Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Investigating the effect of foliar spraying of salicylic acid and methanol on yield and yield components of *Brassica napus* under drought stress

Samaneh Safajo[1], Ali Faramarzi[2]✉, Jalil Ajeli[3], Mehrdad Abdi[4], Mehdi Orei[5]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran Email: ss.safajoo@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran. Email: aliifaramarzii52@gmail.com
3. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran, Email: jalil.ajali@m-iau.ac.ir
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran, Email: dr.mehrdad.abdi@gmail.com
5. Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran, Email: orei.m@gmail.com

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Jan. 25, 2023

Revised: March. 9, 2023

Accepted: Apr. 3, 2023

Published online: March. 21, 2023

Keywords:
Brassica napus.
Dehydration,
Foliar spraying,
Methanol,
Salicylic acid,
Seed yield.

ABSTRACT

This research was conducted to study the effect of salicylic acid (SA) and methanol (M) spraying on yield and components yield of rapeseed, Hayola 401 cultivar, under deficit-irrigation stress conditions in Khuzestan province, Shams Abad, Dezful region in 2016 and 2017 crop years. In this research, the irrigation cycle was conducted in three levels (70, 140, and 210 mm evaporation) as the main plot, SA in three levels (0, 100, and 200 µmol), and M in 3 levels (0, 10, and 20 v %) as the secondary plots with three replications. According to the simple effect of deficit-irrigation treatment, SA and M spraying treatments showed a significant difference in 1% p-value at the most evaluated traits except the plant height and the number of pods. The two-way effect of deficit-irrigation stress and SA and M was significant only in the traits of pod length at a 1% significant level. The results showed that the maximum yield of grain was obtained under deficit-irrigation stress with 70 mm evaporation, 100 µmol SA solution spraying and 20 v% M spraying (3272 kg/ha). In addition, the minimum yield of grain was obtained under the deficit-irrigation stress condition with 210 mm evaporation, zero-spraying SA, and 10 v% M spraying (315 kg/ha). The maximum oil percentage was observed in stress with 70 mm evaporation, 200 µmol SA spraying, and 20 v% of M (50.3%). In addition, the minimum oil percentage was observed in 210 mm evaporation and zero-spraying SA and M (31.7%). Based on the results, the best deficit-irrigation treatment was 70 mm evaporation, and yield decreased by increasing the deficit-irrigation stress. Moreover, the gain yield and oil percentage increased by M and SA solutions spraying.

Cite this articleSafajo, S., Faramarzi, A., Ajeli, J., Abdi, M., & Orei, M. (2023) Investigating the effect of foliar spraying of salicylic acid and methanol on yield and yield components of Brassica napus under drought stress. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 54 (1), 205-222. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354327.669439

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354327.669439

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۴، شماره ۱ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر تنش کم آبی

سمانه صفاجو[۱]، علی فرامرزی[۲]✉، جلیل اجلی[۳]، مهرداد عبدی[۴] ، مهدی اورعی[۵]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه ، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران. رایانامه: ss.safajoo@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران. رایانامه: aliifaramarzii52@gmail.com

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران رایانامه: jalil.ajali@m-iau.ac.ir

۴. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران رایانامه: dr.mehrdad.abdi@gmail.com

۵. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران رایانامه: orei.m@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱/۱

واژه‌های کلیدی:
اسید سالیسیلیک،
عملکرد دانه،
کلزا،
کم‌آبی،
متانول،
محلول‌پاشی.

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر تنش کم‌آبی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ در منطقه شمس‌آباد دزفول استان خوزستان در سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا گردید. در این تحقیق دور آبیاری با سه سطح (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) به‌عنوان کرت اصلی و سالیسیلیک اسید در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومول) و متانول با سه سطح (۰ و ۱۰ درصد حجمی و ۲۰ درصد حجمی) به‌عنوان کرت‌های فرعی با سه تکرار انجام شد. از نظر اثرات ساده تیمار کم‌آبی، تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و تیمار محلول‌پاشی متانول بر اکثر صفات مورد ارزیابی به جز صفات ارتفاع بوته و تعداد خورجین اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. اثر متقابل تنش کم‌آبی و سالیسیلیک اسید و متانول تنها در صفت طول خورجین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه تحت تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۳۲۷۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد دانه نیز تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۳۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. بیشترین درصد روغن در تنش ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول (۵۰/۳ درصد) مشاهده شد و کمترین میزان درصد روغن نیز در تنش ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول (۳۱/۷ درصد) مشاهده شد. با توجه به نتایج بهترین تیمار تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر بود و با افزایش تنش کم‌آبی، عملکرد کاهش یافت. همچنین با محلول‌پاشی متانول و سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه و درصد روغن افزایش یافت.

استناد: صفاجو؛ سمانه، فرامرزی؛ علی، اجلی؛ جلیل، عبدی؛ مهرداد، اورعی؛ مهدی، (۱۴۰۲). بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید و متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر تنش کم‌آبی. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۴ (۱)، ۲۲۲-۲۰۵.
https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354327.669439

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.354327.669439

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. کلزا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع تأمین روغن نباتی جهان به شمار می‌رود. کلزا گیاهی یک‌ساله با نام علمی .Brassica napus l می‌باشد. دانه‌های آن حاوی ۴۸-۴۰ درصد روغن بوده و دارای ارقام بهاره و پائیزه با عدد کروموزومی برابر ۳۸ می‌باشد (Mohammadi et al., 2018). کشور ما از نظر تولید روغن خوراکی در سطح مطلوبی قرار ندارد، در سال ۱۴۰۱، یکصد و هفتاد و پنج هزار و ۶۸۸ تن روغن نباتی تولید شده که ۶۳ درصد آن روغن خانوار و ۳۷ درصد روغن صنف و صنعت بوده است که در مقایسه با تولید سال گذشته ۱۰ درصد (۱۶۰ هزارتن) افزایش نشان داد. در ۱۰ ماهه سال جاری میزان واردات دانه‌های روغنی ۲ میلیون و ۱۱۸ هزار تن بوده که نسبت به ۲ میلیون و ۷۰ هزار تن سال گذشته ۲ درصد افزایش را نشان می‌دهد. میزان واردات کنجاله نیز در ۱۰ ماهه سال ۱۴۰۱، یک میلیون و ۱۳۴ هزار تن بوده که در مقایسه با ۲ میلیون و ۹۱ هزار تن سال گذشته حدود ۴۶ درصد کاهش را نشان می‌دهد (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱). روغن کلزا به دلیل داشتن ترکیب متوازنی از اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع از مزایای کاربردی خاصی برخوردار می‌باشد. وجود مقادیر قابل توجهی از اسید اولئیک در روغن کلزا سبب گردیده است که این روغن مقاومت خوبی در فرآیندهای حرارتی از جمله سرخ کردن از خود نشان دهد (شکاری، ۱۳۸۲).

گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته بوسیله عوامل نامساعد محیطی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. بعضی از این عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (Azizinia *et al*., 2005). امروزه کم‌آبی یکی از مهمترین عوامل محـدود کننـده ازدیاد محصول در نواحی خشک و نیمه خشک می‌باشد (Mollasadeghi et al., 2011 and 2013). تنش رطوبتی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که آثار بسیار نامطلوب بر رشد گیاه و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (عزتی و همکاران ۱۳۹۸) خشکی در ایران و جهان پدیده‌ای اجتناب ناپذیر است که همه ساله با شدت‌های متفاوتی، تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبرو می‌سازد. عدم بارندگی کافی و توزیع غیر یکنواخت آن در طول فصل رشد در مناطق خشک و نیمه خشک باعث شده است که کشت بیشتر محصولات کشاورزی فقط با آبیاری امکان‌پذیر گردد. با توجه به کمبود بارش‌های جوی و بالا بودن میزان تبخیر در استان خوزستان، این استان جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. گیاهان در این مناطق کم و بیش با تنش کم آبی مواجه هستند و آب مهمترین عامل محدود کننده رشد گیاهان است. کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و در نتیجه باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تاثیر قرار داده و از طرف دیگر با تاثیر بر فرایندهای آنزیمی که به طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد. گزارش‌های زیادی مبنی بر تاثیر کمبود آب از چند نوبت تا تنش‌های شدید، در رابطه با مختل شدن فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان و تغییر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن و نیز تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها وجود دارد (Abreu & Munne-Bosch, 2008).

تنش خشکی به علت کاهش CO_2 داخلی برگ‌ها و افزایش تنفس نوری موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی سه کربنه می‌شود (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۵). در بررسی نصری و همکاران (Nasri *et al*., 2008) اعمال تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار تعداد خورجین در گیاه، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن پنج رقم کلزا,Mohican, Symbol 1-Syn ,01-PF7045و 42-Hyola شد. محققان برای کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی به دنبال اتخاذ راهکارهایی متاسب هستند، بیشتر راهکارها در جهت کاهش تعرق و کاهش تنفس نوری و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاه بوده که در نهایت منجر به تثبیت عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Hosseinzadeh *et al*., 2011). تحقیقات متعددی در زمینه اثرات مفید کاربرد متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی انجام شده است (Taherabadi *et al*., 2015). استفاده از موادی مانند متانول به‌عنوان یک ماده کاهش دهنده تنش می‌تواند تا حدی جبران کننده کاهش عملکرد حاصل از خشکی باشد (Din *et al*., 2011). برخی تحقیقات سال‌های اخیر نشان داده است که رشد و عملکرد گیاهان سه کربنه با محلول‌پاشی متانول افزایش پیدا می‌کند و متانول به عنوان یک منبع کربن برای این گیاهان محسوب می‌شود. به طور کلی از جمله نقش‌هایی که این مواد دارند، جلوگیری از کاهش اثر تنش‌های القا شده به گیاهان زراعی در انجام تنفس نوری می‌باشد (Downie *et al*., 2004). از آنجا که در شرایط مزرعه با افزایش دمای هوا و شدت نور تنفس نوری افزایش می‌یابد، محلول‌پاشی متانول می‌تواند با کاهش تنفس نوری زمینه رشد گیاه را فراهم نماید، با توجه به اینکه ۲۵ درصد از کربن گیاه صرف تنفس نوری می‌شود با استفاده از محلول‌پاشی متانول می‌توان مقدار تنفس نوری را به حداقل رساند، علت این امر جذب متانول در گیاه و متابولیزه شدن سریع آن به دی اکسید کربن در بافت‌های گیاهی بوده است که ناشی از کوچکی مولکول‌های متانول نسبت به دی اکسید کربن است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).

احمدپور و همکاران (۱۳۹۵) نیز در بررسی اثرات محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش خشکی بر روی گیاه عدس گزارش کردند که صفت تعداد غلاف در بوته تحت تیمار خشکی از پنج غلاف در بوته در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی تا ۲/۶ غلاف در بوته در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی متغیر بود و بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۷/۳ عدد به ترکیب (تنش کم‌آبی ۱۰۰ ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول) و کمترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۲/۶ عدد به ترکیب (۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم محلول‌پاشی متانول) تعلق داشت. یافته‌های عزتی و همکاران (۱۳۹۸) بر روی گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش تعداد دانه در خورجین از ۲۰۵/۵ در تیمار شاهد تا ۱۷۳/۵ در تیمار تنش خشکی گردید. همچنین تحت تیمار محلول‌پاشی سالیسلیک اسید نیز شاهد افزایش تعداد دانه در خروجین به میزان ۲۹/۱۴ در تیمار محلول‌پاشی نسبت به میزان ۲۴/۹۰ در تیمار شاهد بود. بر اساس یافته‌های میرآخوری و همکاران (۱۳۸۹) محلول‌پاشی متانول منجر به افزایش وزن هزاردانه سویا گردید. بر اساس یافته‌های ایشان وزن هزاردانه در تیمار شاهد ۱۰۸/۷ گرم بود که تحت محلول‌پاشی متانول به ۱۳۲/۴ گرم افزایش یافت. بر اساس یافته‌های ایشان غلظت‌های بالاتر از ۲۱ درصد حجمی متانول منجر به افزایش وزن هزاردانه گردید اما نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود ولی نسبت به وزن هزار دانه در غلظت ۲۱ درصد حجمی کاهش معنی‌داری نشان داد. میرآخوری و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی به بررسی اثرات محلول‌پاشی متانول بر ارقام سویا پرداختند. ایشان گزارش کردند که عملکرد دانه تحت تاثیر محلول‌پاشی متانول تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد. افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف متانول در بسیاری از گیاهان گزارش شده است (صفرزاده ویشکایی و همکاران، ۱۳۸۹ و نادعلی و همکاران، ۱۳۸۹). گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش میزان تثبیت دی اکسید کربن و به دنبال آن افزایش تعداد برگ، تعداد نیام در ساقه اصلی، وزن صد دانه و عملکرد دانه گیاه لوبیا چیتی هم در شرایط طبیعی و هم در شرایط تنش خشکی می‌شود (Emartpardaz *et al*., 2015). بر اساس یافته‌های احمدی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی اثر محلول‌پاشی متانول بر ارقام کلزا در شرایط دیم، بیشترین شاخص برداشت در رقم هایولا ۴۰۱ و در شرایط محلول‌پاشی متانول با غلظت ۱۵ درصد مشاهده شد. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی روی موادی نظیر متانول، بوتانول، گلیسین، جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی سه کربنه انجام شده و مورد توجه محققین قرارگرفته است. اما محلول‌پاشی همزمان سالیسیلیک اسید و متانول بر روی دانه کلزا مورد بررسی قرار نگرفته است بر همین اساس در این پژوهش به بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر تنش کم‌آبی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تحت تأثیر تنش کم‌آبی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ (دوره رشد: ۲۲۶–۲۲۰ روز؛ مبدا: کانادا و نام رقم Hyola 401) در منطقه شمس‌آباد دزفول استان خوزستان در سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. این منطقه با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا در فاصله ۱۲۰ کیلومتری از مرکز استان، در شمال غرب خوزستان واقع شده است. به طورکلی آب و هوای استان خوزستان نیمه استوایی، دارای تابستان‌های گرم و خشک و طولانی و زمستان‌های بارانی و مرطوب است. فصل گرمای خوزستان از اردیبهشت ماه شروع و تا اواخر مهر ادامه می‌یابد. براساس بررسی‌های آماری جهت غالب بادهای منطقه جنوب، جنوب غربی به شمال، شمال شرقی می‌باشد. جمع ساعات آفتابی سالانه بیش از ۲۷۰۰ ساعت و تبخیر به بیش از ۲۴۰۰ میلی‌متر می‌رسد. براساس تقسیم بندی دو مارتن این منطقه جزو مناطق نیمه خشک و براساس کلیموگرام آمبرژه دارای آب وهوای گرم می‌باشد. شاخص‌های هواشناسی در دوره اجرای تحقیق در جدول شماره ۱ آمده است. با توجه به اهمیت و شرایط اجرای تحقیق جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از خاک مزرعه نمونه‌گیری به عمل آمده و مورد تجزیه قرار گرفت که نتایج در جدول شماره (۲) نشان داده شده است.

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار اجرا گردید. مجموعاً شامل ۷۲ کرت آزمایشی بود. کم‌آبی با سه سطح (۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) به‌عنوان کرت اصلی و سالیسیلیک اسید در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومول) و متانول با سه سطح (۰ و ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. هیبرید مورد آزمایش هایولا ۴۰۱ بود. آزمایش طی دو سال متوالی اجرا گردید و در نهایت تجزیه مرکب روی داده‌ها انجام گرفت. هر کرت شامل پنج ردیف به فاصله‌ی ۱۰۰ سانتی‌متر و بطول هشت متر بود. عملیات کاشت طبق عرف منطقه در تاریخ ۱۵ آبان به صورت دستی انجام گرفت. با استفاده از فاروئر زمین بصورت جوی و پشته با فواصل ۱۰۰ سانتی متر فاروکشی شد. بعد از کاشت ضمن یادداشت مرحله سبز شدن آزمایش اعمال تیمارهای

محلول‌پاشی دوبار به فاصله پنج روز در مرحله‌ی ۴ تا ۸ برگ صورت گرفت. برای انجام محلول‌پاشی از سم‌پاش موتوری پشتی استفاده شد که دارای حجمی معادل ده لیتر بوده و سعی شد تا نازل سم پاش در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری بالای بوته‌ها قرار داده شود. محلول‌پاشی در ساعات خنک بعد از ظهر در روزهای تعیین شده انجام شد. آبیاری بصورت نشتی انجام و عملیات برداشت نهایی پس از رسیدگی فیزیولوژیک انجام و در طول اجرای آزمایش اقدام به اندازه گیری صفات مورد نظر صورت گرفت. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، کود پتاس از منبع سولفات پتاس (۹۰ کیلوگرم در هکتار) و کود نیتروژن از منبع اوره (۷۰ کیلوگرم در هکتار) طبق آزمون خاک، محاسبه، توزین و در کرت‌ها به صورت پایه، قبل از کاشت مصرف شد. پس از آماده‌سازی زمین (ماخار، دیسک، ماله، دیسک و فارو)، ابعاد کلی طرح از چهار طرف پیاده و گونیا شد و کرت‌ها و فواصل بین کرت‌ها و تکرارها مشخص گردید. در طول اجرای آزمایش مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام گردید. در این تحقیق صفاتی نظیر عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، وزن هزاردانه، شاخص برداشت (با تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیستی محاسبه و بر حسب درصد) (مردفر و همکاران، ۱۳۹۳)، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. درصد روغن (استخراج روغن به روش سوکسله در آزمایشگاه بخش دانه‌های روغنی موسسه تهیه و اصلاح نهال و بذر کرج انجام پذیرفت و بخشی از دانه‌ها به‌منظور تعیین مقدار روغن مورد استفاده قرار گرفت) و با استفاده از رابطه زیر درصد روغن محاسبه گردید (فرزین و همکاران، ۱۳۸۵): (A: توزین کاغذ صافی بدون نمونه؛ B: توزین کاغذ صافی +نمونه حاوی روغن و C: توزین کاغذ صافی + نمونه بدون روغن): ۱۰۰×(B-C/B-A)= درصد روغن.

جدول ۱. مشخصات تغییرات عوامل اقلیمی دزفول، سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷

ماه	میزان تبخیر از تشت تبخیر	ساعات آفتابی	رطوبت نسبی به درصد		درجه حرارت		
			مطلق (حداقل)	مطلق (حداکثر)	میانگین	حداقل	حداکثر	میانگین
مهر ۹۶	۲۰۶/۶	۲۸۳	۱۶	۶۲	۳۹	۱۸/۷	۳۷/۵	۲۸/۱
مهر ۹۷	۱۹۲/۸	۲۵۰	۲۲	۶۶	۴۴	۲۱/۱	۳۸/۲	۲۹/۶
آبان ۹۶	۱۱۴/۱	۱۹۲	۳۱	۷۶	۵۴	۱۴/۸	۲۹/۹	۲۲/۴
آبان ۹۷	۸۰/۴	۱۷۲	۵۶	۹۶	۷۶	۱۵/۱	۲۵/۷	۲۰/۴
آذر ۹۶	۶۶/۴	۲۰۲	۴۴	۹۶	۷۰	۸	۲۱/۸	۱۴/۹
آذر ۹۷	۴۱/۸	۱۲۷	۶۵	۱۰۰	۸۲	۱۰/۹	۲۰/۶	۱۵/۷

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

قابلیت هدایت الکتریکی $dS\ m^{-1}$	اسیدیته کل اشباع pH	درصد نیتروزن (٪)	فسفر قابل جذب mg/kg	پتاسیم قابل جذب mg/kg	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
۰/۹۹	۷/۱	۰/۰۸	۶/۹	۱۰۸	۳۴	۳۵	۳۱

تحلیل آماری

در این تحقیق از نرم افزار SPSS-24 (SPSS Inc. 1996)، SAS و MSTATC (MSTAT-C. 1993) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن صورت گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

اثر تیمار تنش کم‌آبی بر صفات ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد خورجین در بوته ، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت در سطح احتمال ($P\leq$ ۰/۰۱) تاثیر معنی‌داری داشت. تیمار محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید نیز بر روی صفات ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال ($P\leq$ ۰/۰۱) تاثیر معنی‌داری داشت اما بر روی تعداد خورجین در بوته تاثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج محلول‌پاشی متانول نیز بر روی صفات ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ($P\leq$ ۰/۰۱) داشت. اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر روی صفات ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و

شاخص برداشت در سطح احتمال (P≤ ۰/۰۱) تاثیر معنی‌داری داشت. با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول بر روی صفات ارتفاع بوته، طول خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در سطح احتمال (P≤ ۰/۰۱) و بر روی تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال (P≤ ۰/۰۵) تاثیر معنی‌داری داشت اما بر روی صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل تیمارهای محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول نیز بر روی صفات ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال (P≤ ۰/۰۱) و بر روی تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت در سطح احتمال (P≤ ۰/۰۵) تاثیر معنی‌داری داشت. از نظر اثر سه جانبه (تنش کم‌آبی در محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید در متانول) بر روی صفات ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (P≤ ۰/۰۱) تاثیر معنی داری داشت اما بر روی صفات تعداد خورجین در بوته و شاخص برداشت تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

ارتفاع بوته

بیشترین ارتفاع بوته در تنش ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید به همراه ۱۰ درصد حجمی متانول (۱۰۵/۸ سانتی‌متر) و ۲۰ درصد حجمی متانول (۱۰۵/۷ سانتی‌متر) مشاهده شد که با کلیه تیمارهای تحقیق تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین میزان ارتفاع بوته به مقدار۸۴/۳۶ سانتی‌متر در تنش ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول مشاهده شد که با ارتفاع بوته تحت تیمار تنش ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول (۸۵/۷ سانتی‌متر) و نیز ۱۰ درصد حجمی متانول (۸۶/۱ سانتی‌متر) و نیز تنش ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و نیز عدم محلول‌پاشی متانول (۸۵/۲ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت (شکل ۱). در اغلب گیاهان ارتفاع بوته با تغییر شرایط محیطی تغییر می‌یابد. محققان در تحقیقات خود کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته ساقه کلزا را شرایط تنش رطوبتی گزارش کرده‌اند (Sadaqat *et al*., 2003; Qaderi *et al*., 2006; Khan *et al*., 2012). برخی محققین عقیده دارند که تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه موجب کاهش ارتفاع بوته می‌شود و هر چه زمان اعمال تنش به مراحل انتهایی فصل رشد نزدیک‌تر باشد تنش اثر کمتری بر ارتفاع بوته دارد (یدالهی و همکاران، ۱۳۹۳).

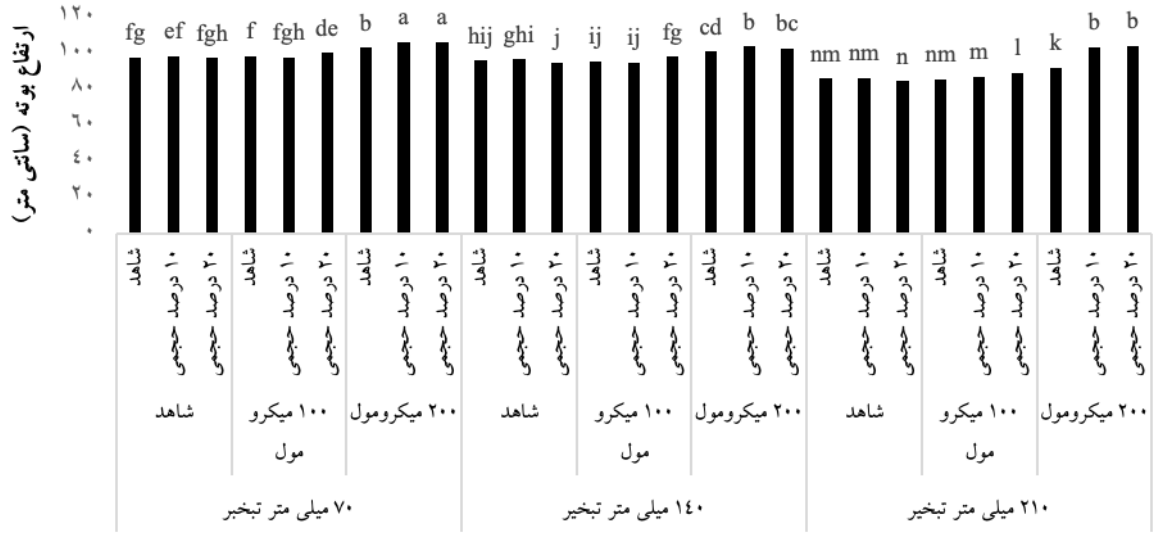
جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد کلزا هایولا ٤۰۱ تحت اثر تیمارهای تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی متانول و سالیسیلیک اسید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)			
		ارتفاع بوته	طول خورجین	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین
سال	۱	۳۰/۶۸**	۰/۰۰۷۶**	۰/۲۲^{ns}	۱۰/۸۸*
بلوک	۲	۳/۱۱^{ns}	۰/۰۰۳۶**	۱/۹۵^{ns}	۱/۵۸^{ns}
سال×بلوک	۲	۰/۸۵۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۱/۵ ^{ns}
تنش کم‌آبی	۲	۱۳۵۷/۸**	۱۹/۶۴**	۴۸۱۸/۸**	۷۵۲/۹**
تنش کم‌آبی×سال	۲	۱/۲۸^{ns}	۰/۰۰۵۶**	۱۴/۲۲**	۱۴/۲۲**
تنش کم‌آبی×سال×بلوک	۸	۲/۶۷^{ns}	۰/۰۰۰۵۴^{ns}	۲/۲۹^{ns}	۰/۹۹۳^{ns}
سالیسیلیک اسید	۲	۱۴۴۶/۹**	۰/۱۶۴**	۱/۰۸^{ns}	۱۸۴/۱۱**
سال×سالیسیلیک اسید	۲	۱/۵۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۵^{ns}	۲/۷۲^{ns}	۱/۳۹^{ns}
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید	۴	۹۰/۷**	۰/۰۰۷۷**	۱۷/۵۴**	۳۰/۲۵**
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید ×سال	۴	۱/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۰/۲۲^{ns}
خطا	۲۴	۵/۱۱	۰/۰۰۰۶	۲/۴۳	۱/۷۲
متانول	۲	۹۰/۶۸**	۰/۰۱۷**	۲۳۹/۱۱**	۱۲۰/۰۴**
متانول ×سال	۲	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۳۵^{ns}	۲/۷۲^{ns}	۱/۳۹^{ns}
تنش کم‌آبی×متانول	۴	۲۳/۸۶**	۰/۰۰۷۷**	۷/۲۴*	۵/۶۲*
تنش کم‌آبی×متانول ×سال	۴	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۰/۲۲^{ns}
سالیسیلیک اسید×متانول	۴	۷۵/۷۵**	۰/۰۰۱۸*	۲۰/۳۲**	۵/۶۵*
سالیسیلیک اسید×متانول ×سال	۴	۰/۷۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۵^{ns}	۲/۷۲^{ns}	۱/۳۹^{ns}
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید×متانول	۸	۱۷/۸۲**	۰/۰۰۷۷**	۳/۴۵^{ns}	۸/۲۸**
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید×متانول×سال	۸	۰/۹۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۸^{ns}	۲/۲۲^{ns}	۰/۲۲^{ns}
خطای کل	۷۲	۱/۵۸	۰/۰۰۰۵۲	۲/۳۳	۱/۸۵
ضریب تغییرات (٪)		۱/۳۱	۰/۴۳	۴/۱۵	۶/۲۲

ادامه جدول ۳.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد روغن
سال	۱	۰/۰۱۶۸**	۵۴۷۷/۵۶**	۲۹۵۲۵**	۰/۰۱۶۲**	۱۳/۲۳**
بلوک	۲	۰/۰۰۱۸*	۲۶۰۷/۱۹**	۱۳۵۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۲۳^{ns}	۵/۸**
سال×بلوک	۲	۰/۰۰۰۲^{ns}	۲۰۰^{ns}	۲۵۱^{ns}	۰/۰۰۰۹۵^{ns}	۰/۰۰۳۲^{ns}
تنش کم‌آبی	۲	۷/۵۲**	۱۱۶۸۶۱۸۵**	۵۸۱۵۸۶۸۲۶**	۰/۵۹۱**	۱۸۴۹/۷۵**
تنش کم‌آبی×سال	۲	۰/۰۰۱۳*	۲۸۲/۰۲^{ns}	۱۴۰^{ns}	۰/۰۰۰۹۷^{ns}	۶/۳۴**
تنش کم‌آبی×سال×بلوک	۸	۰/۰۰۰۱۸^{ns}	۱۸۵^{ns}	۱۱۲۴۵**	۰/۰۰۰۹۲^{ns}	۰/۹۷^{ns}
سالیسیلیک اسید	۲	۰/۰۵۲**	۳۷۱۷۷۱**	۱۱۱۰۶۵۶**	۰/۰۱۴**	۲۰۳/۸**
سال×سالیسیلیک اسید	۲	۰/۰۰۰۶^{ns}	۲۱۵۷**	۹۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۲۲^{ns}
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید	۴	۰/۰۱۲**	۶۸۹۰۳**	۹۰۴۹۱**	۰/۰۰۷۹**	۲۴/۶۷**
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید ×سال	۴	۰/۰۰۰۴^{ns}	۱۹۳^{ns}	۲۱۳^{ns}	۰/۰۰۰۸۵^{ns}	۰/۴۵^{ns}
خطا	۲۴	۰/۰۰۰۴۱	۳۶۱/۲	۳۴۶۱	۰/۰۰۱	۱/۱۲
متانول	۲	۰/۰۳۱**	۸۳۹۶۰**	۸۴۲۰۹۴**	۰/۰۱**	۱۱۲/۲۷**
متانول ×سال	۲	۰/۰۰۰۵^{ns}	۲۱۵۷**	۲۰۵۴^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۲۸^{ns}
تنش کم‌آبی×متانول	۴	۰/۰۰۳۹**	۸۱۰۹**	۲۵۷۱^{ns}	۰/۰۰۱۸^{ns}	۳۰/۴۲**
تنش کم‌آبی×متانول ×سال	۴	۰/۰۰۰۳۶^{ns}	۱۹۳/۰۲^{ns}	۲۲۵۴^{ns}	۰/۰۰۱۶^{ns}	۰/۱۸۸^{ns}
سالیسیلیک اسید×متانول	۴	۰/۰۰۲۴**	۱۲۳۹۳**	۱۰۷۸۸۲**	۰/۰۰۲۸*	۵/۵۸**
سالیسیلیک اسید×متانول ×سال	۴	۰/۰۰۰۵^{ns}	۲۱۵۷**	۶۴۲^{ns}	۰/۰۰۰۱۱^{ns}	۰/۴۴۹^{ns}
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید×متانول	۸	۰/۰۰۲۵**	۲۵۸۳/۳۴**	۲۰۱۴۴**	۰/۰۰۱۵^{ns}	۳/۰۳**
تنش کم‌آبی×سالیسیلیک اسید×متانول×سال	۸	۰/۰۰۰۳۶^{ns}	۱۹۳/۰۲^{ns}	۴۵۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۷۵^{ns}
خطای کل	۷۲	۰/۰۰۰۳۹	۳۶۲/۶۵	۳۱۶۳	۰/۰۰۱۱	۰/۶۶۷
ضریب تغییرات (٪)		۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۶۸	۹/۸۳	۲/۰۹

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



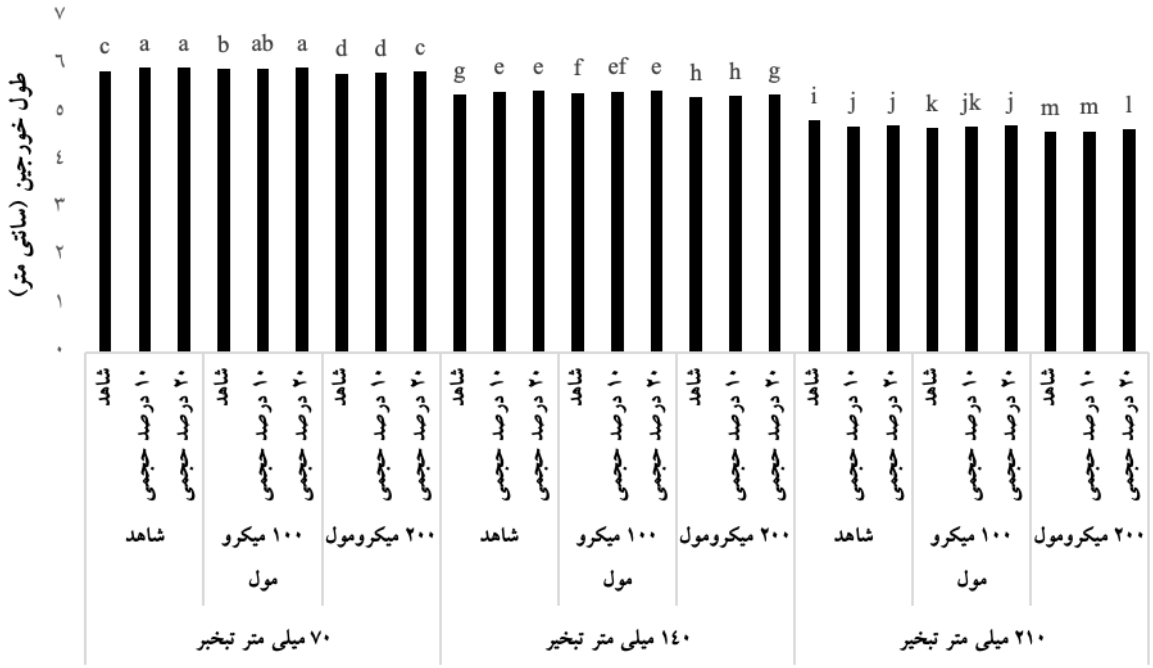
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

شکل ۱-اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر ارتفاع بوته

طول خورجین

بیشترین میزان طول خورجین تحت اثر متقابل تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول (۵/۹۶ سانتی‌متر) و نیز تحت اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرو مول سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول (۵/۹۶ سانتی‌متر) مشاهده شد که البته با طول خورجین در تیمار تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۵/۹۵ سانتی‌متر) و نیز طول خورجین تحت

اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرو مول سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۵/۹۴ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. اما با توجه به نتایج کمترین میزان طول خورجین نیز تحت اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۴/۶۱ سانتی‌متر) مشاهده شد که البته با طول خورجین نیز تحت اثر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۴/۶۳ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۲). نتایج با یافته‌های حیدری و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی داشت ایشان گزارش کردند اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بر طول خورجین در کلزا تاثیر معنی‌داری داشت و همچنین تنش خشکی پایان فصل منجر به کاهش ۱۲/۳ درصد طول خورجین در کلزا شد.

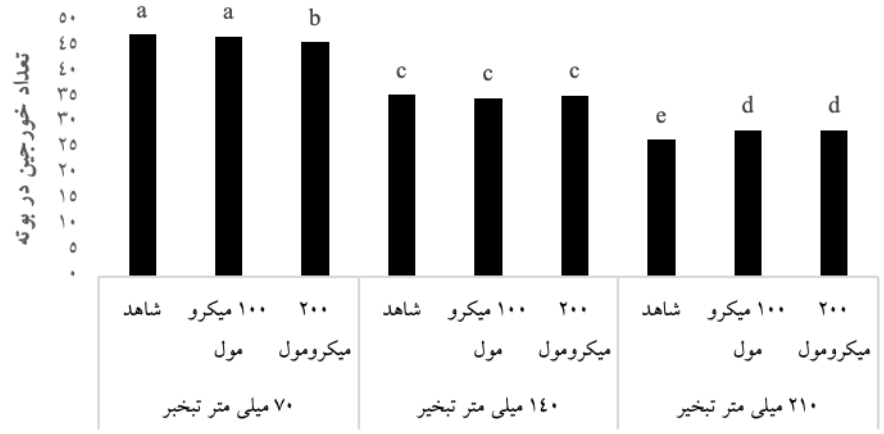


میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

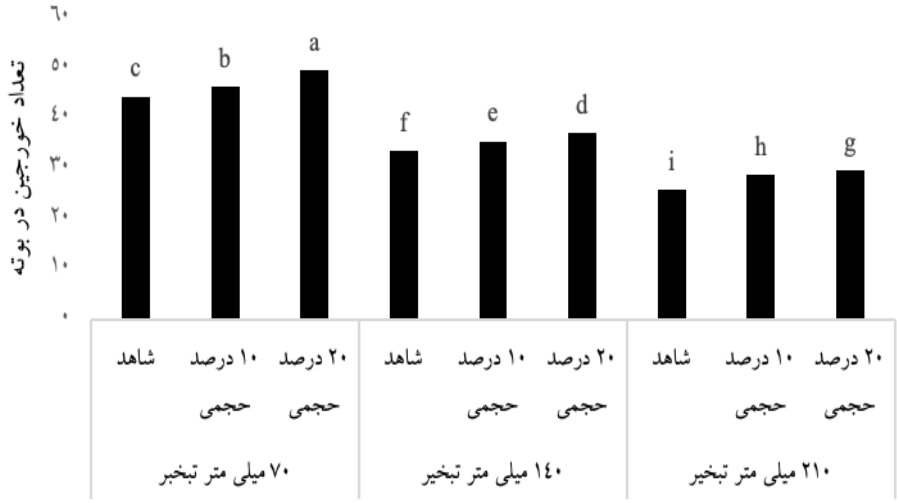
شکل ۲. اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر طول خورجین

تعداد خورجین در بوته

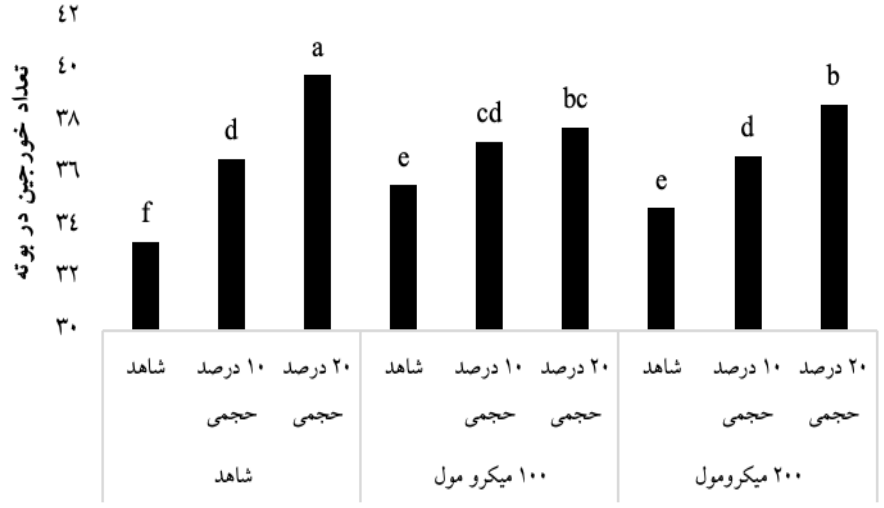
بیشترین تعداد خورجین در بوته تحت تاثیر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۴۷/۴) مشاهده شد که البته با تعداد خورجین در بوته تحت تاثیر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید (۴۷/۱) تفاوت معنی‌داری از نظر اماری نداشت. همچنین کمترین میزان تعداد خورجین در بوته تحت تاثیر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۲۶/۸) مشاهده شد که با کلیه تیمارهای تحقیق تفاوت معنی داری از نظر آماری داشت (شکل ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته تحت اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول نیز نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در بوته تحت تاثیر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول (۴۹/۶) مشاهده شد و کمترین تعداد خورجین در بوته نیز تحت تاثیر متقابل تیمارهای تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی متانول (۲۸/۸) مشاهده شد (شکل ۴). نتایج مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته تحت اثر متقابل تیمارهای محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول نیز نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در بوته تحت تاثیر متقابل عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی۲۰ درصد حجمی متانول (۳۹/۸) مشاهده شد و کمترین میزان نیز تحت تاثیر متقابل تیمارهای عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۳۳/۴) مشاهده شد (شکل ۵). تعداد خورجین در بوته مهمترین جزء عملکرد در گیاه کلزا قلمداد می‌گردد (Angadi *et al*., 2003). تنش خشکی در مرحله گلدهی به واسطه ریزش شدید تر گل سبب کاهش قابل توجه تعداد خورجین در بوته می‌شود (Sinaki *et al*., 2007). همراستا با نتایج این پژوهش احمدی و همکاران (۱۳۹۷) ضمن تحقیقی بر روی کلزا در شرایط دیم و تحت محلول‌پاشی متانول گزارش کردند که بیشترین تعداد خورجین در بوته در تیمار ۱۰ درصد محلول‌پاشی متانول مشاهده شد.



میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
شکل ۳. اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر تعداد خورجین در بوته



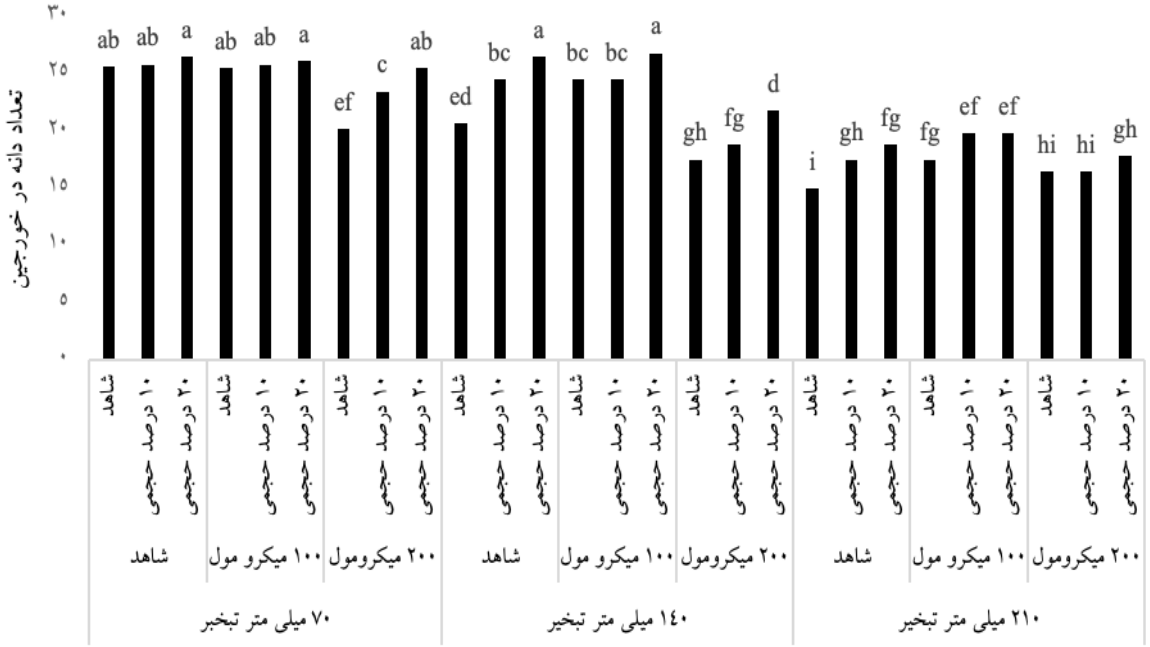
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
شکل ٤. اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی متانول بر تعداد خورجین در بوته



میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
شکل ۵. اثر متقابل محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر تعداد خورجین در بوته

تعداد دانه در خورجین

بیشترین تعداد دانه در خورجین به مقدار ۲۶/۸ عدد تحت تنش کم‌آبی ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول مشاهده شد که البته با تعداد دانه در خورجین تحت تنش کم‌آبی ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۲۶/۵ عدد) و نیز تعداد دانه در خورجین تحت تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۲۶/۵ عدد) و همچنین تعداد دانه در خورجین تحت تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۲۶/۲ عدد) تفاوت معنی‌داری نشان نداشت و کمترین تعداد دانه در خورجین نیز تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۱۵ عدد) مشاهده شد که البته با تعداد دانه در خورجین تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۱۶/۵ عدد) و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۱۶/۵ عدد) تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۶). نتایج این تحقیق با یافته‌های احمدی و همکاران (۱۳۹۷) هم راستا بود. ایشان در بررسی اثرات محلول‌پاشی متانول بر علمکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزا در شرایط دیم گزارش کردند که با افزایش غلظت متانول تا سطح ۱۰ درصد حجمی تعداد دانه در خورجین به صورت معنی‌داری افزایش و پس از ان ثابت ماند. احیایی و همکاران (Ahyaei *et al.*, 2008) گزارش کردند که متانول باعث افزایش تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته گیاه نخود شد. از طرفی یافته‌های این آزمایش نشان می‌دهد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید احتمالا از طریق بهبود عملکرد فتوسنتزی و افزایش رشد از طریق کاهش اثرات نامطلوب تنش به افزایش تعداد دانه در خورجین‌ها منجر می‌گردد. یافته‌های این تحقیق با نتایج محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2018) مبنی بر اینکه اثر اثر متقابل تنش خشکی در سطوح سالیسیلیک اسید بر ارقام کلزا معنی‌دار بود مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که وقوع تنش در مرحله گلدهی به واسطه عدم تلقیح مناسب و سقط گل‌ها باعث افزایش پوکی خورجین‌ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در خورجین‌ها می‌گردد.



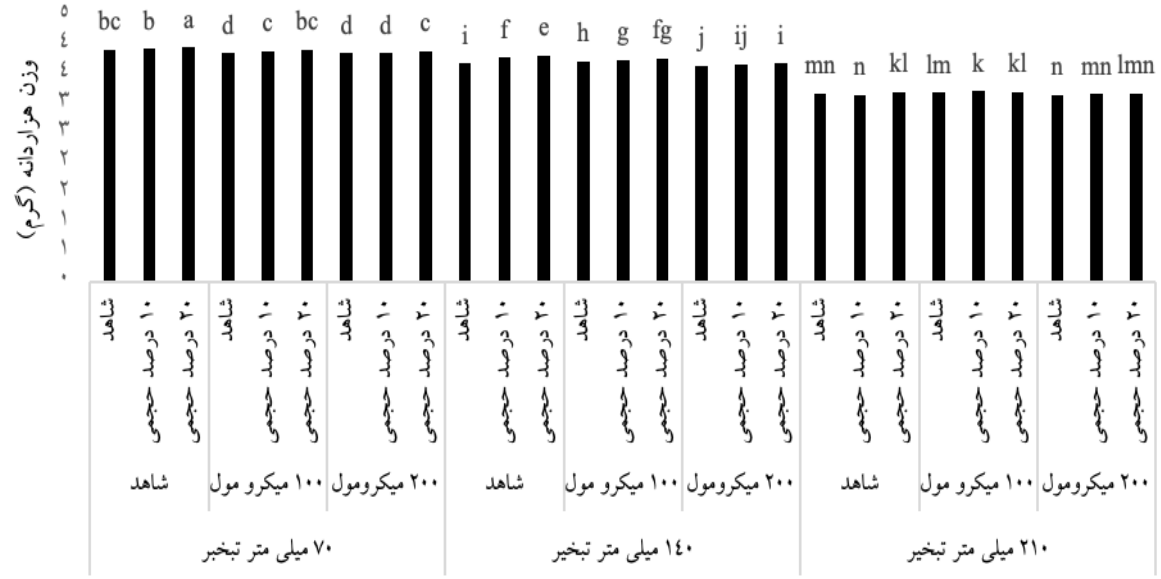
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

شکل ٦. اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر تعداد دانه در خورجین

وزن هزار دانه

بیشترین تعداد وزن هزاردانه تحت تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۳/۹۶ گرم) مشاهده شد و کمترین وزن هزاردانه نیز تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۳/۱۵ گرم) و نیز تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۳/۱۵ گرم) مشاهده شد (شکل ۷). احمدی و همکاران (۱۳۹۷) طی تحقیقی محلول‌پاشی متانول بر روی کلزا را در

شرایط دیم بررسی کردند که نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. ایشان گزارش کردند که وزن هزاردانه در غلظت‌های پایین محلول‌پاشی متانول (۵ درصد) تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کلزا هایولا ۴۰۱ داشت. نتایج دیگر محققین نیز تاییدی بر دستاوردهای این تحقیق بود. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2018) گزارش کردند که اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید تاثیر معنی‌داری بر روی ارقام کلزا داشت. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول با بهبود شرایط فتوسنتزی در زمان وقوع تنش و افزایش سنتز مواد آسمیلاتی در این شرایط از چروکیدگی و کاهش وزن دانه جلوگیری بعمل می‌آورند و منجر به افزایش وزن دانه در شرایط تنش می‌گردند. نکته مهم در این تحقیق که با یافته‌های محققین دیگر همخوانی دارد این است که غلظت‌های بالای سالیسیلیک اسید منجر به کاهش وزن هزار دانه گردید. کلانتر احمدی و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش کردند که در شرایط نرمال آبیاری افزایش غلظت سالیسیلیک اسید بر وزن هزاردانه اثر منفی داشت. اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر وزن هزاردانه در شرایط تنش خشکی می‌تواند به دلیل انتقال مواد پرورده بیشتر به دانه‌ها در طول دوره پر شدن باشد.

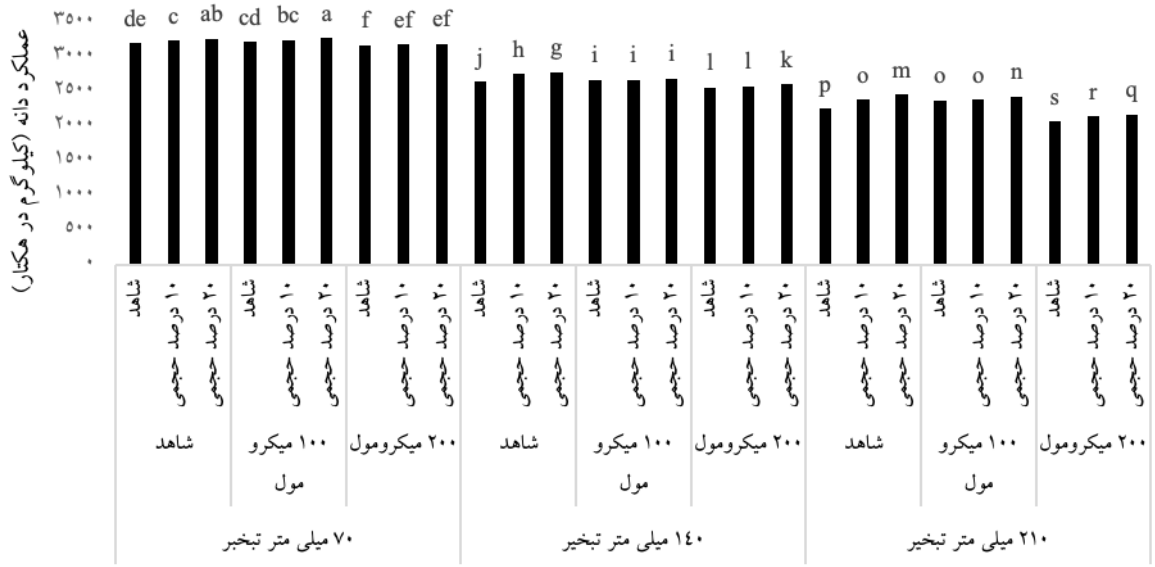


میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نمودار ۷ . اثر متقابل تنش کم آبی و محلول پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر وزن هزار دانه

عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۳۲۷۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میلکرومول سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول مشاهده شد که با عملکرد تحت تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۳۲۶۳ کیلوگرم در هکتار) تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. کمترین میزان عملکرد دانه نیز تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۳۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و نیز تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۲۱۴۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که با کلیه تیمارهای تحقیق تفاوت معنی‌داری از نظر آماری داشت (شکل ۸). احمدی و همکاران (۱۳۹۷) در بررسی محلول‌پاشی متانول در شرایط دیم بر روی کلزا هایولا ۴۰۱ گزارش کردند که محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ درصد منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. میرآخوری و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه لوبیا قرمز در تیمار ۲۰ درصد متانول دارای بیشترین مقدار بوده ولی با افزایش مقدار متانول از ۳۰ درصد به ۳۵ درصد حجمی عملکرد دانه روند کاهشی داشته است که علت آن را به اثر سمی متانول در غلظت‌های بالا نسبت داده اند. Zbieć *et al* (2003) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه، وزن دانه‌ها و تعداد غلاف در بوته در رقم کلزایی که با متانول تیمار شده بودند به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2018) نیز اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید را بر عملکرد ارقام کلزا معنی‌دار گزارش کردند.

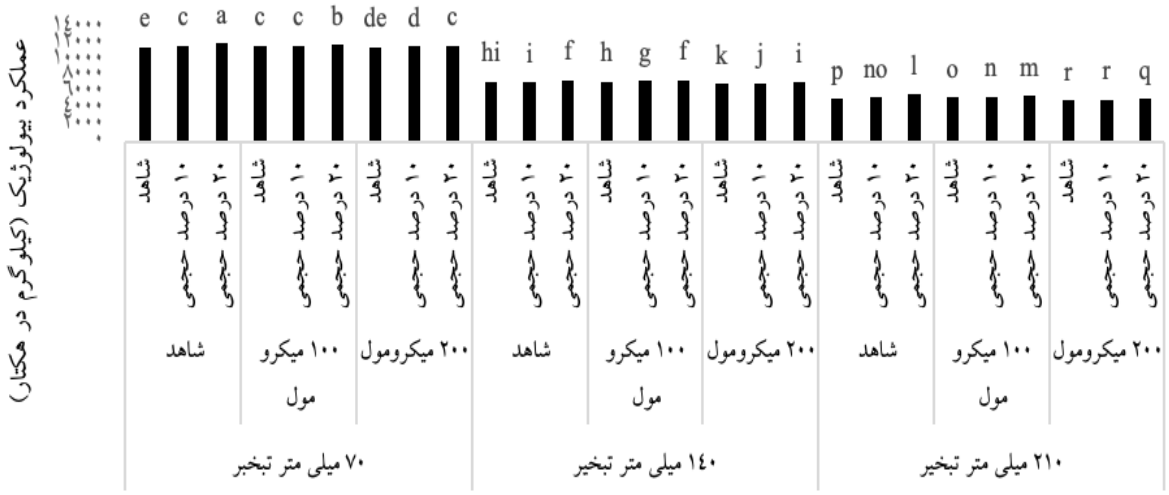


میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

شکل ۸. اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر عملکرد دانه

عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیک تحت تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۱۲۱۱۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد و کمترین میزان عملکرد دانه نیز تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۵۱۲۸ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که البته با عملکرد بیولوژیک تحت تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۵۱۷۲ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری از نظر آماری داشت (شکل ۹). احمدی و همکاران (۱۳۹۷) نیز افزایش عملکرد بیولوژیک کلزا هایولا ۴۰۱ را تحت محلول‌پاشی متانول با غلظت ۱۰ درصد حجمی در شرایط دیم گزارش کردند. Nadali *et al* (2016) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول باعث افزایش عملکرد بیولوژیک چغندر شد. Ramberg & Bradley (2002) بیان داشتند که وقتی که بوته‌ها در شرایط کمبود آب و افزایش درجه حرارت قرار گیرند با بسته شدن روزنه‌ها متانول به‌عنوان یک منبع کربنی می‌تواند باعث افزایش کلروفیل و در نهایت وزن خشک گیاه شود.



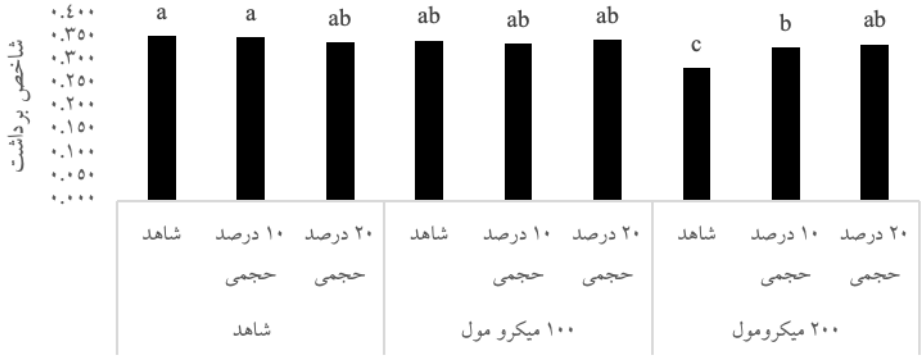
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

