., Romojaro, F., Martínez-Madrid, C., & Ribas, F. (2009). Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates. Agricultural Water Management, 96(5), 866–874. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.006

El-Katony, T.M., El-Bastawisy, Z.M., & El-Ghareeb, S.S. (2019). Timing of salicylic acid application affects the response of maize (Zea mays L.) hybrids to salinity stress. Heliyon, 5(4), e01547. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E01547

El-Mageed, T.A. & Semida, W. M. (2015). Effect of deficit irrigation and growing seasons on plant water status, fruit yield and water use efficiency of squash under saline soil. Scientia Horticulturae, 186: 89-100. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.02.013

FAO statistics (2020). Food and agriculture data. available at http://www.fao.org/faostat/en/#home (visited 5 August 2023)

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy Sustainable Development, 29(2), 185-212. https://doi.org/10.1051/agro:2008021.

Garcia-Sanchez, F., Jifon, J.L., Carvajal, M., & Syvertsen, J.P. (2002). Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na+ and Cl− accumulation in 'Sunburst' mandarin grafted on different rootstocks. Plant Science, 162(5), 705–712. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00010-9.

Havaux, M., 1998. Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. Trends Plant Science, 3(4): 147–151 https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01200-X.

Hashimoto, H., Uragami, C., & Cogdell, RJ., 2016. Carotenoids and Photosynthesis. Subcellular Biochemistry. 79(3), 111-39. https://doi: 10.1007/978-3-319-39126-7_4. PMID: 27485220.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environmental and Experimental Botany, 68(1), 14–25. https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2009.08.005

Iqbal, A., Dong, Q., Wang, X., Gui, H., Zhang, H., Zhang, X., & Song, M. (2020). High Nitrogen Enhance Drought Tolerance in Cotton through Antioxidant Enzymatic Activities, Nitrogen Metabolism and Osmotic Adjustment. Plants, 9(2), 178-200. https://doi.org/10.3390/plants9020178

Jalilian, J., Modarres-Sanavy, S. A. M., Saberali, S. F., & Sadat-Asilan, K. (2012). Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research, 127, 26–34. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2011.11.001

Jayakannan, M., Bose J., Babourina, O., Rengel, Z., & Shabala, S. (2015). Salicylic acid in plant salinity stress signaling and tolerance. Plant Growth Regulation, 76(1), 25–40. https://doi.org/10.1007/s10725-015-0028-z

Kavas, M., Baloğlu, M.C., Akça, O., Köse, F.S., & Gökçay, D. (2013). Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. Turkish Journal of Biology, 37(4), 123-134. https://doi.org/10.3906/biy-1210-55

Korkmaz, A., Uzunlu, M., & Demirkiran, A.R. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Acta Physiologiae Plantarum, 29(6), 503–508 https://doi.org/10.1007/s11738-007-0060-3

Kramer P.J. 1983. Plant water relations. Academic Press, New York.

Leskovar, D., Bang, H., Crosby, K., Maness, N., Franco, J., & Perkins-Veazie, P. (2004). Lycopene, carbohydrates, ascorbic acid and yield components of diploid and triploid watermelon cultivars are affected by deficit irrigation. Journal Horticultural Science Biotechnology, 79(3), 75–81. https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511739

Li, S., Zhou, L., Addo-Danso, S.D., Ding G., Sun, M., Wu, S. & Lin, S. (2020). Nitrogen supply enhances the physiological resistance of Chinese fir plantlets under polyethylene glycol (PEG)-induced drought stress. Scientific Reports 10: 7509. https://doi.org/10.1038/s41598-020-64161-7

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrane. Methods in enzymology, 148(2), 350-381. https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1

Liu, E. K., Mei, X. R., Yan, C. R., Gong, D. Z., & Zhang, Y. Q. (2016). Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. Agricultural Water Management, 167(4), 75–85. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2015.12.026

Madhava, K.V., Raghavendra, A.S., & Janardhan Reddy, K. (2006). Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants. 15-39 Springer, printed in Netherland.

Mansouri-Far, C., Modarres Sanavy, S. A. M., & Saberali, S.F. (2010). Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agricultural Water Management, 97(1), 12–22. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2009.08.003

Moustafa-Farag, M., Mohamed, H.I., Mahmoud, A., Elkelish, A., Misra, A.N., Guy, K.M., Kamran, M., Ai, S., & Zhang, M. (2020). Salicylic acid stimulates antioxidant defense and osmolyte metabolism to alleviate oxidative stress in watermelons under excess boron. Plants, 9(6), 724-735. https://doi.org/10.3390/plants9060724.

Parkash, V., Singh, S., Deb, S. K., Ritchie, G. L., & Wallace, R. W. (2021). Effect of deficit irrigation on physiology, plant growth, and fruit yield of cucumber cultivars. Plant Stress, 1(1), 100004. https://doi.org/10.1016/J.STRESS.2021.100004

Puértolas, J., Larsen, E.K., Davies, W.J. & Dodd, I.C. (2017). Applying 'drought' to potted plants by maintaining suboptimal soil moisture improves plant water relations. Journal of Experimental Botany, 68(9), 2413-2424. https://doi.org/10.1093/jxb/erx116.

Sade, N., & Moshelion, M. (2017). Plant aquaporins and abiotic stress: in Plant Aquaporins, eds F. Chaumont and S. D. Tyerman. Springer, Berlin. 185–206.

Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S., & Fujita, K. (2004). Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in Agrostis palustris Huds. Environmental and Experimental Botany, 52(2), 131–138. https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2004.01.011

SAS Institute, 2013. The SAS system for windows. Release 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

Saseendran, S. A., Trout, T. J., Ahuja, L. R., Ma, L., McMaster, G. S., Nielsen, D. C., Andales, A. A., Chávez, J. L., & Ham, J. (2015). Quantifying crop water stress factors from soil water measurements in a limited irrigation experiment. Agricultural Systems, 137(3), 191–205. https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2014.11.005

Shemi, R., Wang, R., Gheith, ES.M.S., Athar Hussain, H., Hussain, S., Cholidah, L., Zhang, K., Zhang, S., Wang, L. (2021). Effects of salicylic acid, zinc and glycine betaine on morpho-physiological growth and yield of maize under drought stress. scientific reports, 11(2), 3195 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-021-82264-7

Yavuz, D., Seymen, M., Yavuz, N., Çoklar, H., & Ercan, M. (2021). Effects of water stress applied at various phenological stages on yield, quality, and water use efficiency of melon. Agricultural Water Management, 246: 106673. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2020.106673

Wang, Y. Y., Wang, Y., Li, G. Z., & Hao, L. (2019). Salicylic acid-altering Arabidopsis plant response to cadmium exposure: Underlying mechanisms affecting antioxidation and photosynthesis-related processes. Ecotoxicology and Environmental Safety, 169(2), 645–653. https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2018.11.062

Westerman, R.L. 1990 Soil Testing and Plant Analysis, Third Edition. Soil Science Society of America, Inc