

## **Investigation of Methanol Application as A Drought Resistance Solution for Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) Cultivation in Desert Regions of Iranshahr**

A. Tavassoli<sup>1\*</sup>

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran.

\* Corresponding Author: A.tavassoli@pnu.ac.ir

Received date:06/08/2021

Accepted date:03/10/2021

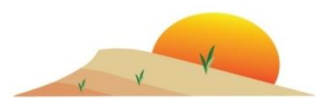
 [10.22034/jdmal.2021.535436.1343](https://doi.org/10.22034/jdmal.2021.535436.1343)

### **Abstract**

Water deficit is considered as one of the limited factors in agriculture in the arid and desert regions of the country. The cultivation of drought tolerant plants such as safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and using methanol to increase the drought resistance of these plants is an appropriate solution for agricultural development in these regions. For this purpose, an experiment was carried out in the design of split plots in a randomized complete block with three replications in the growing season of 2019-2020 in Iranshahr. Experimental treatments were consisted of three drought stress levels including no stress, moderate stress and severe stress, as the main plots, and the four methanol levels including no use, using 10, 20 and 30% volume of methanol as sub plots. The results showed that the highest values of the studied traits were obtained from no stress treatment and foliar application of 30% volume of methanol. However, for the 1000 grain weight, grain and oil yield, there were no statistically significant differences between 30 and 20% by volume of methanol. For all the studied traits, there was no statistically significant difference between the absence of stress treatment and the absence of methanol use, with moderate stress treatment and foliar application of 30% methanol volume. The lowest values of the traits studied were achieved by severe stress treatment without foliar application.

**Keywords:** Balochistan; Drought stress; Yield; Oil plant





## ارزیابی راهکار کاربرد متانول برای افزایش مقاومت به خشکی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در مناطق بیابانی ایرانشهر

ابوالفضل توسلی<sup>\*۱</sup>

۱. استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.

\* نویسنده مسئول: [A.tavassoli@pnu.ac.ir](mailto:A.tavassoli@pnu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۱

 [10.22034/jdmal.2021.535436.1343](https://doi.org/10.22034/jdmal.2021.535436.1343)

### چکیده

کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده کشاورزی در نواحی خشک و بیابانی کشور است. کشت گیاهان متحمل به خشکی نظیر گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و به‌کارگیری روش‌هایی مانند بهره‌گیری از متانول برای افزایش مقاومت به خشکی این گیاهان راه حل مناسبی برای توسعه کشاورزی در این مناطق است. بدین منظور آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در شهرستان ایرانشهر به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل تیمارهای تنش در سه سطح بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید بود؛ فاکتور فرعی نیز از چهار سطح متانول شامل بدون محلول‌پاشی به‌عنوان شاهد و محلول‌پاشی ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول تشکیل شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدارهای صفات مورد بررسی از تیمار بدون تنش و محلول‌پاشی ۳۰٪ حجمی متانول به‌دست آمد. البته برای صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن بین محلول‌پاشی ۳۰ و ۲۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین برای تمامی صفات مورد بررسی بین تیمار بدون تنش و عدم استفاده از متانول یا شاهد، با تیمار تنش ملایم و محلول‌پاشی ۳۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری ملاحظه نشد. کمترین مقدار صفات مورد بررسی نیز از تیمار تنش شدید و بدون محلول‌پاشی حاصل شد.

واژگان کلیدی: بلوچستان؛ تنش خشکی؛ عملکرد؛ گیاه روغنی



## ■ مقدمه

ایران بدون شک جزء کشورهای خشک دنیا است (۱۰). در این شرایط کشت گیاهان مقاوم به کم آبی در راستای حفاظت خاک و توسعه پوشش گیاهی اهمیت فراوانی دارد (۱۰). مناطق وسیعی از بلوچستان به دلیل کم آبی و خشکسالی‌های پی‌درپی، هر روز بیشتر و بیشتر طعم لم‌یزرع بودن را می‌چشد (۳۶). در این میان یافتن گونه‌های مقاوم به خشکی و گسترش کشت آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

در بین گیاهان متداول روغنی، گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) بومی کشور است و ایران به‌عنوان یکی از مرکزهای تنوع آن شناخته شده است. توده‌های بومی گلرنگ زراعی در بیشتر مناطق ایران وجود دارد. سازگاری وسیع این دانه روغنی به شرایط مختلف آب و هوایی به اثبات رسیده و گونه‌های وحشی آن در سراسر کشور مشاهده می‌شود (۳۲) مضاف بر این گلرنگ بدلیل مقاومت نسبی به تنش‌های مختلف خصوصاً شوری و خشکی در بین گیاهان روغنی و عدم نیاز بالای آن به تکنولوژی پیشرفته زراعی، امکان توسعه و دستیابی به تولیدهای بیشتر این محصول را امکان‌پذیر می‌سازد (۳۲). همچنین در بین دانه‌های روغنی، روغن گلرنگ کیفیت بالایی داشته و از روغن‌های خشک شونده با درصد بالایی از اسید لینولئیک<sup>۱</sup> است که یکی از سالم‌ترین روغن‌های نباتی به شمار می‌رود. روغن گلرنگ به دلیل داشتن مقدار زیاد اسیدهای چرب غیر اشباع، به عنوان یک روغن بهداشتی و با ارزش همانند سایر روغن‌های خوراکی است (۶).

از طرفی یافتن روش‌هایی که به توان بر افزایش مقاومت به خشکی محصولاتی از این قبیل را برای کشت در مناطق بیابانی کشور فراهم آورد یک ضرورت محسوب می‌گردد. یکی از انواع این روش‌ها کاربرد متانول<sup>۲</sup> است (۳۵). در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی گزارش شد که کاربرد محلول‌های متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی موجب افزایش عملکرد، تسریع در رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آن‌ها می‌شود (۲۹). کاهش سرعت سوخت و ساز دی‌اکسیدکربن<sup>۳</sup>، کاهش مقدار

هدایت روزنه‌ای و کاهش کارایی مصرف آب از عوامل دخیل کاهش عملکرد گیاه در شرایط خشکی‌اند (۱۸). در این راستا، کاهش تعرق، حفظ تثبیت دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری از مهمترین راهکارها برای کاهش اثر سوء تنش خشکی به شمار می‌آیند (۱۸). افزایش دی‌اکسیدکربن می‌تواند اثر ناشی از تنش خشکی را خنثی کند. بنابراین، استفاده از موادی که غلظت دی‌اکسیدکربن را در گیاه افزایش دهند، موجب تثبیت عملکرد خواهد شد. از راهکارهای افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن به ویژه در گیاهان سه کربنه می‌توان استفاده از ترکیب‌هایی آلی مانند متانول را بیان کرد. کاربرد متانول سبب تولید دی‌اکسیدکربن در برگ‌ها و در نتیجه تسریع فتوسنتز در گیاه می‌شود، از این رو به عنوان منبع کربن قابل استفاده به شمار می‌آید (۳۵). در تحقیقی گزارش شد یکی از راهکارهای افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی، استفاده از ترکیباتی نظیر متانول، اتانول<sup>۴</sup>، پروپانول<sup>۵</sup> و بوتانول<sup>۶</sup> است (۲۰). در آزمایشی بر روی گلرنگ نیز نتایج نشان داد که با افزایش مصرف متانول از صفر به ۲۰ و ۲۵٪ حجمی شاخص کلروفیل در گلرنگ به طور معنی داری افزایش یافت، که نتیجه آن افزایش فتوسنتز و بهبود عملکرد دانه گلرنگ بود (۹). همچنین بررسی گیاهان کلزا "*Brassica napus L.*"، چغندر قند "*Beta vulgaris L.*"، لوبیا "*Phaseolus vulgaris L.*" و گوجه فرنگی "*Solanum lycopersicum L.*" نشان داد گیاهانی که با متانول ۳۰٪ محلول پاشی شدند ۱۲ تا ۱۳٪ محصول بیشتری نسبت به گیاهان شاهد تولید کردند و این گیاهان به مقدار کمتری نسبت به کمبود آب حساس بودند و در برخی موارد، تولید آن‌ها با گیاهانی که آبیاری تکمیلی شده بودند، برابر بود (۴۳). بررسی‌های انجام شده در مناطق خشک در پاکستان نیز نشان داد، که محلول پاشی متانول ۳۰٪، در گیاه پنبه "*Gossypium hirsutum L.*" موجب افزایش محصول دانه پنبه شد (۲۶). در تحقیقی روی گیاه دانه روغنی کنجد "*Sesamum indicum L.*" نیز نتایج حکایت از آن داشت که متانول از طریق افزایش غلظت

<sup>4</sup> Ethanol

<sup>5</sup> Propanol

<sup>6</sup> Butanol

<sup>1</sup> Linoleic acid

<sup>2</sup> Methanol

<sup>3</sup> Carbon dioxide

## روش پژوهش

مزرعه محل آزمایش برای اجرای طرح به صورت آیش چندساله بود. برای مشخص نمودن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اقدام به عملیات آماده سازی زمین از عمق صفر الی ۳۰ cm از نقاط مختلف مزرعه نمونه برداری خاک انجام شد. نمونه‌های مورد نظر برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج در جدول ۱ آمده است.

آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل تیمارهای تنش در سه سطح  $S_{100}$ : بدون تنش "آبیاری در سطح ظرفیت زراعی مزرعه"،  $S_{80}$ : تنش ملایم "آبیاری تا رسیدن به سطح ۸۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه" و  $S_{60}$ : تنش شدید "آبیاری تا رسیدن به سطح ۶۰٪ ظرفیت زراعی مزرعه" بود؛ و فاکتور فرعی نیز از چهار سطح متانول شامل  $M_0$ : شاهد "بدون محلول پاشی"،  $M_{10}$ : ۱۰،  $M_{20}$ : ۲۰ و  $M_{30}$ : ۳۰٪ حجمی متانول تشکیل شد. در پژوهش حاضر از متانول با فرمول  $CH_3OH$  و خلوص ۹۹٪ با گرید AA ساخت شرکت پتروشیمی فن‌آوران استفاده شد. برای کاهش سمیت به هر کدام از سطوح مصرفی متانول، ۰/۲٪ گلیسین اضافه شد. همچنین تمامی محلول‌ها دارای ۱٪ سورفکتانت توین "Tween 80" برای کاهش نیروی کشش سطحی بودند. نحوه طراحی کرت‌های آزمایشی نیز بدین صورت بود که در هر بلوک ۱۲ کرت و در کل آزمایش ۳۶ کرت وجود داشت. هر کرت فرعی از ۵ ردیف کاشت به طول ۴ متر و به فواصل ۵۰ cm تشکیل شد. فاصله کرت‌های فرعی از یکدیگر ۱۰۰ cm و کرت‌های اصلی ۲۰۰ cm در نظر گرفته شد. پس از کرت‌بندی زمین و قبل از کاشت مقادیرهای متعارف کود دامی در منطقه به میزان  $30 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$  به خاک مزرعه اضافه شد.

$CO_2$  سبب افزایش میزان و کارایی فتوسنتز شد که به موجب این امر خصوصیات زراعی این گیاه نظیر شاخص سطح برگ، تعداد برگ، تعداد کپسول، تعداد و طول شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته، وزن خشک و عملکرد دانه گیاه بهبود یافت (۲۸). در تحقیقات متعدد روی دیگر گیاهان دانه روغنی نظیر آفتابگردان "*Helianthus annuus* L." (۳۹)، پنبه (۲۲)، سویا "*Glycine max*" (۲۷، ۷)، بادام زمینی "*Arachis hypogaea* L." (۳۸، ۳) اثر مثبت متانول بر بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه گزارش شده است.

با توجه به نیاز کشور به تولید روغن، کشت گیاهان روغنی چند سالی می‌شود به‌عنوان یکی از کشت‌های مورد استقبال کشاورزان تبدیل شده‌است، و از طرفی گیاهان دانه روغنی را به عنوان محصول استراتژیک تبدیل کرده است. لذا با توجه به اهمیت کشت این محصولات، پژوهش حاضر با هدف بررسی افزایش مقاومت به خشکی گیاه دانه روغنی گلرنگ در اثر کاربرد متانول برای کشت ممکن در منطقه خشک و بیابانی شهرستان ایرانشهر به اجرا در آمد.

## ■ مواد و روش

## مکان اجرای آزمایش

پژوهش حاضر در مزرعه‌ای واقع در منطقه دامن شهرستان ایرانشهر در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. شهرستان ایرانشهر در ناحیه مرکزی بلوچستان با مساحتی بالغ بر  $30200 \text{ Km}^2$  و با ارتفاع متوسط ۵۹۱ m از سطح دریا در فاصله ۳۴۵ Km از مرکز استان سیستان و بلوچستان واقع شده و ۱۵٪ از وسعت استان را به خود اختصاص داده است. محل اجرای آزمایش روی مدار  $27^\circ 12'$  عرض شمالی و  $60^\circ 24'$  طول شرقی با اقلیم بیابانی گرم و خشک است. میانگین بارش سالانه در این شهرستان ۱۰۵/۵ mm و متوسط دمای آن از  $47/2^\circ \text{C}$  الی  $-2/2^\circ \text{C}$  در تغییر است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

Potassium (ppm)	Phosphorus (ppm)	Total Nitrogen (%)	Organic Carbon (%)	اسیدیته گل اشباع (pH)	هدایت الکتریکی ( $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$ )	بافت خاک	عمق خاک (cm)
۲۲۱	۱۳/۴۹	۰/۱۱	۰/۲۳	۷/۸۲	۱/۹۵	لوم رسی	۰-۳۰

عملکرد روغن دانه نیز از حاصلضرب درصد روغن دانه گلرنگ در عملکرد دانه آن به دست آمد (۱۲).  
در پایان داده‌های حاصل تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام پذیرفت.

### ■ نتایج

مطابق با تجربه واریانس داده‌های آزمایشی اثر تیمارهای تنش بر صفت‌های تعداد غوزه در گیاه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد روغن از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). همچنین این تیمارها توانستند اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر صفت‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه گلرنگ داشته باشند. اثر تیمارهای محلول‌پاشی متانول نیز بر صفت‌های تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غوزه در گیاه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد روغن در سطح آماری ۵٪، و برای صفت‌های ارتفاع بوته، عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه در سطح آماری ۱٪ معنی‌داری گردید. تجزیه واریانس اثر متقابل تیمارهای تنش و محلول‌پاشی متانول نیز نشان داد که برهمکنش این دو تیمار بر روی تمامی صفت‌های مورد بررسی اثر معنی دار داشت، بطوریکه این معنی‌داری برای صفت‌های تعداد غوزه در گیاه، وزن هزار دانه، درصد و عملکرد روغن در سطح آماری ۵٪ و برای صفت‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، عملکرد علوفه خشک و دانه در سطح آماری ۱٪ مشاهده شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش و محلول‌پاشی متانول نشان داد که تیمارهای محلول‌پاشی متانول در تمام سطوح تنش خشکی سبب افزایش ارتفاع بوته گلرنگ شدند. بطوریکه بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۹۸/۴۲cm از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل شد. بین این تیمار با دیگر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. پس از این تیمار نیز

مقدارهای کودهای شیمیایی نیز مطابق با نتایج آزمون خاک شامل  $130 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  سوپر فسفات تریپل<sup>۱</sup> " $\text{Ca}(\text{PO}_4\text{H}_2)_2$ "،  $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  کود سولفات پتاسیم<sup>۲</sup> " $\text{K}_2\text{SO}_4$ " و  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  نیتروژن از منبع اوره<sup>۳</sup> " $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ " به کرت‌های آزمایشی اضافه شدند.

برای کاشت گلرنگ از رقم گلدشت استفاده شد. این رقم جزء ارقام زودرس و متحمل به خشکی طبقه‌بندی می‌شود. کاشت گلرنگ به صورت خشکه‌کاری و در تاریخ ۱۳۹۸/۹/۲۲ و به صورت دستی انجام گرفت. بذرهای هر ردیف با فاصله ۵ cm سانتی‌متری و در عمق ۳cm خاک کشت شدند. بلافاصله پس از کاشت بذور، زمین آبیاری شد. آبیاری تا زمان استقرار مناسب گیاه تا مرحله ۴ برگگی بصورت هر ۵ روز یکبار انجام گرفت پس از آن سایر آبیاری‌ها مطابق با تیمارهای آزمایشی اعمال شد. برای رسیدن به تراکم مورد نظر، تنک در مرحله ۴ برگگی انجام گردید. کود سرک در دو مرحله "مرحله طولیل شدن ساقه و گلدهی" هر بار به مقدار  $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  کود اوره به صورت نواری پای بوته‌ها داخل شیباری به کرت‌های آزمایشی مربوطه اضافه شد. محلول‌پاشی متانول نیز مطابق با تیمارهای آزمایشی و همزمان با مصرف کود سرک به کرت‌های مربوطه اضافه گردید. وجین علف‌های هرز در دو مرحله "هم‌زمان با تنک محصول و مرحله طولیل شدن ساقه" توسط نیروی کارگری انجام گرفت. از نظر آفات، مزرعه با مگس گلرنگ "*Acanthophilus helianthin Rossi*" مواجه گردید که برای مبارزه با محلول ۲ در هزار دیمتوات<sup>۴</sup> سمپاشی به عمل آمد. محصول رسیده گلرنگ نیز به صورت دستی و در تاریخ ۱۳ اردیبهشت ۱۳۹۹ برداشت شد.

در این آزمایش صفت‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غوزه در گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن گلرنگ مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری درصد روغن دانه گلرنگ از دستگاه سوکسله به روش کرمی و همکاران (۱۹) و انجمن رسمی شیمیدان‌های تحلیلی<sup>۵</sup> (۲) استفاده شد.

<sup>۴</sup> Dimethoate

<sup>۵</sup> Association Official Analytical Chemists

<sup>۱</sup> Triple superphosphate

<sup>۲</sup> Potassium sulfate

<sup>۳</sup> Urea

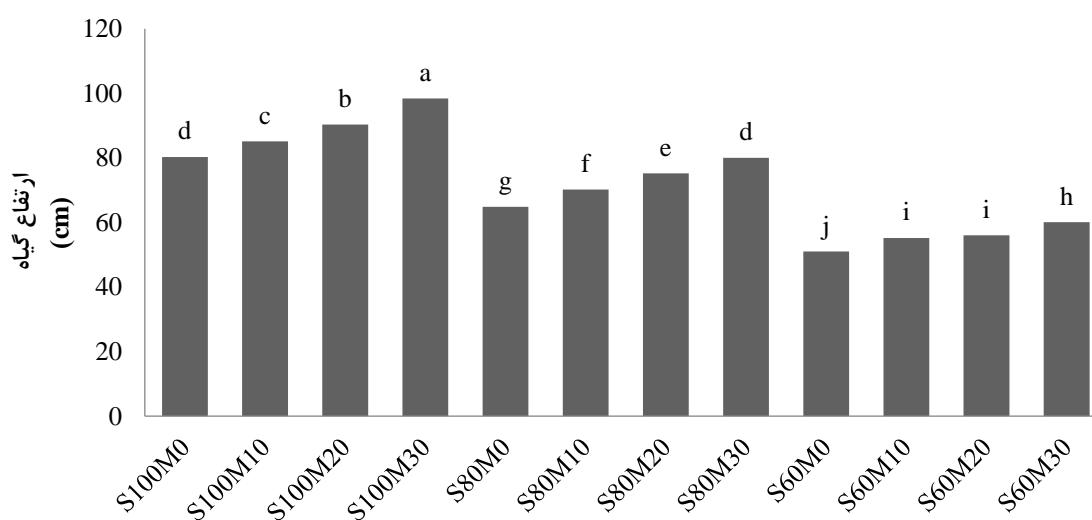
که دقیقاً همان تیمارهایی که موجب ایجاد بیشترین و کمترین طول ارتفاع بوته شدند منجر به کسب بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی گیاه نیز شدند. به طوریکه بیشترین تعداد شاخه فرعی گیاه با میانگین ۱۵/۳۴ شاخه در بوته از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل شد. بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی داری وجود داشت. کمترین تعداد شاخه فرعی گیاه نیز با میانگین ۲/۵۰ شاخه در بوته از تیمار تنش شدید و بدون استفاده از متانول حاصل شد (شکل ۲).

تیمارهای ۲۰ و ۱۰٪ حجمی و در شرایط بدون تنش در جایگاه بعدی آماری قرار گرفتند. همچنین تیمار کاربرد ۳۰٪ حجمی متانول در شرایط تنش ملایم سبب حصول ارتفاع بوته‌ای معادل با شرایط بدون تنش و بدون کاربرد متانول شد و اختلاف آماری معنی داری بین این دو تیمار مشاهده نشد. کمترین ارتفاع بوته گیاه نیز با میانگین ۵۰/۹۹cm از تیمار تنش شدید و بدون استفاده از متانول حاصل شد (شکل ۱). در رابطه با تعداد شاخه فرعی گیاه نتایج آزمایش نشان داد

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارهای تنش و متانول بر صفتهای مورد بررسی گلرنگ

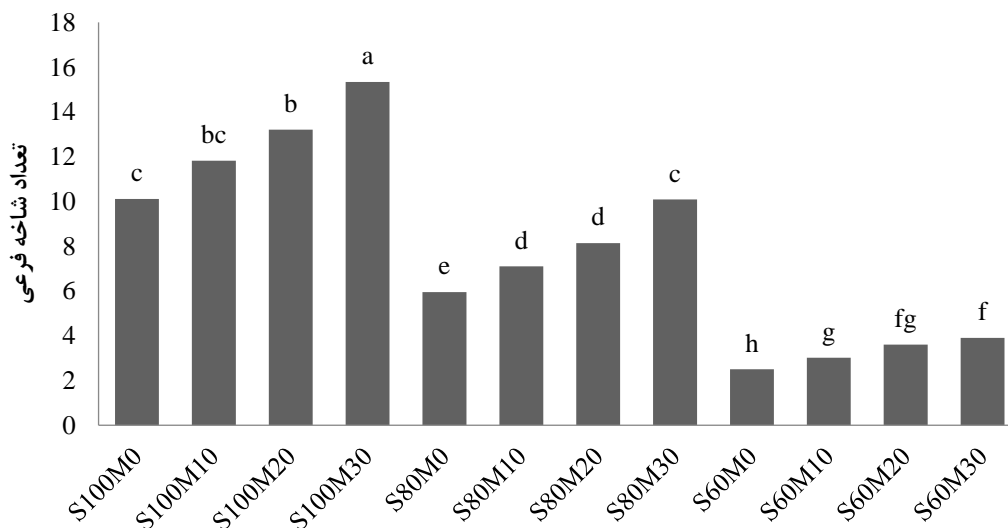
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد غوزه	وزن هزار دانه	عملکرد علوفه خشک	عملکرد دانه	محتوی روغن	عملکرد روغن
میانگین مربعات									
تکرار	۲	۰/۰۷ ns	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۴۵ ns	۴/۶۱ ns	۰/۶۲ ns	۰/۰۲۸ ns	۰/۰۹۷ ns
تنش خشکی	۲	۳۱/۵۰**	۷/۴۸**	۹/۲۲*	۱۵/۹۸*	۶۹۵۳۹/۷۰**	۷۱۱۴/۰۵**	۸/۹۱*	۸۶/۱۵*
اشتباه اصلی	۴	۱/۶۶	۰/۹۱	۱/۰۳	۱/۳۲	۱۷/۱۵	۴/۸۲	۰/۹۷	۱/۱۶
متانول	۳	۶۸/۱۷**	۸/۷۵*	۱۶/۶۵*	۳۴/۰۹*	۳۹۶۶۱/۱۸**	۴۳۶۰/۳۲**	۱۴/۸۹*	۷۲/۵۱*
اثر متقابل	۶	۱۳/۰۸**	۲/۹۳**	۵/۷۷*	۷/۲۳*	۲۱۹۹۴/۸۳**	۱۳۹۹/۹۶**	۵/۰۳*	۵۳/۹۴*
اشتباه فرعی	۱۸	۳/۴۱	۱/۰۴	۲/۱۹	۲/۸۶	۲۸/۹۲	۷/۱۶	۱/۷۸	۲/۰۳
ضریب تغییرات (%)	-	۵/۱۷	۶/۱۱	۴/۰۳	۵/۸۴	۴/۷۲	۵/۹۲	۴/۹۳	۶/۰۸

ns و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪، ۱٪ و غیر معنی دار بودن می باشد.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و متانول بر ارتفاع بوته

S<sub>100</sub>, S<sub>80</sub> و S<sub>60</sub> بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛ و M<sub>0</sub>, M<sub>10</sub>, M<sub>20</sub> و M<sub>30</sub> بترتیب نشان دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول

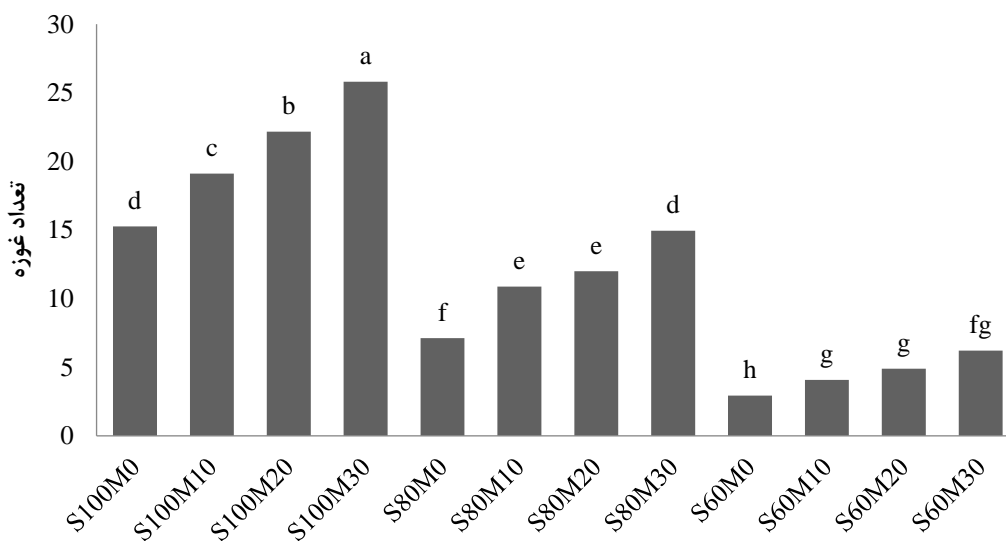


شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و متانول بر تعداد شاخه فرعی

S<sub>100</sub>، S<sub>80</sub> و S<sub>60</sub> بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛ و M<sub>0</sub>، M<sub>10</sub>، M<sub>20</sub> و M<sub>30</sub> بترتیب نشان‌دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول

(شکل ۳). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که تعداد غوزه در بوته نیز متأثر از تعداد شاخه‌های فرعی گیاه بوده بطوریکه افزایش تعداد شاخه‌های فرعی گیاه در تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول سبب افزایش تعداد غوزه در همین تیمار شده است و از طرفی تیمار تنش شدید و بدون استفاده از متانول نیز موجه‌گرایش شدید هر دو صفت شده است.

نتیجه مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها برای تعداد غوزه در گیاه نیز نشان داد که بیشترین تعداد غوزه با میانگین ۲۵/۸۰ غوزه در هر بوته از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل شد. بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. کمترین تعداد غوزه نیز با میانگین ۲/۹۳ غوزه در هر بوته از تیمار تنش شدید و بدون استفاده از متانول حاصل گردید



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و متانول بر تعداد غوزه

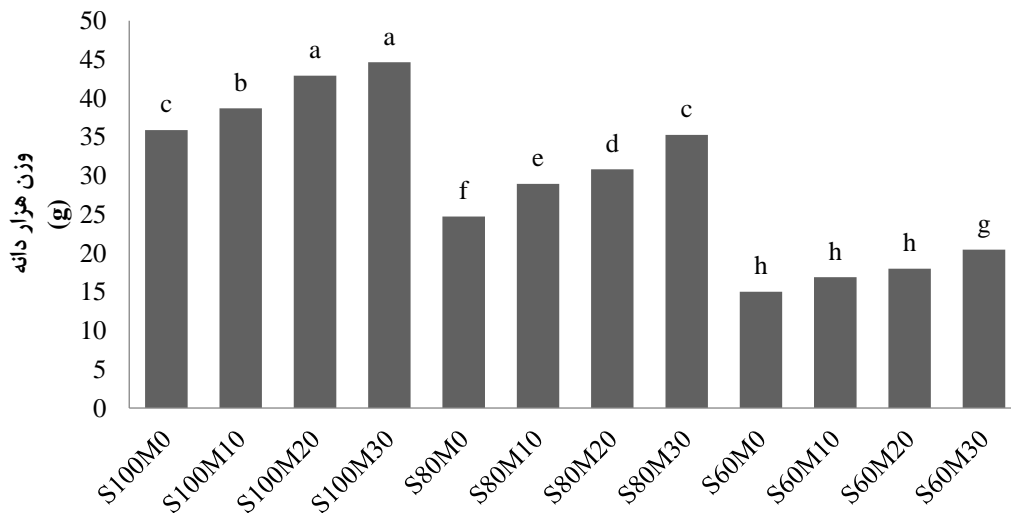
S<sub>100</sub>، S<sub>80</sub> و S<sub>60</sub> بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛ و M<sub>0</sub>، M<sub>10</sub>، M<sub>20</sub> و M<sub>30</sub> بترتیب نشان‌دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول

۴۴/۷۰، ۳۳/۱۸ و ۲۲/۷۸ عملکرد علوفه خشک را در مقایسه با تیمار بدون استفاده از محلول پاشی حاصل کرد (شکل ۵). لذا باتوجه به نتایج حاصل می‌توان دریافت کاربرد متانول فارغ از نوع سطح تنش قادر به افزایش عملکرد علوفه خشک گیاه است. همچنین در مقایسه بین تیمارهای کاربرد متانول در هر یک از سطوح تنش بهترین راندمان از مصرف ۳۰٪ حجمی آن حاصل می‌شود به‌طوری‌که تفاوت آن با سایر مقدارهای استفاده شده متانول معنی دار بود. ضمناً هر چه تنش شدیدتر باشد تاثیر کاربرد متانول بر افزایش عملکرد علوفه خشک بیشتر می‌گردد، چراکه درصد افزایش عملکرد علوفه خشک در اثر مصرف متانول در مقایسه با عدم مصرف آن با شدیدتر شدن تنش، افزایش یافت. و نکته آخر اینکه بیشترین و کمترین مقدنار عملکرد علوفه خشک در همان تیمارهایی حاصل شد که منجر به حصول بیشترین و کمترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی گیاه شده بودند. که نشان از یک رابطه مستقیم بین صفت‌های فوق است.

بیشترین مقدار عملکرد دانه یا میانگین ۱۷۲۹/۲kg.ha از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل گردید. بین این تیمار با تیمار بدون تنش و مصرف ۲۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت. اما بین این دو تیمار با تیمار بدون تنش و مصرف ۱۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده گردید.

مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها برای وزن هزار دانه گلرنگ نیز نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۴۴/۶۴g از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل شد. بین این تیمار با تیمار بدون تنش و مصرف ۲۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. پس از این دو تیمار نیز تیمار بدون تنش و مصرف ۲۰٪ حجمی متانول در جایگاه بعدی آماری قرار گرفت. همچنین تیمار کاربرد ۳۰٪ حجمی متانول در شرایط تنش ملایم نیز سبب حصول وزن هزار دانه‌ای معادل با شرایط بدون تنش و بدون کاربرد متانول شد و بین این دو تیمار اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین وزن هزار دانه نیز با میانگین ۱۵/۰۱g از تیمار تنش شدید و بدون استفاده از متانول حاصل شد (شکل ۴).

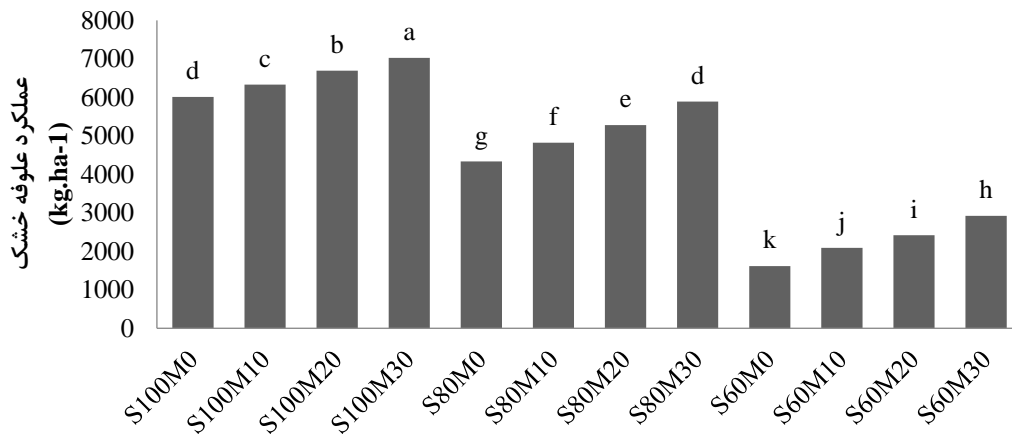
نتیجه مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و محلول پاشی متانول بیانگر آن بود که کاربرد متانول در مقایسه با عدم کاربرد آن در کلیه سطوح تنش سبب افزایش عملکرد علوفه خشک گیاه شد. به‌طوری‌که در شرایط بدون تنش مصرف ۳۰، ۲۰ و ۱۰٪ حجمی متانول به ترتیب سبب افزایش ۱۴/۴۵، ۱۰/۲۰ و ۵/۰۶٪ عملکرد علوفه خشک در مقایسه با تیمار بدون استفاده از محلول پاشی شد. در شرایط تنش ملایم افزایش عملکرد علوفه خشک در اثر مصرف ۳۰، ۲۰ و ۱۰٪ حجمی متانول به ترتیب حدود ۲۶/۴۴، ۱۷/۸۹ و ۱۰/۰۸٪ بود. و در شرایط تنش شدید مصرف مقدارهای ذکر شده متانول افزایش



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و متانول بر وزن هزار دانه

S<sub>100</sub>, S<sub>80</sub> و S<sub>60</sub> بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛ و M<sub>0</sub>, M<sub>10</sub>, M<sub>20</sub> و M<sub>30</sub> بترتیب نشان‌دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول





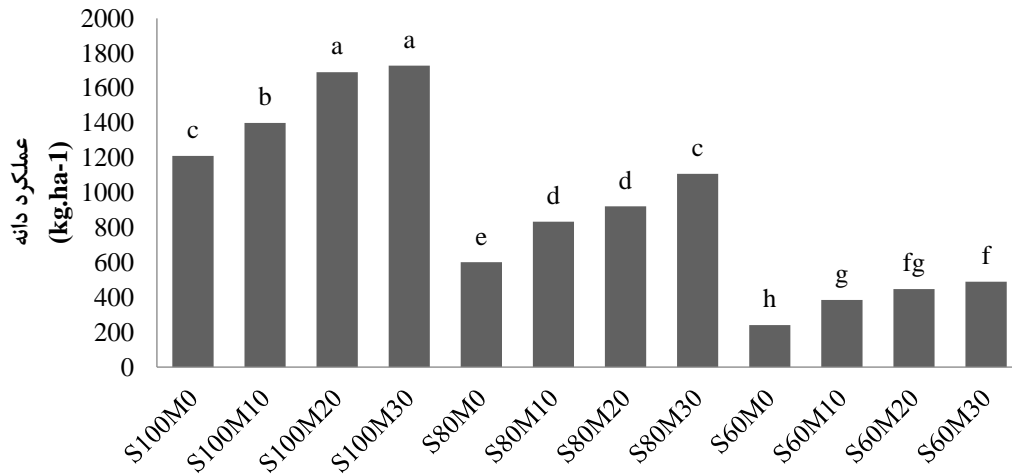
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و متانول بر عملکرد علوفه خشک

$S_{100}$ ،  $S_{80}$  و  $S_{60}$  بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛  $M_0$ ،  $M_{10}$ ،  $M_{20}$  و  $M_{30}$  بترتیب نشان‌دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول

می‌توان استنباط کرد که در هر سه سطح تنش بیشترین بهره‌وری کاربرد متانول در ۳۰ و ۲۰٪ حجمی اتفاق می‌افتد. همچنین مطابق با عملکرد علوفه خشک هر چه شدت تنش بیشتر شد تاثیر کاربرد متانول بر افزایش عملکرد دانه نیز افزایش یافت.

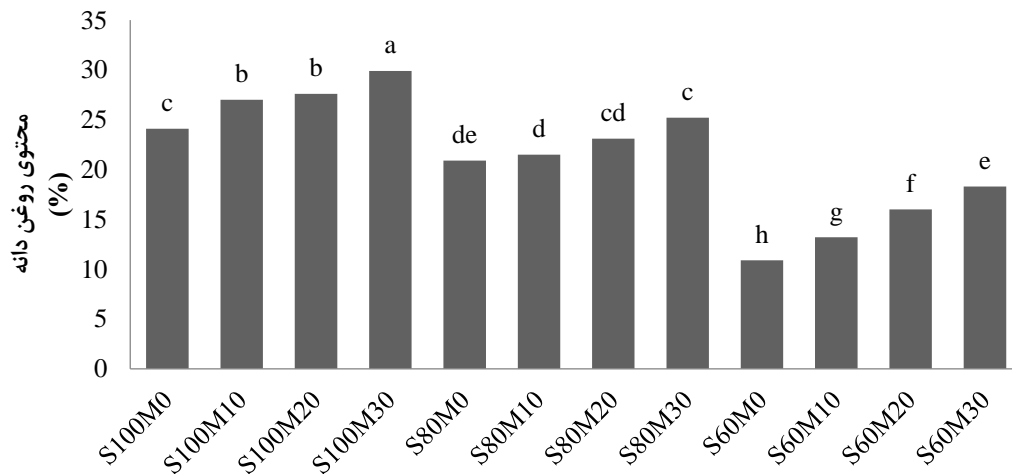
برای صفت محتوی روغن دانه گلرنگ نیز مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین محتوی روغن دانه با میانگین ۲۹/۹٪ از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل شد. بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت. کمترین محتوی روغن دانه نیز با میانگین ۱۰/۹٪ از تیمار تنش شدید و بدون استفاده از متانول حاصل گردید (شکل ۷). بیشترین عملکرد روغن دانه نیز با میانگین  $50.1/4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  تحت تاثیر از عملکرد دانه و درصد روغن دانه از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل شد. و کمترین مقدار آن با میانگین  $24.1/1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  از تیمار تنش شدید و بدون استفاده از متانول به دست آمد (شکل ۸). از آنجایی که عملکرد روغن دانه از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه حاصل می‌شود، و از طرفی رابطه مستقیمی بین صفتهای فوق وجود دارد، لذا حصول بیشترین و کمترین مقدار عملکرد روغن دانه به ترتیب در تیمارهایی که منجر به کسب بیشترین و کمترین عملکرد دانه و درصد روغن دانه شدند قابل پیش بینی بود.

