



## بررسی تأثیر کودهای زیستی بر برخی صفات فیزیولوژیک گلرنگ در شرایط تنش خشکی در منطقه اهر

کریم مشرفی<sup>۱</sup>، احمد افکاری<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد کلیبر، دانشگاه آزاد اسلامی، کلیبر، ایران.

\*نویسنده مسئول: Afkari@iau.ac.ir

### چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ تحت تنش خشکی در منطقه اهر، مطالعه‌ای به صورت آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ اجرا گردید. آزمایش شامل کرت‌های اصلی در سه سطح آبیاری ۷۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۴۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۲۱۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از تشت تبخیر کلاس آ و کرت‌های فرعی شامل تیمار کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی به عنوان شاهد، کاربرد از توبرور ۱، کاربرد فسفات بارور ۱، کاربرد توأم از توبرور ۱ + فسفات بارور ۱) اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اعمال تنش بر تمام صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و کود بر صفات کلروفیل آ، کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشتند. بر اساس نتایج مقایسات میانگین، آبیاری کمتر باعث کاهش معنی‌دار و نوع کود زیستی سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ گردید. به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف کودهای زیستی چه به صورت منفرد و یا مصرف توأم (از توبرور ۱ + فسفات بارور ۱) در مقایسه با تیمار عدم مصرف (شاهد)، توانست کلیه صفات فیزیولوژیکی را هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش شدید خشکی ارتقاء دهد.

**واژه‌های کلیدی:** تنش خشکی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کود بیولوژیک و گلرنگ.

### مقدمه

مقدار آب در خاک برای رشد مطلوب گیاه دارای حد اپتیمم است که به هر میزان از این حد کمتر و یا بیشتر شود رشد گیاه را کاهش می‌دهد از آنجا که کشور ایران دارای آب و هوای نیمه خشک بوده و کمبود آب یکی از مشکلات اساسی کشاورزی ایران است، بنابراین وقوع تنش خشکی در دوره رشد گیاه اجتناب ناپذیر می‌باشد و حتی در ارقام مختلف متفاوت است [۵]. بنابراین به منظور بهبود عملکرد ماش از طریق اصلاح واریته با عملکرد بالا و یا بهبود مدیریت زراعی، بررسی اثرات فیزیولوژیکی تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسد [۱۱]. استفاده از پتانسیل میکروارگانیسم‌های محرک رشد گیاه از جمله باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌های میکوریزا یکی از استراتژی‌های مهم برای نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست می‌باشد. قارچ‌های همزیست از موجودات ریز مهم به شمار می‌آیند که با ریشه بیش از ۹۰ درصد گیاهان همزیستی دارند [۱۰]. کودهای بیولوژیک با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه عناصر کم تحرک فسفر، روی و مس افزایش و موجب بهبود رشد آنها می‌شوند [۱۳]. بنابراین کودهای بیولوژیک ارتباط مستقیمی بین خاک و ریشه گیاه ایجاد می‌کنند و در میزان دسترسی عناصر خاک به گیاهان حائز



اهمیتند. از توباکتر در تثبیت بیولوژیک نیتروژن و باسیلوس و سودوموناس در تبدیل شکل‌های نامحلول فسفر به شکل‌های محلول و قابل دسترس گیاه اهمیت دارند [۷]. علاوه بر کمبود آب و تنش خشکی در کشور ایران، روند افزایش جمعیت در طی سال‌های اخیر و به تبع آن افزایش مصرف سرانه روغن خوراکی که یکی از محصولات غذایی عمده کشور است، موجب افزایش واردات روغن با مصرف هزینه‌های هنگفت شده، به طوری که تنها حدود ۱۲ درصد روغن مصرفی در داخل کشور تولید شده و بیش از ۳۳ درصد آن از خارج از کشور وارد می‌شود. لذا نیاز به یک گیاه دانه روغنی و متحمل به شرایط کمبود آب در کشور احساس می‌شود. گلرنگ با دارا بودن ۲۵ تا ۴۰ درصد روغن که بیش از ۹۰ درصد آن از نوع اسیدهای چرب غیر اشباع به خصوص اسید لینولئیک است و حدود ