گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی عصاره مخمر و جلبک دریایی بر عملکرد و کیفیت دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) تحت شرایط تنش خشکی

آفاق یعقوب‌نژاد[1]، رضا طالبی[2] و بابک پاساری (نویسنده مسئول)[3*]

۱- کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران،
yaghobnezhad.a@yahoo.com

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران،
srtalebi@yahoo.com

۳*- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران،
bpasary@yahoo.com

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۲

The effect of foliar application of yeast and seaweed extract on the yield and quality of safflower seeds (*Carthamus tinctorius*) under drought stress condition

Afagh Yaghobnezhad [1], Reza Talebi[2] and Babak Pasari (Corresponding author)[3*]

1- M.Sc, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran, yaghobnezhad.a@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran, srtalebi@yahoo.com

3*- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran, bpasary@yahoo.com

Received: February 2023 Accepted: May 2023

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی عصاره مخمر و جلبک دریایی بر عملکرد و کیفیت دانه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد سنندج در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار صورت گرفت. عامل اصلی، تنش خشکی در دو سطح (شاهد: بدون تنش یا آبیاری کامل و تنش قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی تا پایان فصل رویشی) و عامل فرعی محلول‌پاشی محرک‌های رشد در سه نوع شامل (شاهد: آب مقطر، عصاره مخمر و جلبک دریایی) بودند. نتایج نشان داد که صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد پروتئین تحت تاثیر تنش قطع آبیاری اختلاف معنی‌داری داشتند. به طوری که همه صفات مذکور به جزء درصد پروتئین تحت تاثیر قطع آبیاری کاهش یافتند. درصد پروتئین دانه نیز تحت تاثیر قطع آبیاری افزایش یافت. همچنین در این آزمایش محلول‌پاشی محرک‌های رشد تاثیر معنی‌داری بر صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه نشان دادند. به طوری که حداکثر مقادیر صفات فوق تحت تاثیر محلول‌پاشی عصاره مخمر حاصل گردیدند. نتایج اثرات متقابل نیز در خصوص تعداد طبق در بوته معنی‌دار و حداکثر مقدار تحت تاثیر آبیاری کامل و محلول‌پاشی عصاره مخمر و جلبک دریایی بدست آمد.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، درصد روغن، عملکرد، گلرنگ، محرک رشد.

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران
سال۱۴۰۲، دوره۱۸، شماره ۱، صص ۵۸-۴۷

Abstract

In order to study the effect of foliar application of yeast and seaweed extract on the yield and quality of safflower seeds under drought stress conditions, an experiment was conducted in the research farm of the Faculty of Agriculture of Azad University, Sanandaj branch in 2018. The experiment was carried out as split plots in the form of randomized complete blocks design in three replications. The main factor was water stress at two levels (control: no stress or full irrigation and the stress of interruption of irrigation from the stemming stage to the end of the growing season) and the second factor was foliar spraying of growth stimulants in three types (control: distilled water, yeast and seaweed extract). The results showed that the traits of number of pods per plant, number of seeds per plant, weight of 1000 seeds, seed yield and protein percentage were significantly different under the influence of irrigation interruption stress. So that all the mentioned traits, without protein percentage, decreased under the influence of irrigation interruption. The percentage of protein also increased under the influence of irrigation interruption. Also, in this experiment, foliar spraying of growth stimulants showed a significant effect on the traits of number of pods per plant, number of seeds per pod and seed yield. So that the maximum values of the above traits were obtained under the influence of yeast extract foliar spraying. The results of interaction effects were also significant regarding the number of heads per plant and the maximum amount was obtained under the influence of full irrigation and foliar spraying of yeast and seaweed extract.

Keywords: Drought stress, Growth promoter, Oil percentage, Safflower, Yield.

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
spring 2023, Vol 18, No 1, Pp 47-58

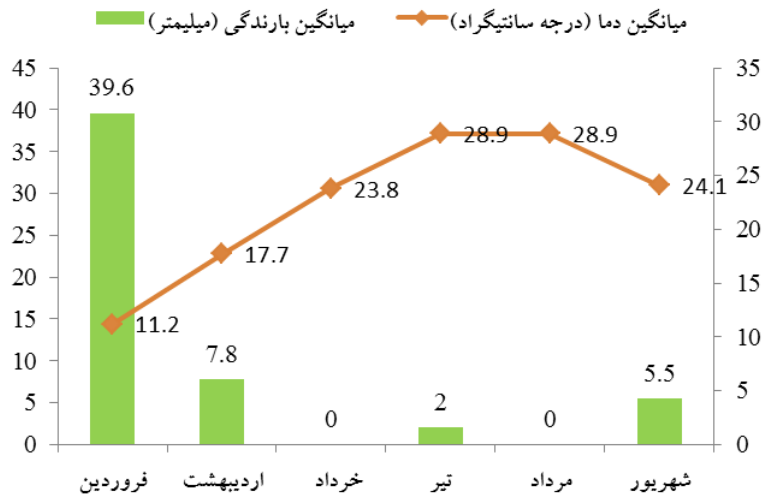
مقدمه و کلیات

افزایش جمعیت و مصرف بالای سرانه روغن‌های روغنی، لزوم افزایش سطح زیر کشت و عملکرد دانه‌های روغنی را به منظور کاهش وابستگی به کشورهای دیگر ضروری می‌سازد. از طرف دیگر به دلیل وقوع تنش‌های مختلف محیطی از جمله تنش خشکی، کاهش عملکرد و در مواردی نیز عدم موفقیت در تولید محصولات زراعی گزارش گردیده است. تنش خشکی، رشد رویشی و عملکرد گیاهان زراعی را از طریق افت سطح برگ و فتوسنتز کاهش داده و این امر منجر به کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی می‌گردد. میزان این کاهش به شدت فتوسنتز و مرحله‌ای از نمو که تنش رخ می‌دهد بستگی دارد (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۹؛ محمدپور و همکاران، ۱٤۰۱). کاهش صفات رویشی از قبیل شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و کاهش درصد روغن دانه در ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تاثیر تنش خشکی گزارش گردیده است (ظفری و همکاران، ۱۳۹٦؛ رحمنی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Khoshnam and Mamnoie, 2021; Joshan *et al.*, 2019). در چند دهه اخیر کاربرد خارجی محرک‌های رشد آلی به منظور افزایش مقاومت به تنش خشکی و در نتیجه افزایش عملکرد کمی و کیفی در گیاهان بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Ashraf and Foolad, 2007; Taha *et al.*, 2021). کاربرد مواد فعال زیستی استخراج شده از جلبک دریایی در گیاهان زراعی و باغی سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات مختلف شده است (احمدی و همکاران، ۱٤۰۰؛ Craigie, 2011). اثرات مفید کاربرد عصاره جلبک روی گیاهان به دلیل وجود هورمون‌های رشد سیتوکنین، اکسین و عناصری مانند آهن، مس، روی، کبالت، مولیبدن، منگنز، نیکل، ویتامین‌ها و آمینواسیدها است (Zhang and Ervin, 2004). از طرف دیگر، عصاره به دست آمده از جلبک دریایی غیر سمی بوده و آلودگی زیست محیطی ایجاد نمی‌نماید. کاربرد عصاره جلبک دریایی، با افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه کلروفیل و کاهش نشت غشاء، سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌گردد (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۹؛ رهگشاهی و همکاران، ۱٤۰۱). همچنین جلبک دریایی منجر به افزایش ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه، محتوی نسبی آب برگ، میزان کلروفیل، فتوسنتز خالص، پایداری غشاء سلول و محتوای کاروتنوئید در شرایط خشکی می‌گردد (احمدپور و همکاران، ۱٤۰۰؛ محمدپور و همکاران، ۱٤۰۱). افزایش رشد گیاه، تحریک رشد ریشه، تاخیر در پیری و بهبود مقاومت به استرس‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و درجه حرارت تحت تاثیر کاربرد عصاره جلبک گزارش گردیده است (Mobaser *et al.*, 2021). کاربرد عصاره مخمر نیز که حاوی هورمون‌های گیاهی و اسیدهای آمینه است نقش بسزایی در تحمل گیاه نسبت به تنش‌های مختلف محیطی و افزایش عملکرد ایفاء می‌نماید (Taha *et al.*, 2021). مخمر یک قارچ میکروسکوپی است که در طبیعت در همه جا یافت می‌شود و قندها را به الکل و گاز دی اکسید کربن و ترکیبات معطر تبدیل می‌نماید. عصاره مخمر که از

مخمر ساکارومیسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) تهیه می‌شود به عنوان یک الیسیتور شناخته شده است. در واقع الیسیتور مذکور باعث فعال شدن نوعی مکانیسم دفاعی در گیاهان شده و ژن‌های خاص مربوط به آنزیم‌های درگیر در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه را تحریک می‌نماید (Savitha *et al.*, 2006). تولید متابولیت‌های ثانویه از طریق عصاره مخمر می‌تواند مربوط به برخی ترکیبات از قبیل کاتیون‌های فلزی کبالت، روی و کلسیم در این ترکیب باشد که به عنوان محرک غیرزنده عمل می‌کنند (Sandra *et al.*, 2006). محلول‌پاشی عصاره مخمر در شرایط تنش خشکی و قطع آبیاری از طریق افزایش پاسخ دفاعی گیاهان، محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ، محتوای پرولین، فلاونوئید برگ، نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه و در نهایت عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (کرامتی و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به اثرات مثبت عصاره مخمر و جلبک دریایی در افزایش رشد و عملکرد گیاهان مختلف، این آزمایش بر روی گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی در منطقه سنندج صورت گرفت.

فرآیند پژوهش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج واقع در ۱۰ کیلومتری جاده سنندج- کرمانشاه اجرا گردید. ارتفاع محل از سطح دریا ۱۳۹۳ متر و طول و عرض جغرافیایی ٤٦ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی می‌باشد. میانگین دما و میزان بارندگی ماهانه در مزرعه آزمایشی در طی فصل رویشی از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سنندج بدست آمد (شکل۱). خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی، اسیدیته ۷/۷ و هدایت الکتریکی ۰/۵۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر بود.



شکل ۱- میانگین بارندگی و دما در مزرعه آزمایشی در طی فصل رویشی

Fig 1- Average rainfall and temperature in the experimental field during the growing

آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی، تنش در دو سطح (شاهد: بدون تنش یا آبیاری کامل و تنش قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی تا پایان فصل رویشی) و عامل فرعی محلول‌پاشی محرک‌های رشد در سه نوع شامل (شاهد: آب مقطر، عصاره مخمر و جلبک دریایی) در نظر گرفته است. در این تحقیق هر کرت دارای ٤ ردیف کاشت، به طول ۲ متر، با فواصل ۳۵ سانتی‌متر بین خطوط کاشت و ۱۰ سانتیمتر بین بوته‌ها روی هر ردیف کاشت بود. زمین محل آزمایش با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار شخم نسبتاً عمیقی زده شد و سپس با کمک دیسک، خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین صورت گرفت. پس از آماده کردن زمین، عملیات کشت بذور گلرنگ (رقم سینا) به صورت دستی در نیمه اول اردیبهشت ماه انجام شد. پس از کاشت عملیات آبیاری به صورت مرتب به روش جوی و پشته صورت گرفت. در تیمار آبیاری کامل، عملیات آبیاری تا پایان فصل رویشی ادامه یافت و در تیمار تنش، آبیاری کرت‌های موردنظر از مرحله ساقه‌دهی تا پایان فصل رویشی قطع گردید. عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) با نام تجاری Acadian ساخت کشور کانادا از شرکت آرمان سبز آدینه و عصاره مخمر نیز از شرکت سیگما آلدریچ تهیه گردید. عملیات محلول‌پاشی جلبک دریایی با غلظت دو در هزار و عصاره مخمر به نسبت ٦ گرم در لیتر در سه مرحله رشدی ٦ برگی، ساقه‌دهی و گل‌دهی صورت گرفت. عملیات محلول‌پاشی در هر مرحله رشدی ۳ نوبت و با فواصل ۳ روزه از همدیگر صورت گرفت. در طی دوره رشد گلرنگ خصوصاً در اوایل رشد، مزرعه چندین بار به صورت دستی وجین گردید. عملیات برداشت به صورت دستی در زمان رسیدگی کامل فیزیولوژیکی انجام شد. به‌این صورت که از هر کرت آزمایشی، ۷ بوته را به صورت تصادفی انتخاب و از محل طوقه برداشت گردیدند و صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بوته، درصد روغن و پروتئین اندازه‌گیری شدند. بدین صورت که تعداد کل طبق در ۷ بوته برداشت شده از هر کرت به طور تصادفی را شمارش کرده و میانگین حاصل از ۷ بوته به عنوان صفت تعداد طبق در بوته منظور گردید. سپس مجموع دانه‌های موجود در ۷ بوته را شمارش کرده و میانگین حاصله ثبت گردید. از کل دانه‌های برداشت شده در هر کرت، ٤ نمونه ۱۰۰ عددی به‌طور تصادفی جدا شده و اقدام به اندازه‌گیری وزن خشک آن‌ها شد. پس از میانگین‌گیری و انجام تناسب صفت وزن هزاردانه مربوط به آن کرت بدست آمد. در نهایت میانگین وزن کل دانه‌های موجود در همه طبق‌های موجود در ۷ بوته به عنوان عملکرد دانه در بوته ثبت گردید. همچنین درصد روغن دانه به روشن سوکسله و درصدپروتئین دانه به روش کجلدال در آزمایشگاه جهاد کشاورزی استان کردستان تعیین گردید. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد طبق در بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تیمار تنش قطع آبیاری، محلول‌پاشی محرک‌های رشد و اثر متقابل تنش قطع آبیاری × محلول‌پاشی محرک‌های رشد اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر تعداد طبق در بوته داشتند (جدول۱). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد طبق در بوته در شرایط آبیاری کامل حاصل گردید و تیمار قطع آبیاری تعداد طبق در بوته را به شدت کاهش داد (جدول۲). به نظر می‌رسد تنش خشکی سبب کاهش سرعت گسترش کانوپی گیاه، کاهش اندازه برگ‌ها، ریزش زود هنگام برگ‌های پایینی و نهایتاً کاهش شاخص سطح برگ گلرنگ تحت شرایط خشکی می‌گردد (رحمنی و همکاران، ۱۳۹۹). کاهش تعداد طبق در بوته تحت تاثیر تنش خشکی در آزمایشات متعدد ثابت شده است (Baghkhani and Farahbakhsh, 2008; Kafi and Rostami, 2008).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثرات آبیاری و محلول‌پاشی محرک‌های رشد بر عملکرد و کیفیت دانه گلرنگ

Table 1- The results of variance analysis of the irrigation and foliar spraying of growth stimulants effects on the yield and quality of safflower seeds.

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	درصد پروتئین
بلوک	۲	۳/۰٤ ns	٤٤۰/٤۹ ns	۲۹/۱٤ ns	۰/۷۰٦ ns	۵/۰۰۹ ns	۱/۵٦ ns
آبیاری	۱	٤۸۹/۰۲ **	۲٦۷۳۵٤/۵۷ **	۱۵۳/۹٤ **	۱٤۹/۳۷ **	۰/٤٤۱ ns	۱۲۵/۸۷ *
خطای a	۲	٤/۲۹	۲۱۰۳/۱۳	۱/٤۲	۲/۱۷	۵/۳۹	٤/۲۹
محلول‌پاشی محرک رشد	۲	۲٤/۰۳ **	۲۲۷٤۳/٦۱ **	۸/۲۵ ns	۳۰/۸٦ *	۱۵/۰٦ ns	۳/۵۵ ns
آبیاری × محلول‌پاشی	۲	۲۷/۹۷ **	٤۳۹۱/۸۲ ns	۸/٤۷ ns	۱۲/٦۵ ns	۱۱/۳۱ ns	۰/۹۷۲ ns
خطای b	۸	۱/۸٦	۲٤۸۵/٦۳	۸/۱	۵/۰٤	۸/۸۲	۱/۳۰۹
ضریب تغییرات (٪)		۸/۰٤	۱۷/۸	۱۱/۰٦	۲٤/٤۷	۱۲/۸۷	٦/۲٦

ns ، * و ** به ترتیب، غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین صفات عملکرد و کیفیت دانه گلرنگ تحت تاثیر آبیاری و محلول‌پاشی محرک‌های رشد

Table 2- The results of comparing the average yield and quality of safflower seeds traits under the influence of irrigation and foliar spraying of growth stimulants.

تیمار	سطح	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	درصد پروتئین
آبیاری	کامل	۲۲/۱۲ a	٤۰۱/۹٤ a	۲۸/٦۵ a	۱۱/۰٦ a	۲۳/۲۲ a	۱۵/٦۲ b
	تنش	۱۱/۷ b	۱۵۸/۱۹ b	۲۲/۸ b	۵/۳ b	۲۲/۹۱ a	۲۰/۹۱ a

محلول‌پاشی محرک رشد	شاهد: آب مقطر	۱۵/۸۳ b	۲۲٤/٥ b	۲٥/۱۸ a	٦/۳۷ b	۲۱/٤۷ a	۱۷/۹ a
	عصاره مخمر	۱۹/۲۲ a	۳٤٦/۲٥ a	۲٤/۹۳ a	۱۰/۷۳ a	۲٤/٦٤ a	۱۷/۷٥ a
	جلبک دریایی	۱٥/٦۸ b	۲٦۹/٤٤ b	۲۷/۰۸ a	۷/٤٥ b	۲۳/۱ a	۱۹/۱٥ a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد ندارند.

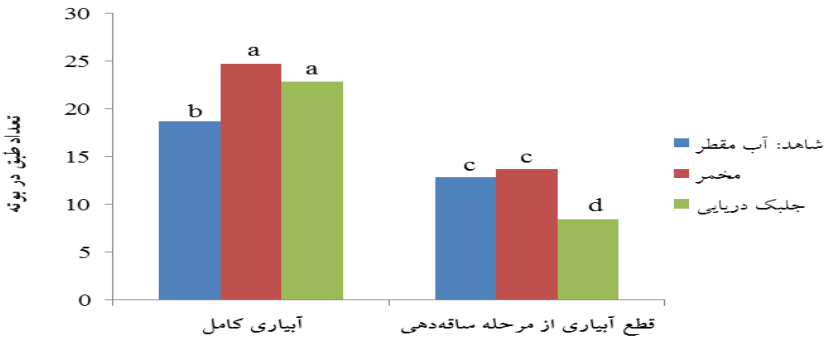
در این آزمایش بیشترین تعداد طبق در بوته مربوط به محلول‌پاشی عصاره مخمر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش قطع آبیاری × محلول‌پاشی محرک‌های رشد نیز نشان داد که حداکثر تعداد طبق در بوته در شرایط آبیاری کامل و تحت تاثیر محلول‌پاشی عصاره مخمر و متعاقب آن جلبک دریایی حاصل گردید (شکل۲).

جدول ۲- نتایج آنالیز خاک

Table 2- Results of soil analysis used

هدایت الکتریکی (dS/m) EC (dS/m)	اسیدیته pH	درصد مواد آلی (٪) Organic matter	آهک Lime	فسفر (mg/kg) P (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg) K (mg/kg)	بافت خاک Soil Texture
4.48	7.32	1.06	38	39.7	210.08	loamy - sandy

در این آزمایش بیشترین تعداد طبق در بوته مربوط به محلول‌پاشی عصاره مخمر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش قطع آبیاری × محلول‌پاشی محرک‌های رشد نیز نشان داد که حداکثر تعداد طبق در بوته در شرایط آبیاری کامل و تحت تاثیر محلول‌پاشی عصاره مخمر و متعاقب آن جلبک دریایی حاصل گردید (شکل۲).



شکل ۲- میانگین تعداد طبق در بوته تحت تاثیر اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی محرک‌های رشد

Fig 2- The average of head numbers per plant under the influence of the interaction effect of irrigation × foliar spraying of growth stimulants

تعداد دانه در بوته: تعداد دانه در بوته تحت تاثیر تیمار تنش آبی و محلول‌پاشی محرک‌های رشد در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بوته در شرایط آبیاری کامل حاصل گردید. با توجه به تشکیل تعداد طبق‌های بیشتر در این آزمایش، کاهش تعداد دانه در بوته تحت تاثیر تنش قطع آبیاری منطقی به نظر می‌رسد. طی تحقیقی مشابه با بررسی آبیاری معمولی و قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه ارقام گلرنگ مشاهده گردید که تنش قطع آبیاری عملکرد و اجزای عملکرد همه ارقام گلرنگ را کاهش داد. به طوری که تعداد کل دانه در بوته ۲۸ درصد کاهش یافت (*et* Joshan *al.*, 2019). در آزمایشی دیگر تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه گردید (کیخاژاله و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین طاهری و همکاران (۱۳۹۷) دریافتند که تنش خشکی باعث کاهش تعداد طبق در بوته (۲۱درصد)، تعداد دانه در طبق (۲۲ درصد)، وزن طبق (۱۷ درصد)، کلروفیل کل (۳۲ درصد) و عملکرد دانه (۲۹ درصد) گردید. در این آزمایش بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار محلول‌پاشی عصاره مخمر و متعاقب آن جلبک دریایی حاصل گردید. کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی طی محلول‌پاشی محرک رشد هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی ثابت شده است. به طوری که بیشترین میزان عملکرد دانه، وزن هزاردانه و تعداد دانه در بوته با محلول پاشی هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی بدست آمد (رهگشاهی و همکاران، ۱۴۰۱).

وزن هزار دانه: این صفت نیز تحت تاثیر تیمار آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داد. به طوری که تیمار قطع آبیاری وزن هزار دانه گلرنگ را به طور معنی‌داری کاهش داد. کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی در گلرنگ توسط سایر محققان ثابت شده است. تنش خشکی با کوتاه کردن دوره پرشدن دانه، باعث کاهش عملکرد دانه و وزن هزاردانه می‌گردد (Omidi Ardali and Bahrani, 2011). تداوم تنش کمبود آب پس از مرحله گرده‌افشانی، وزن دانه‌ها را در گیاه گلرنگ کاهش می‌دهد (Fathian and Ehsanzadeh, 2012). در آزمایشی دوساله برتری ارقام گلرنگ در شرایط تنش به دمای طبق کمتر و افزایش شاخص کلروفیل و افزایش اجزای عملکرد (تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه) نسبت داده شده است. کاهش ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه در ارقام گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی گزارش گردیده است (رحمنی و همکاران، ۱۳۹۹). کاهش ٦ درصدی وزن هزار دانه ارقام گلرنگ تحت تاثیر قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه ارقام گلرنگ گزارش گردیده گردید (*et al.*, 2019 Joshan). در این آزمایش حداکثر وزن هزار دانه در تیمار جلبک دریایی حاصل گردید هر چند معنی‌دار نبود. در آزمایشی مشابه عصاره جلبک دریایی در شرایط نرمال و تنش خشکی به صورت معنی‌داری تعداد شاخه جانبی، تعداد غلاف در بوته، وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه، محتوای نسبی آب برگ،

محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل، میزان فتوسنتز خالص، پایداری غشاء سلول و محتوای کاروتنوئید و عملکرد گیاه را افزایش داد. منتهی در شرایط تنش ملایم و شدید غلظت‌های بالاتر عصاره جلبک دریایی موثرتر بود (احمدپور و همکاران، ۱٤۰۰). کاربرد عصاره مخمر نیز در شرایط تنش شوری وزن هزار دانه را به میزان ٤٥ درصد افزایش داده است (Taha *et al.*, 2021).

عملکرد بوته: عملکرد دانه در بوته تحت تاثیر تیمار تنش آبی و محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داد. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد بوته مربوط به تیمار بدون تنش یا آبیاری کامل حاصل گردید. با توجه به کاهش تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه تحت تاثیر تنش خشکی در این آزمایش، بنابراین کاهش عملکرد دانه تحت تاثیر قطع آبیاری منطقی به نظر می‌رسد. در آزمایشی مشابه قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه از طریق کاهش اجزای عملکرد، سبب کاهش ١٦ درصدی عملکرد دانه گلرنگ گردیده است (رحمنی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین تنش خشکی از طریق کاهش آب برگ و بستن روزنه‌ها، فعالیت‌های آنزیمی را تحت تأثیر قرار داده و موجب کاهش عملکرد گلرنگ می‌گردد (Farokhinia *et al.*, 2011). در تحقیقی دیگر قطع آبیاری در مراحل ظهور طبق، مرحله ۵۰ درصد گلدهی، اواخر گلدهی و مرحله پرشدن دانه‌های گلرنگ سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گردید. این محققین همبستگی بالایی بین مرحله قطع آبیاری و کاهش عملکرد و اجزای عملکرد را گزارش نمودند (Khoshnam and Mamnoie, 2021). طی تحقیقی دیگر تنش قطع آبیاری از طریق کاهش اجزای عملکرد، عملکرد دانه ارقام گلرنگ را به میزان ۱۷ درصد کاهش داد (Joshan *et al.*, 2019). در این آزمایش مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد بوته تحت تاثیر محلول‌پاشی مخمر و عصاره جلبک دریایی حاصل گردید. با توجه به افزایش تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در این آزمایش تحت تاثیر مخمر و جلبک دریایی، افزایش عملکرد دانه قابل تصور بود. کرامتی و همکاران (١٤٠٠) با بررسی محلول‌پاشی عصاره مخمر در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی و غلاف بندی لوبیا، مشاهده نمودند که عصاره مخمر محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ، محتوای پرولین، فلاونوئید برگ، نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه و در نهایت عملکرد دانه را افزایش داد. این محققین دریافتند که کاربرد عصاره مخمر از طریق افزایش پاسخ دفاعی گیاهان در برابر تنش خشکی عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد. طی آزمایشی مشابه شدت‌های مختلف تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز، دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای، کارایی مصرف آب، شاخص سبزینگی، پروتئین محلول برگ، میزان تعرق و عملکرد دانه ارقام گلرنگ گردید. این محققین دریافتند که کاربرد محرک رشد براسینواستروئید باعث کاهش میزان تعرق و افزایش میزان کلروفیل، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و عملکرد دانه گردید (ظفری و همکاران، ۱۳۹٦). اعمال تنش

خشکی به صورت قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد را کاهش داده ولی کاربرد هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد مثبت 'گزارش گردیده است (محمدپور و همکاران، ۱٤۰۱). گزارش شده است که با افزایش شدت تنش خشکی، صفات مورفولوژیک شامل تعداد انشعابات جانبی، وزن تر و خشک بوته، تعداد برگ، سطح کلروفیل کل، کاروتنویید و محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد. در این شرایط محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی سبب کاهش آثار تنش خشکی از طریق افزایش میزان پرولین، ایجاد تنظیم اسمزی، کاهش تجزیه کلروفیل و کاهش نشت غشاء و در نهایت سبب افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۹). افزایش ٤٥ درصدی عملکرد دانه تحت تاثیر کاربرد عصاره مخمر در شرایط شوری گزارش گردیده است (Taha *et al.*, 2021).

درصد روغن و پروتئین دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که علی‌الرغم کاهش درصد روغن تحت تاثیر تیمار قطع آبیاری، معنی‌دار نگردید. از جمله دلایلی که برای افت درصد روغن دانه ارائه گردیده آن است که تنش خشکی باعث بروز اختلال در پر شدن دانه و افزایش نسبت پوسته به مغز و در نهایت کاهش درصد روغن می‌شود (زینلی، ۱۳۷۸). اصولاً درصد روغن یک صفت کمی است و توسط چندین ژن کنترل می شود، بنابراین آسیب دیدن تعداد زیادی از ژن‌های کنترل کننده در اثر تنش خشکی، بعید به نظر می‌رسد. از این رو کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی جزئی است (Yadollahi Dehcheshmeh *et al.*, 2014). از طرف دیگر رحمنی و همکاران (۱۳۹۹) دریافتند که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها سبب کاهش درصد روغن گلرنگ گردید. این محققین دلیل این امر را تسریع در رسیدگی گیاه و کاهش زمان ضروری جهت سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه اعلام نمودند. کاهش درصد روغن و کاهش درصد اسید لینولئیک در ارقام گلرنگ تحت تاثیر قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه ارقام گلرنگ نیز مشاهده گردیده است (Joshan *et al.*, 2019). کاهش درصد روغن تحت شرایط تنش خشکی به کاهش درصد مغز دانه نسبت داده شده است (طاهری و همکاران، ۱۳۹۷). در این آزمایش درصد پروتئین تحت تاثیر تنش قطع آبیاری افزایش معنی‌داری یافت. افزایش ٤ درصدی پروتئین دانه نسبت به شرایط عدم تنش در گیاه گلرنگ توسط طاهری و همکاران (۱۳۹۷) نیز گزارش گردیده است. در تحقیق مشابه با تاخیر در آبیاری ارقام گلرنگ، درصد روغن کاهش ولی درصد پروتئین افزایش یافت (اشرفی و رزمجو، ۱۳۹۳). افزایش درصد پروتئین تحت تاثیر تنش خشکی به افزایش غلظت پروتئین در گیاه جهت سازگاری آن از طریق تنظیم اسمزی در مقابل تنش نسبت داده شده است (Liu *et al.*, 2005). در تحقیقی دیگر تنش خشکی سبب کاهش درصد روغن ولی افزایش معنی‌دار کربوهیدرات محلول در آب که در افزایش تحمل گیاه به خشکی نقش مؤثری دارند، گردید (کیخاژاله و همکاران، ۱٤۰۱). در این آزمایش درصد روغن و پروتئین تحت تاثیر محرک‌های رشد افزایش یافت هر چند معنی‌دار نبود. از آنجایی که کاربرد

مخمر سبب افزایش میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در شرایط تنش خشکی می‌گردد (کرامتی و همکاران، ۱٤۰۰)، و با توجه به همبستگی بین درصد این عناصر با درصد پروتئین و روغن، می‌توان افزایش درصد پروتئین و روغن دانه را متصور بود.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق اعمال تنش خشکی در گیاه گلرنگ از طریق قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی تا پایان فصل رویشی صفات اجزای عملکرد و عملکرد دانه را بشدت کاهش داد. منتهی کاربرد محرک‌های رشد علی‌الخصوص عصاره مخمر از طریق افزایش تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه را افزایش داد. تاثیر جلبک دریایی نیز بر افزایش برخی صفات از جمله تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد پروتئین مشاهده گردید، هرچند این افزایش معنی‌دار نبود. با توجه به پاسخ مثبت گیاه گلرنگ به کاربرد مخمر، به عنوان یک محرک رشد طبیعی بدون داشتن عواقب سوء زیست محیطی، کاربرد آن بویژه در شرایط تنش خشکی در زراعت گلرنگ توصیه می‌گردد.

منابع

۱) احمدپور، ر.، سلیمی، ا.، زیدی، ه. و ن، آرمند. ۱٤۰۰. استفاده از عصاره جلبک دریایی (*Ascophyllum nodosum*) در بهبود اثرات منفی ناشی از تنش کم آبی در گیاه نخود با تأکید بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک. پژوهش‌های حبوبات ایران، ۱۲(۲): ۱۹۹-۲۱۳.

۲) اسماعیل‌پور، ا.، فاطمی، ح. و م، مرادی. ۱۳۹۹. تأثیر عصاره جلبک دریایی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۱۱(۱): ۵۹-۶۹.

۳) اشرفی، ا. و ج، رزمجو. ۱۳۹۳. اثر هیدروپرایمینگ بذر و رژیم آبیاری بر عملکرد دانه، عملکرد زیستی، درصد روغن و پروتئین دانه ارقام مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L). زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۳: ٦۸-٦۱.

٤) رحمنی، ف.، سیف‌زاده، س.، جبّاری، ح.، ولدآبادی، ع. ر. و ا، حدیدی ماسوله. ۱۳۹۹. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر برخی صفات فیزیولوژیک و زراعی ارقام گلرنگ. فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۲(٤۷): ٤۳-۲۷.

۵) رهگشاهی، م.، پناهی کرد لاغری، خ. و م، م، رحیمی. ۱٤۰۱. ارزیابی تأثیر هیومیک اسید و جلبک دریایی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های زراعی *Cuminum cyminum* L. در شرایط تنش خشکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۸(۲): ۳۰۰-۲۸٦.

٦) زینلی، ا. ۱۳۷۸. گلرنگ، (شناخت، تولید و مصرف). انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱٤٤ صفحه.