بیشترین مقدار عملکرد دانه یا میانگین  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$   $1729/2^1$  کیلوگرم در هکتار از تیمار بدون تنش و مصرف ۳۰٪ حجمی متانول حاصل گردید. بین این تیمار با تیمار بدون تنش و مصرف ۲۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت. اما بین این دو تیمار با تیمار بدون تنش و مصرف ۱۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده گردید. بین سه تیمار مذکور نیز با تیمار بدون تنش و بدون کاربرد متانول تفاوت آماری معنی‌داری ملاحظه شد. از طرفی مصرف ۳۰٪ حجمی متانول در شرایط تنش ملایم توانست عملکرد دانه‌ای معادل با تیمار بدون تنش و بدون کاربرد متانول حاصل نماید که مقایسه عملکرد به دست آمده در این دو تیمار از نظر آماری نیز غیر معنی دار بود (شکل ۶). نتایج فوق حکایت از اثرات مثبت تیمارهای کاربرد متانول بر افزایش عملکرد دانه دارد. به‌طوری‌که تیمارهای مصرف ۳۰، ۲۰ و ۱۰٪ حجمی متانول به ترتیب سبب افزایش  $29/94$ ،  $28/38$  و  $13/48$ ٪ عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون کاربرد متانول در شرایط بدون تنش شد. در تنش ملایم مقادیر تیمارهای مصرف ۳۰، ۲۰ و ۱۰٪ حجمی متانول به ترتیب منجر به افزایش  $45/73$ ،  $34/78$  و  $27/88$ ٪ عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون کاربرد متانول شد. و در نهایت در تنش شدید این مقادیر از حجم‌های استفاده شده متانول افزایش  $50/75$ ،  $46/14$  و  $37/38$ ٪ عملکرد دانه را موجب گردید (شکل ۶). از نتایج فوق نیز



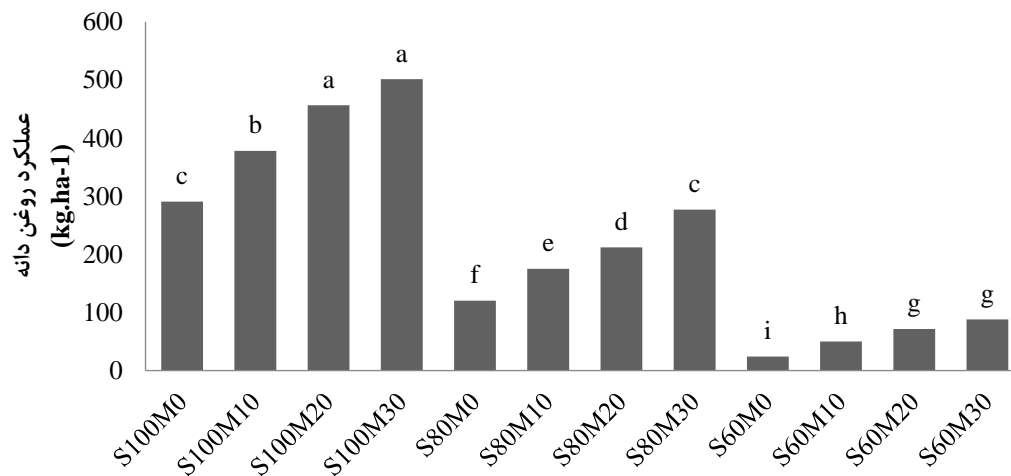
شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقال تیمارهای تنش خشکی و متانول بر عملکرد دانه

S<sub>100</sub>, S<sub>80</sub> و S<sub>60</sub> بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛ و M<sub>0</sub>, M<sub>10</sub>, M<sub>20</sub> و M<sub>30</sub> بترتیب نشان‌دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقال تیمارهای تنش خشکی و متانول بر محتوی روغن دانه

S<sub>100</sub>, S<sub>80</sub> و S<sub>60</sub> بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛ و M<sub>0</sub>, M<sub>10</sub>, M<sub>20</sub> و M<sub>30</sub> بترتیب نشان‌دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر متقال تیمارهای تنش خشکی و متانول بر عملکرد روغن دانه

S<sub>100</sub>, S<sub>80</sub> و S<sub>60</sub> بترتیب معادل آبیاری در ظرفیت زراعی "بدون تنش"، آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی "تنش ملایم" و آبیاری در ۶۰٪ ظرفیت زراعی "تنش شدید"؛ و M<sub>0</sub>, M<sub>10</sub>, M<sub>20</sub> و M<sub>30</sub> بترتیب نشان‌دهنده بدون کاربرد، کاربرد ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ حجمی متانول.

## ■ بحث و نتیجه‌گیری

مطابق با یافته‌های پژوهش، تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار تمامی صفات‌های مورد بررسی گلرنگ در پژوهش حاضر شد. کاهش صفات‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن دانه گلرنگ در اثر تنش خشکی در پژوهش‌های مختلف نشان داده شده‌است (۵، ۴۰، ۴۲).

در آزمایشی عنوان شده است تنش خشکی از طریق کاهش میانگرم‌ها موجب کاهش ارتفاع ارقام مختلف گلرنگ شد (۳۴). در پژوهشی دیگر کاهش ارتفاع گلرنگ به موازات تنش خشکی را به اختلال در فرآیند فتوسنتز، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به بخش‌های در حال رشد و عدم دستیابی به توانایی ژنتیکی مرتبط دانستند. همچنین در این تحقیق گزارش شده است که آبیاری مناسب با افزایش طول میانگرم‌ها موجب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۲۵). در پژوهشی دیگر بر روی گلرنگ محققان یافتند که کاهش تعداد طبق در بوته در شرایط تنش خشکی تا حدود زیادی به قدرت رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش ارتباط دارد چراکه در اثر تنش صفات‌هایی نظیر ارتفاع بوته و تعداد ساقه‌های فرعی بشدت کاهش می‌یابد. همچنین مطابق با یافته‌های این محققین تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ‌ها، پیری زودرس آن‌ها را تسریع نموده و بدین وسیله می‌تواند مقدار تولید را خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد کاهش دهد (۱۲). در آزمایشی دیگر مشاهده شد که تنش خشکی با کاهش طول دوره رشد گیاه و هم‌چنین تسریع در ورود به فاز زایشی منجر به کاهش تعداد طبق در بوته می‌شود، همچنین کمبود آبیاری مانع رشد جوانه‌های جانبی شده و تعداد شاخه فرعی و در نتیجه تعداد طبق در بوته را کاهش می‌دهد (۱۳). در رابطه با کاهش وزن هزار دانه در اثر شرایط تنش محققان اظهار داشتند به طور کلی وزن هزار دانه تابعی از سرعت و طول دوره پر شدن دانه است که از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای در گیاه تأمین می‌شود که به نظر می‌رسد در تیمارهای قطع آبیاری، این مؤلفه‌ها از سرعت و مدت کمتری نسبت به

شرایط عدم تنش برخوردار هستند. از طرفی وقوع تنش موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده می‌گردد که تاثیر عمده‌ای بر کاهش وزن هزار دانه گیاه خواهد داشت (۱۲). از بین اجزای عملکرد گلرنگ، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه نقش برجسته‌تری در تعیین عملکرد دارند و نقش فرآورده‌های فتوسنتزی غیرساختاری ذخیره شده در اندام‌های رویشی، به ویژه موادی که قبل از شروع مرحله گلدھی انباشت می‌شوند، در بهبود عملکرد دانه، طی دوره پر شدن دانه‌ها، تحت شرایط محدودیت آبی برجسته است (۲۳). لذا کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری مطلوب را می‌توان به کاهش فتوسنتز و ماده سازی در گیاه تحت شرایط تنش نسبت داد چرا که کاهش فتوسنتز خالص و کاهش مواد غذایی انتقال یافته از برگ به دانه از پیامدهای تنش کمبود آب است که باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (۱۲). همچنین محققان نشان دادند تنش خشکی در گیاه با کاهش آب برگ و در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها و افت فتوسنتز، و همچنین متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای مربوط به آن، موجب کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد می‌شود (۸). در رابطه با محتوی روغن دانه گلرنگ نتایج برخی تحقیقات حاکی از آن بود که آبیاری بهینه و به موقع می‌تواند به مقدار قابل توجهی کارایی سیستم‌های تولید گلرنگ را افزایش داده و تولید روغن را بهبود بخشد. کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرایندهای متابولیسمی بذر و اختلال در انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد (۳۱). نتایج تحقیق دیگری نشان داد تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها درصد روغن را کاهش داد که به نظر می‌رسد علت آن تسریع در رسیدگی گیاه می‌باشد، که در این حالت فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود نداشته و بنابراین درصد روغن کاهش یافته است (۳۳). گزارش شده است که تنش خشکی موجب تغییر در توسعه جنین و پریکارپ شده که در نتیجه آن کاهش محتوای روغن دانه رخ می‌دهد (۳۷).