شکل ۹. اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر عملکرد بیولوژیک

شاخص برداشت

بیشترین شاخص برداشت تحت اثر متقابل تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۴۶ درصد) مشاهده شد که البته با شاخص برداشت تحت اثر متقابل تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید (۴۵ درصد) و ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید (۴۵ درصد) تفاوت معنی‌درای از نظر آماری نداشت و کمترین میزان شاخص برداشت تحت اثر تنش کم‌آبی۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید (۲۴ درصد) مشاهده شد که البته با شاخص برداشت تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید (۲۵ درصد) و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۲۵ درصد) تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت (شکل ۱۰). نتایج مقایسه میانگین شاخص برداشت تحت اثر متقابل محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی متانول نشان داد که بیشترین شاخص برداشت تحت اثر متقابل عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۳۵/۵ درصد) مشاهده شد که البته با شاخص برداشت تحت اثر متقابل عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۳۵/۳ درصد) تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشت و کمترین میزان شاخص برداشت تحت اثر محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و عدم محلول‌پاشی متانول (۲۸ درصد) مشاهده شد (شکل ۱۱). احمدی و همکاران (۱۳۹۷) نیز همراستا با یافته‌های این تحقیق افزایش شاخص برداشت کلزا هایولا ۴۰۱ تحت محلول‌پاشی متانول در شرایط دیم گزارش کردند. اصلانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز با بررسی اثر متانول بر روی گیاه ماش به اثرات مثبت کاربرد متانول بر میزان شاخص برداشت اشاره کردند. عزتی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی تاثیر نتش خشکی و محلول‌پاشی جیبرلیک اسید و سالیسیلیک اسید بر کلزا گزارش کردند که شاخص برداشت تحت تاثیر تنش خشکی، مصرف سالیسلیک اسید و اثر بر همکنش این دوتیمار تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد. Sahraei *et al* (2018) در بررسی اثر سالیسیلیک اسید گزارش کردند که بذور تیمار شده با سالیسلیک اسید شاخص برداشت بیشتری از خود نشان دادند.

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
شکل ۱۰ . اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر شاخص برداشت

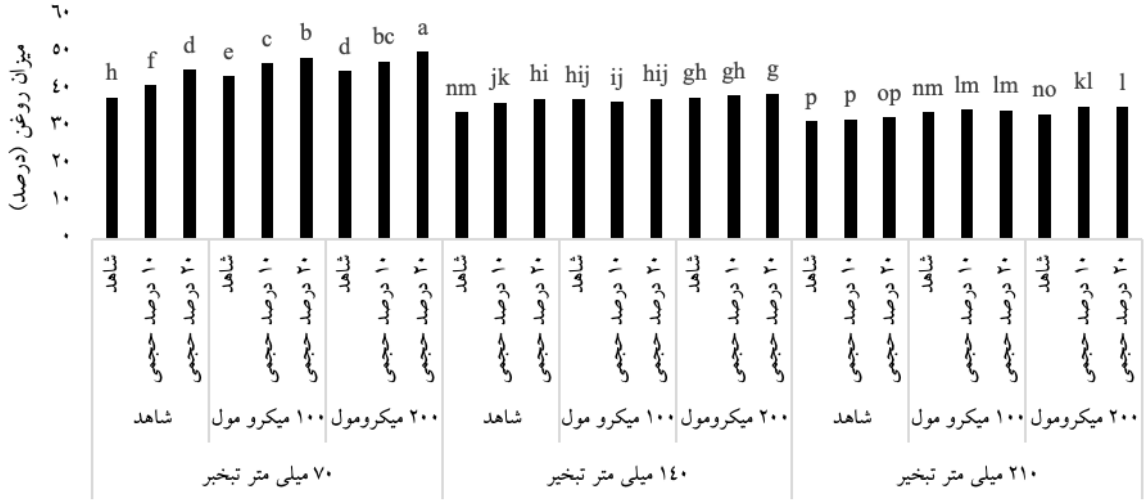


میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.
شکل ۱۱. اثر متقابل محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول بر شاخص برداشت

درصد روغن

بیشترین درصد روغن در تنش ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول

(۵۰/۳ درصد) مشاهده شد و کمترین میزان درصد روغن نیز در تنش ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول (۳۱/۷ درصد) مشاهده شد که میزان درصد روغن در تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۳۲/۲ درصد) و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول (۳۲/۸ درصد) تفاوت معنی داری از نظر آماری نداشت (شکل ۱۲). Abbaszadeh *et al* (2020) گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول منجر به افزایش درصد روغن دانه سویا در شرایط تنش رطوبتی گردید. همچنین گرامی و همکاران (Gerami *et al*., 2020) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید منجر به افزایش معنی دار درصد روغن بومادران گردید.



میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

شکل ۱۲. اثر متقابل تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی سالسیلیک اسید و متانول بر درصد روغن

نتیجه‌گیری

بیشترین عملکرد دانه تحت تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۱۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و ۲۰ درصد حجمی متانول (۳۲۷۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد دانه نیز تحت تنش کم‌آبی ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول (۳۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. با توجه به نتایج، بهترین تیمار تنش کم‌آبی ۷۰ میلی‌متر تبخیر بود که با افزایش تنش کم‌آبی، عملکرد کاهش یافت. بیشترین درصد روغن در تنش ۷۰ میلی‌متر تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول (۵۰/۳ درصد) مشاهده شد و کمترین میزان درصد روغن نیز در تنش ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و متانول (۳۱/۷ درصد) مشاهده شد. همچنین با محلول‌پاشی متانول و سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه افزایش یافت. به‌منظور بررسی‌های بیشتر پیشنهاد می‌شود که محققین به بررسی محلول‌پاشی متانول و سالیسیلیک اسید بر ارقام بیشتر بپردازند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

منابع

احمدپور، ر.، آرمند، ن.، حسین زاده، س.ر. و رجا، م. (۱۳۹۴). بررسی اثر محلول پاکی متانول بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی عدس *Lens culinaris Medik* در شرایط تنش آبی. مجله تحقیقات حبوبات ایران. ۷ (۲): ۲۰۲-۲۱۴.

احمدی، ک.، رستمی، م و حسین زاده، س.ر. (۲۰۱۷). تأثیر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزا *Brassica napus L* در شرایط خشک. مجله تحقیقات کشاورزی ایران. ۱۶ (۳): ۶۲۹-۶۴۰.

احیایی ر.، رضوانی مقدم، پ و امیری ده احمدی، ر. (۱۳۸۷) بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی شاخص‌های مورفولوژیکی سه گیاه دارویی، خار مریم، گل همیشه بهار و سیاه دانه در شرایط گلخانه، اولین همایش ملی با موضوع تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی، بیرجند، ایران. ۱۲ ص.

امیرمردفر، ر.، دباغ محمدی نسب، ع.، راعی، ی.، خاقانی نیا، ص.، امینی، و طباطباء وکیلی، س.ح. (۱۳۹۳). ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در کشت مخلوط نواری گندم-کلزا تحت تاثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک. نشریه علمیی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هشتم،

شماره (۴) ۳۲، صفحه ۴۵۰-۴۳۷.

حیدری، ع.، بیژن زاده، ه. و امام، ی. (۱۳۹۳). تأثیر تنش خشکی پایان فصل و اسید سالیسیلیک بر عملکرد بذر و دمای سایه بوته در دو رقم کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی اهواز. ۷ (۲۷): ۳۷-۵۳.

فرزین، ا.ر.، نورمحمدی، ق و شیرانی راد، ا.ح. (۱۳۸۵). ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ۲۵ رقم کلزای پاییزه. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی سال دوازدهم، شماره (۲). ۴۲۰-۴۳۷.

کلانتراحمدی، س.، عبادی، ع.، دانشیان، ج.، سیادت، ع. و جهانبخش، س. (۱۳۹۴). تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه کلزا .*Brassica napus* L رقم Hayola 401 . مجله علوم کشاورزی ایران. ۱۸ (۳): ۱۹۶-۲۱۷.

صفرزاده ویشکائی، م.ن. (۲۰۱۶). تأثیر متانول بر رشد و عملکرد بادام زمینی، پایان نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران. ۲۳۶ ص.

میرآخوری، م.، پاک نژاد، ف.، اردکانی، م.، مرادی، ف.، ناظری، ص، و نصری، م. (۱۳۹۰). تأثیر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا *Glycine max* L .آگرواکولوژی ۲ (۲): ۲۳۶-۲۴۴.

میرآخوری، م.، پاک نژاد، ف.، وزن، س.، ناظری، ص.، ریحانی، ی.، و مرتضی پور، ح. (۱۳۸۹). اثر محلول‌پاشی متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز. یازدهمین کنگره علوم زراعی ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. ۱۸ ص.

نادعلی، آ، یارنیا، م.، پاک نژاد، ف و فره وش، ف. (۱۳۹۵). بررسی برخی از صفات کمی و کیفی چغندرقند در پاسخ به محلول‌پاشی متانول و تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۸ (۲): ۱۶۹-۱۸۷.

یداللهی ده‌چشمه ص.، باقری ع.، امیری ع. و اسماعیل زاده بهابادی س. (۱۳۹۳). تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی کیتوزان بر عملکرد و رنگدانه‌های فتوسنتزی آفتابگردان، فیزیولوژی زراعی ۲۰۱۴; ۶ (۲۱): ۷۳-۸۳.

REFERENCES

Abbaszadeh, B., Layeghhaghighi, M., Azimi, R. and Hadi, N. (2020) Improving water use efficiency through drought stress and using salicylic acid for proper production of Rosmarinus officinalis L. Industrial Crops and Products 144: 111893.

Abreu, ME and Munne-Bosch, S. (2008). Salicylic acid may be involved in the attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry 54-47: 224-231.