۷) طاهری، ش.، غلامی، ا.، عباسدخت، ح. و ح، مکاریان. ۱۳۹۷. پاسخ عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام گلرنگ به تنش کم‌آبی و پرایمینگ بذر. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۰(۳۸): ۳۹-۵۸.

۸) ظفری، م.، عبادی، ع.، جهانبخش گده کهریز، س. و م، صدقی. ۱۳۹٦. ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام گلرنگ تحت تنش کم آبی و کاربرد براسینواستروئید. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ٤(٤٤): ۷۵۸-۷٤۳.

در آزمایشی مشابه افزایش صفات درصد و عملکرد اسانس در گیاه ریحان تحت تاثیر کاربرد عصاره جلبک دریایی مشاهده گردید (رهگشاهی و همکاران، ۱٤۰۱).

۹) کرامتی، س.، غلامی، ا.، برادران فیروزآبادی، م. و ح، عباس دخت. ۱۴۰۰. تاثیر عصار مخمر بر شاخص‌های فیزیویولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی. به زراعی کشاورزی، ۲۳ (۲): ۲۴۷-۲۶۱.

۱۰) کیخاژاله، م.، رمرودی، م.، گلوی، م.، قنبری، ا. و ح، فنایی. ۱۴۰۱. تأثیرتنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیک وعملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.) در پاسخ به کاربرد پتاسیم. به زراعی کشاورزی، ۲۴(۴): ۱۱۳۳-۱۱۴۵.

۱۱) محمدپور، ق.، فرزانه، س.، خماری، س.، سید شریفی، ر. و ب، اسماعیل‌پور. ۱۴۰۱. بررسی اثر کاربرد هیومیک اسید و عصاره جلبک دریایی بر رشد و عملکرد کینوا در شرایط تنش خشکی. به زراعی کشاورزی، ۲۴(۳): ۸۶۹-۸۸۵.

12) Ashraf, M. and M. R, Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.

13) Craigie, J. S. 2011. Seaweed extracts stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23: 371-393.

14) Farokhinia, M., Roshdi, M., Pasban Eslam, B. and R, Sasan Dost. 2011. Evaluation of some physiological characteristics and yield of spring safflower under water stress condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(3): 545-553.

15) Fathian, Sh. and P, Ehsanzadeh. 2012. Relationship of some physiological traits with yield of spring safflower under two irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(3): 649-659.

16) Joshan Y., Sani B., Jabbari H., Mozafari H. and P, Moaveni. 2019. Effect of drought stress on oil content and fatty acids composition of some safflower genotypes. *Plant, Soil and Environment*, 65(11): 563-567.

17) Kafi, M. and M, Rostami. 2008. Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 5(1): 121-131.

18) Khoshnam, A. and E, Mamnoie. 2021. Effect of water stress and plant density on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in south Kerman, Iran. *Environmental stresses in crop sciences*, 14(1): 39-46.

19) Liu, F., Andersen, M. N., Jacobsen, S. and Ch. R, Jensen. 2005. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max* L.) during progressive soil drying. *Environmental and Experimental Botany*, 54: 33-40.

20) Mobaser, H., Heidari Sharif Abad, M., Musavi Nik, Gh., Nour Mohamadi, A. and F, Darvish. 2005. Effect of potassium, zinc and copper on the performance and enrich the wheat seeds in conditions of water scarcity. *Journal of Agricultural Sciences*, 11:133-143.

21) Omidi Ardali, G. and M. J, Bahrani. 2011. The effects of drought, rates and times of nitrogen application on yield and yield components of sunflower at different growth stages. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Sciences*, 55: 199-207.

22) Sandra, I., Pitta-Alvarez, T. C., spollansky, A. and M, Giulietti. 2000. The influence of different biotic and abiotic elicitors on the production and profile of tropan alkaloids in hairy root cultures of *Brugmansia candida*, *Enzyme and Microbial Technology*, 26: 252-258.

23) Savitha, B. C., Thimmaraju, R., Bhagyalakshmi, N. and G. A, Ravishankar. 2006. Different biotic and abiotic elicitors influence betalain production in hairy root cultures of *Beta vulgaris* in shake-flask and bioreactor. *Process Biochemistry*, 41: 50-60.

24) Taha, S. R., Seleiman, M. F., Alhammad, B. A., Alkahtani, J., Alwahibi, M. S. and A. H. A, Mahdi. 2021. Activated yeast extract enhances growth, anatomical structure, and productivity of *lupinus termis* l. plants under actual salinity conditions. *Agronomy*, 11(74): 1-13.

25) Yadollahi Dehcheshmeh, P., Bagheri, A. A., Amiri, A. and S, Esmailzadeh. 2014. Effects of drought and foliar application on

yield and photosynthetic pigments sunflower. *Journal of Crop Physiology*, 6(21): 73-83.
26) Zhang, X. and E. H, Ervin. 2004. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Science*, 44: 1737-1745.