در رابطه با کاربرد متانول نتایج نشان داد که محلول پاشی متانول به دلیل اثر تعدیل کنندگی تنش قادر به بهبود تمامی صفت‌های مورد بررسی گیاه گلرنگ در پژوهش حاضر باشد. متانول به عنوان یک منبع غنی کربن، یکی از موادی است که تثبیت کربن را در گیاهان سه کربنه افزایش می‌دهد و در شرایط تنفس نوری زیاد با افزایش راندمان فتوسنتزی، بخشی از تلفات کربن تثبیت شده را با افزایش غلظت CO<sub>2</sub> جبران می‌کند (۳۰، ۴۱). بنابراین راه‌هایی که موجب افزایش دی‌اکسید کربن در گیاهان می‌شود می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب برای افزایش عملکرد و زیست توده گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (۱۸). در پژوهش اخیر، کاربرد متانول به عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی رواج پیدا کرده است (۴۱، ۴۳). زیرا گیاهان می‌توانند متانول محلول پاشی شده بر روی برگ‌ها را به راحتی جذب کرده و آن را به عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند. متانول در مقایسه با CO<sub>2</sub> مولکول نسبتاً کوچکتری است که به راحتی توسط گیاهان، جذب شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴، ۱۱). کاربرد متانول محلول پاشی شده همانند متانول طبیعی که در برگ‌ها بر اثر فعالیت آنزیمی پکتین متیل استراز در فرایند گسترش دیواره سلولی ایجاد می‌شود، می‌تواند موجب افزایش تولید اکسین و سیتوکینین و تحریک رشد گیاه شود (۱۶). نحوه تولید اکسین و سیتوکینین در اثر مصرف متانول بدین صورت است که باکتری‌های متیلوتروف "*Methylobacterium* spp" با دریافت متانول از برگ‌ها، آن را استفاده کرده و هورمون‌هایی مانند اکسین و سیتوکینین تولید و در اختیار گیاه قرار می‌دهند (۱۷، ۲۴). افزون بر این باکتری‌های یادشده با تولید ویتامین B<sub>12</sub> موجب افزایش نمو گیاه می‌شوند (۱). همچنین محلول پاشی متانول از سنتز اتیلن جلوگیری و باعث تأخیر در پیری برگ‌ها و طولانی‌تر شدن طول دوره فتوسنتزی گیاه می‌شود (۱۴). پژوهش‌ها نشان دادند محلول پاشی متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی موجب افزایش عملکرد دانه، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آن‌ها می‌شود (۹، ۲۲). همچنین محلول پاشی گیاهان سه کربنه با ۱۰ الی ۵۰٪ حجمی متانول سبب افزایش عملکرد می‌شود که علت آن را به کاهش تنفس نوری و

همچنین افزایش آماس یاخته‌ای بافت گیاهی نسبت داده‌اند (۳۵). در پژوهشی دیگری نشان داده شده‌است که با افزایش درصد حجمی محلول پاشی متانول ارتفاع بوته و تعداد ساقه‌های فرعی ساقه در بادرنجبویه "*Melisa officinalis*" افزایش پیدا می‌کند (۲۱). در آزمایشی روی سویا "*Glycine max*" نیز گزارش شد که متانول با اکسیداسیون سریع به دی‌اکسید کربن و با افزایش غلظت CO<sub>2</sub> درونی گیاه، و کاهش میزان تنفس نوری سبب بهبود کارایی فتوسنتز و در نهایت، افزایش ۲۲-۱۶٪ عملکرد در سویا شده است. در تحقیق دیگری، کاربرد برگی متانول با نسبت حجمی ۲۰٪، سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، کارایی فتوسنتز، پروتئین دانه، وزن هزار دانه، افزایش تعداد غلاف‌های رسیده و عملکرد دانه در بادام زمینی "*Arachis hypogaea*" شده است (۳). نتایج کاربرد محلول پاشی متانول بر روی آفتابگردان "*Helianthus annuus*" نیز حاکی از افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه گیاه بود (۱۵). در آزمایشی دیگر محققان اعلام کردند که عملکرد دانه، وزن دانه‌ها و تعداد غلاف در بوته‌هایی از سویا "*Glycine max*" که با متانول محلول پاشی شده بودند در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی افزایش یافت. مطابق با نتایج این محققان محلول پاشی متانول بیشترین اثر را بر رشد و افزایش عملکرد دانه سویا داشت (۲۷). در پایان بحث از نتایج تحقیق حاضر چنین نتیجه‌گیری می‌شود که تنش خشکی منجر به کاهش رشد، عملکرد دانه و محتوی روغن گلرنگ می‌گردد. اما بکارگیری روش‌هایی نظیر محلول پاشی متانول قادر است اثرات شدت تنش را کاهش دهد. به‌طوریکه در شرایط تنش ملایم برای صفت‌های عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه گیاه محلول پاشی ۳۰٪ حجمی متانول منجر به حصول عملکردی برابر با شرایط بدون تنش شد. همچنین در شرایط بدون تنش، محلول پاشی ۳۰٪ حجمی متانول در مقایسه با عدم استفاده از آن برای صفت‌های مذکور به ترتیب موجب افزایش ۱۴۵/۱، ۲۹/۹۴ و ۴۲/۰۴٪ عملکرد گردید. همچنین در بررسی کاربرد متانول مشاهده شد که صفت‌های رویشی گیاه نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و عملکرد علوفه خشک واکنش مطلوبتری به محلول پاشی

متانول نشان دادند به طوری که برای صفت‌های فوق بین مصرف ۳۰٪ حجمی متانول تفاوت آماری معنی‌داری با مصرف ۲۰ و ۱۰٪ حجمی متانول وجود داشت اما برای صفت‌های مرتبط با خصوصیات زایشی گیاه نظیر وزن هزار دانه و عملکرد دانه تفاوت آماری معنی‌داری بین مصرف ۳۰ و ۲۰٪ حجمی متانول مشاهده نشد. در انتهای آزمایش نیز با توجه به اقلیم و نوع خاک منطقه می‌توان پیشنهاد نمود که در صورت وجود منابع آب کافی و عدم وقوع تنش در طول فصل رشد اگر هدف از تولید گلرنگ برداشت علوفه این گیاه است می‌توان تا ۳۰٪ حجمی از متانول را برای تولید بیشتر این محصول استفاده کرد، ولی اگر هدف تولید دانه و عملکرد روغن است محلول‌پاشی ۲۰٪ حجمی از

متانول کیفیت می‌نماید. همچنین در صورت عدم وجود منابع آب کافی، آبیاری تا ۸۰٪ ظرفیت زراعی خاک و محلول‌پاشی ۳۰٪ حجمی متانول قادر است عملکردی قابل قبول و متناسب با شرایط بدون تنش و بدون استفاده از متانول تولید نماید.

#### ■ سپاسگزاری

از مساعدت و همکاری جناب آقای مهندس برشان سرپرست اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان ایرانشهر که در انجام این پژوهش مبدول داشته‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود

#### ■ References

1. Abanda Nkwatt, D., Musch, M., Tschiersch, J., Boettne M. & Schawb, W. (2006). Molecular interaction between *Methylobacterium extorquens* and seedlings: growth promotion, methanol consumption, and localization of the methanol emission site. *Experimental Botany*, 57(15), 4025-4032.
2. Association Official Analytical Chemists. (1990). *Official Method of Analysis*. Washington, DC, USA.
3. Babaei, F., Heydari shrifabad, H., Safarzadeh Vishekaei, M.N., Normohammadi, Gh. & Majidi Harvan, I. (2014). Effect of foliar application of methanol and ascorbic acid on physiological characteristics and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Advances in Biology*, 8(16), 280-285.
4. Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M. & Haslam, R. (2004). Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. *Phytochem*, 65, 2305-2316.
5. Ebrahimian, E., Seyyedi, S.M., Bybordi, A. & Damalas, C.A. (2019). Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. *Agricultural Water Management*, 218, 149-157.
6. Ergonul, P.G. & Ozbek, Z.A. (2020). *Cold pressed safflower (Carthamus tinctorius L.) seed oil*. Academic Press.
7. Esazadeh Panjali Kharabasi, J., Galavi, M. & Ramroudi, M. (2016). Effect of methanol spraying on some quantitative and qualitative traits of soybean under drought stress condition. *Crops Improvement*, 17(4), 1075-1085. (in Farsi)
8. Farokhnia, M., Roshdi, M., Pasban Eslam, B. & Sasandoust, R. (2011). Study of some physiological traits and yield in spring safflower under water deficit stress. *Field Crop Science*, 42(3), 545-553. (in Farsi)
9. Ghorbani, A., Sayyahfar, M. & Shakarami, G. (2017). Study the efficiency of methanol foliar application on some qualitative and physiological traits of safflower under supplemental irrigation. *Agricultural Research*, 9(2), 1-16. (in Farsi)