Ahmadi, K., Rostami, M and Hosseinzadeh, SR. (2017). The effect of methanol foliar application on yield and yield components of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) under dry conditions. Iranian Agricultural Research Journal. 16 (3): 629-640. (In Persian)

Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, SR and Reja, M. (2015). Evaluation of the effect of pachymethanol solution on some morphological, physiological and biochemical indicators of lentils (*Lens culinaris* Medik) under water stress conditions. Journal of Iranian Legume Research. 7 (2): 202-214. (In Persian)

Ahyaei, HR., Rizvani Moghadam, P and Amiri Deh Ahmadi, R. (2008) Investigating the effect of drought stress on some morphological indicators of three medicinal plants, milk thistle, marigold and black seed in greenhouse conditions, the first national conference on environmental stresses in agricultural sciences, Birjand, Iran. (In Persian)

Angadi, SV., Cutforth, HW., McConkey, BG and Gan, Y. (2003). Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. Crop Science 43: 1358-1366.

Azizinia, Sh., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., Yazdi Samadi, B., Ahmadi, A and Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Australian Journal of Agricultural Research 56: 1159–1168.

Din, J., Khan, SU., Ali, I., and Gurmani, AR. (2011). Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Animal and Plant Sciences 21 (1): 78-82.

Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M and Haslam. R. (2004). Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. Phytochemistry. 65(16): 2305–2316.

Emartpardaz, J., Hami, A., and Kazemnia, H. (2015). Effect of foliar application of methanol in water stress condition on yield components of *Phaseolus vulgaris* L. Agricultural Science and Sustainable Production Science 25: 125-137. (In Persian)

Ezzati, N., Maleki, A. and Fathi, A. (2018). Effect of drought stress and foliar spraying of gibberellic acid and salicylic acid on quantitative and qualitative yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Plant Environmental Physiology. 14 (6): 94-109.

Faraji, A., Latifi, NA., Soltani, A and Shirani Rad. AH. (2012). Effect of temperature stress and supplemental irrigation on flawer and pod formation in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars at mediterranean climate. Asian Journal of Plant Sciences, 7 (4): 343-351.

Gerami, M., Ghorbani, A. and Karimi, S. (2018) Role of salicylic acid pretreatment in alleviating cadmium-induced toxicity in Salvia officinalis L. Iranian Journal of Plant Biology, 10: 81 -95. (In Persian)

Heydari, A., Bijanzadeh, E. and Imam, Y. (2014). Effect of end-of-season drought stress and salicylic acid on seed yield and plant shading temperature in two canola cultivars. Scientific Research Quarterly Journal of Crop Physiology. Ahvaz Islamic Azad University. 7 (27): 37-53. (In Persian)

Hosseinzadeh, S. R., Salimi, A., and Ganjeali, A. (2011). Effects of foliar application of methanol on morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Science 4: 139-150. (In Persian)

Kalantarahmadi, SA., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, A. and Jahanbakhsh, S. (2015). The effect of drought stress and foliar application of growth regulators on the content of photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) variety Hayola 401. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 18 (3): 196-217. (In Persian)

Khan, W., Prithiviraj B. and Smith, D. (2012). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology 160: 485-492.

Lee, BR., Islam, MT., Park, SH., Jung, HI., Bae, DW and Kim, TH. (2019). Characterization of salicylic acid-mediated modulation of the drought stress responses: Reactive oxygen species, proline, and redox state in Brassica napus. Environmental and experimental botany, 157, 1-10.

Mirakhori, M., Paknejad, F., Ardakani, M., Moradi, F., Nazeri, P., and Nasri, M. (2011). Effect of methanol spraying on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.). Agroecology 2 (2): 236-244. (In Persian)

Mirakhori, M., Paknejad, F., Vazan, S., Nazeri, P., Reihani, Y., and Mortezapoor, H. (2010). Effect of methanol foliar application on yield and yield components of red bean. 11th Iranian Crop Science Congress. Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian)

Mohammadi, H., Javadzadeh, R., Pasban Eslam, B., & Parviz, L. (2018). Evaluation of the Effects of Drought Stress and Salicylic Acid on Growth and Physiological Parameters in Four Spring Canola Cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research, 16(4), 807-819. doi: 10.22067/gsc.v16i4.70532. (In Persian).

Mollasadeghi, V., Eshghi, AG., Shahryari, R and Elyasi S (2013). Evaluation of tolerant and susceptible bread wheat genotypes under drought stress conditions. International Journal of Farming and Allied Sciences 2 (24), 1159-1164

Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahryari, R and AA Imani. (2011). Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. World Applied Sciences Journal 13 (3), 545-551

MSTAT-C. (1993). MSTAT-C, A Microcomputer Program for the Design, Arrangement and Analysis of Agronomic Research Experiments.Michigan State University.

Nadali, I., Yarnia, M., Paknezhad, F and Farahvash, F. (2016). Study of some qualititative and quantitative traits of sugar beet in response to foliar application of methanol and drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences 8 (2): 169-187. (In Persian)

Nasri, M., Khalatbari, M., Zahedi, H., Paknejad, F., and Tohidi Moghadam, H.R. (2008). Evaluation of micro and macro elements in drought stress condition in cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). American Journal Agricultural Biology Sciences. 3: 579-583.

Qaderi, MM., Kurepin, LV and Reid, DM (2006). Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and drought. Physiologia Plantarum. 128, 710–721.

Rajala, A., Karkkainen, J., Peltonen, J and Peltonen-Sainio, P. (2012). Foliar application of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crops. Journal of Industrial Crops and Products. 7: 129 - 137.

Ramberg, H., and Bradley, J. (2002). The role of methanol in promoting plant growth: an update. Plant Biochemistry and Biotechnology 1: 113-126.

Sadaqat, HA., Tahir, MHN and Hussain, MT (2003). Physiogenetic Aspects of Drought Tolerance in Canola (*Brassica napus*). International Journal of Agriculture and Biology. 5 (4), 611-614.

Safarzadeh Vishkai, MN. (2016). The effect of methanol on the growth and yield of peanuts, PhD thesis, Islamic Azad University, Research Sciences Branch, Tehran. 236 p. (In Persian)

Sahraei, E. Maleki, A., Pazoki, A. and Fathi, A. (2018). The effect of Salicylic and Ascorbic Acid on Eco

physiological Characteristics and German Chamomile Essences in Deficit of Water. Applied Research of Plant Ecophysiology. 5(1): 117-142.

Shekari, Sh. (2003). Self-sufficient seed rapeseed, Sabze Land Magazine, No. 3, 44-40.

Sinaki, JM., Heravan, EM., Rad, AHS., and Zarei, G. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science 2 (4): 417-422.

SPSS Inc. (1996). SPSS: SPSS Ver. 22 for Windows Update. SPSS Inc. USA.

Taherabadi, S., Parsa, M., and Nezami, A. (2015). Effects of irrigation and foliar application of methanol on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences 7 (2): 273-276. (In Persian)

Yadollahi Dehchecsme P., Bagheri A., Amiri A, and Esmailzade Bahabadi S. (2014). Effect of drought stress and chitosan foliar application on yield and photosynthetic pigments of sunflower (*Heliantus unnuus* L.). Crop Physiology 2014; 6 (21):73-83

Zbieć, I., Karczmarczyk, S and Podsiadło, C. (2003). Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 6(1): 1-7.

Investigating the effect of foliar spraying of salicylic acid and methanol on yield and yield components of *Brassica napus* under drought stress

EXTENDED ABSTRACT

Introduction:

Oilseeds are the second largest food reserves in the world after cereals. Rapeseed, as one of the most important oil plants after soybean and oil palm, is the third source of vegetable oil in the world. In recent years, a lot of research has been done on substances such as methanol, butanol, glycine, to increase the yield of three-carbon crops, and it has attracted the attention of researchers. However, the simultaneous foliar spraying of salicylic acid and methanol on rapeseed has not been investigated. Accordingly, in this research, the effect of foliar spraying of salicylic acid and methanol on yield and yield components of rapeseed under the influence of drought stress was investigated. This research was conducted to study the effect of salicylic acid (SA) and methanol (M) spraying on yield and components yield of rapeseed, Hayola 401 cultivar, under low-irrigation stress conditions in Khuzestan province, Shams Abad, Dezful region in 2016 and 2017 crop years.

Materials and Method:

In this research, the irrigation cycle was conducted in three levels (70, 140, and 210 mm evaporation) as the main plot, SA in three levels (0, 100, and 200 µmol), and M in 3 levels (0, 10, and 20 v %) as the secondary plots with three replications. In this research, traits such as grain yield, number of spikelets per plant, number of seeds per spikelet, length of spikelets, weight of 1000 seeds, harvest index (calculated by dividing seed yield by biological yield and calculated as a percentage), plant height, biological yield were evaluated. In this research, software such as SPSS-24 (SPSS Inc. 1996), SAS, and MSTATC (MSTAT-C. 1993) were used. Means were compared using Duncan's multiple range test. EXCEL software was used to draw the graphs.

Results and Discussion:

According to the simple effect of low-irrigation treatment, SA and M spraying treatments showed a significant difference in 1% p-value at the most evaluated traits except the plant height and the number of pods. The two-way effect of low-irrigation stress and SA and M was significant only in the traits of pod length at a 1% significant level. The results showed that the maximum yield of grain was under low- irrigation stress with 70 mm evaporation, 100 µmol SA solution spraying, and 20 v% M spraying (3272 kg/ha). In addition, the minimum yield of grain was obtained under the low-irrigation stress condition with 210 mm evaporation, SA non-spraying, and 10 v% M spraying (315 kg/ha). The maximum oil percentage was observed in stress with 70 mm evaporation, 200 µmol SA spraying, and 20 v% of M (50.3%). In addition, the minimum oil percentage was observed in 210 mm evaporation and SA and M non-spraying (31.7%).

Conclusions:

Based on the results, the best low- irrigation treatment was 70 mm evaporation, and yield decreased by increasing the low-irrigation stress. Moreover, the gain yield and oil percentage increased by M and SA solutions spraying.

Keywords: Brassica napus, Dehydration, Foliar spraying, Methanol, Salicylic acid, Seed yield.