10. Guiti, A. R. (2011). *Desert, desertification and desert reclamation*. Iran Agriculture Science Press. (in Farsi)
11. Gout, E., Aubert, S., Bligny, R., Rebeille, F., Nonomura, A.R., Benson, A. & Douce, R. (2000). Plant metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies. *Plant Physiology*, 123, 287-296.
12. Haghshenas, R., Sharafi, S. & Gholinezhad, E. (2020). Effect of different levels of drought stress and mycorrhiza on yield of safflower cultivars. *Agriculture science and Sustainable Production*, 30(2), 91-109. (in Farsi)
13. Hayashi, H., Hanada, K., 2008. Effects of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Plants. *Japans Journal of Crop Science*, 54(4), 364-352.
14. Heins, R. (1980). Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. *American Society for Horticultural Science*, 105(1), 141-144.
15. Hernandez, L.F., Pellegrini, C.N. & Malla, L.M. (2000). Effect of foliar applications of methanol on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Phyton, Experimental Botany*, 66(1), 1-8.
16. Holland, M.A. (1997). Occams razor applied to hormonology. Are cytokinins produced by plants? *Plant Physiology*, 115, 865-868.
17. Ivanova, E.G., Dornina, N.V. & Trotsenko, Y.A. (2001). Aerobic methyl bacteria are capable of synthesizing axins. *Microbiology*, 70, 392-397.
18. Kafi, M., Borzoe, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. & Nabati, J. (2011). *Physiology of environmental stresses in plants*. Ferdowsi University Press. (in Farsi)
19. Karami, S., Sabzalian, M.R., Rahimmalek, M., Saeidi, Gh. & Khodae, L. (2017). Influence of seasonal variations on seed oil and total phenolic content of seeds and leaves in cultivated, wild species and F5 generation of inter-specific cross in *Carthamus* spp. *Medicinal and Aromatic Plants*, 33(2), 281-292. (in Farsi)
20. Khammari, M., Ghanbari, A., Dahmardeh, M. & Mousavinik, M. (2019). Effect of different levels of methanol on spring planting potato under fertilizer management. *Agriculture Science and Sustainable Production*, 29(1), 251-268. (in Farsi)
21. Khosravi, M. (2011). *Effect of methanol and ethanol foliar on yield and quality of medicinal plant of balm (Melissa officinalis L.)*. M.Sc. thesis, Islamic Azad University, Karaj Branch. (in Farsi)
22. Khosravi, A. & Moosavi, S.G. (2019). Effect of irrigation, foliar application of methanol and plant density on morphophysiology traits, yield and yield components of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Cotton Researches*, 7(1), 33-56. (in Farsi)
23. Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K. & Doitsinis, A. (2004). Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilation to safflower yield. *Field Crops Research*, 90(2-3), 263-274.
24. Li, Y., Gupta, J. & Siyumbano, A.K. (1995). Effect of Methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. *Plant Nutrition*, 18, 1875-1880.
25. Lotfi, P., Mohammadi-Nejad, G. & Golkar, P. (2012). Evaluation of drought tolerance in different genotypes of the Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agriculture Knowledge*, 5(7), 1-14. (in Farsi)

26. Makhdum, M.I., Malik, M.N.A., Din, S.U., Ahmad, F. & Chaudhry, F.I. (2002). Physiological response of cotton to methanol foliar application. *Research (Science), Bahauddin Zakariya University Multan Pakistan*, 13, 37-43.
27. Mirakhori, M., Paknejad, F., Ardakani, M.R., Moradi, F., Nazeri, P. & Nasri, M. (2009). Effect of methanol spraying on yield and yield components of soybean (*Glycine max* L.). *Agroecology*, 2(2), 236-244. (in Farsi)
28. Moqbeli, H., Qolami, A., Ameriyan, M.R. & Abas dokht, H. (2019). Effect of methanol foliar application on yield and morphological characteristics of sesame (*sesamum indicum* L). *Field Crop Science*, 49(4), 137-149. (in Farsi)
29. Nemecek-Marshall, M., MacDonald, R.C., Franzen, J.J., Wojciechowski, C.L. & Fall, R. (1995). Methanol emission from leaves: enzymatic detection of gas-phase methanol and relation of methanol fluxes to stomatal conductance and leaf development. *Plant Physiology*, 108, 1359-1368.
30. Nonomura, A.M. & Benson, A.A. (1997). The path to carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. *Proceedings of the National Academy of Sciences. U.S.A.* 89, 9794-9798.
31. Pasandi, M., Janmohammadi, M., Abasi, A. & Sabaghnia, N. (2018). Oil characteristics of safflower seeds under different nutrient and moisture management, *Nova Biotechnologica et Chimica*, 17(1), 86-94.
32. Pourdad, S.S. & Jamshid Moghaddam, M. (2013). Study on genetic variation in safflower collection (*Carthamus tinctorius* L.) under rainfed condition. *Dryland*, 1(3), 1-16. (in Farsi)
33. Rahmani, F., seyfzade, S., Jabbari, H., Valadabadi, A. & Hadidi Masouleh, E. (2020). Effect of drought tension and foliar application of zinc on some physiological and agronomic traits of safflower cultivars. *Crop Physiology*, 12(47), 27-43. (in Farsi)
34. Rajab Nasab Aghamahali, M. & Karapetian, Zh. (2013). The water stress at flowering stage on plant height and seed protein of different safflower cultivars. *Plant Environmental Physiology*, 8(31), 37-46. (in Farsi)
35. Ramroudi, M., Chezgi, M. & Galavi, M. (2017). Effect of methanol spraying on quantitative traits and osmotic adjustments in Moldavian (*Dracocephalum moldavica* L.) under low irrigation conditions. *Field Crop Science*, 48(1), 149-158. (in Farsi)
36. Raziei, T., Daneshkar Arasteh, P., Akhtari, R. & Saghafian, B. (2007). Investigation of meteorological droughts in the Sistan and Balouchestan province, using the standardized precipitation index and Markov chain model. *Iran-Water Resources Research*, 3(1), 25-35. (in Farsi)
37. Rondanini, D., Savin, R. & Hall, A.J. (2003). Dynamics of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief intervals of high temperature during grain filling. *Field Crops Research*, 83, 79-90.
38. Safarazade Vishgahi, M.N. & Nourmohamadi Magidi, H. (2007). Effect of methanol on peanut function and yield components. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 38(1), 88-103. (in Farsi)
39. Seyed Sharifi, R. & Seyed Sharifi, R. (2019). Effects of different irrigation levels, methanol application, and nano iron oxide on yield and grain filling components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crops Improvement*, 21(1), 27-42. (in Farsi)

40. Shahrokhnia, M.H. & Sepaskhah, A.R. (2017). Physiologic and agronomic traits in safflower under various irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization. *Industrial Crops and Products*, 95, 126-139.
41. Tavassoli, A. & Galavi, M. (2011). Effect of foliar application of methanol on efficiency, production and yield of plants. *Indian Journal of Agricultural Research*, 45(1), 1-10.
42. Tayebi, S., Earahvash, F., Mirshekari, B., Tari-nejad, A. & Yarnia, M. (2018). Effect of shoot application of salicylic acid on some growth parameters and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water stress. *Plant Ecophysiology*, 10(32), 78-93. (in Farsi)
43. Zbiec, I., Karczmarczyk, S. & Podsiado, C. (2003). Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. *Polish Agricultural Universities*, 6, 1-7.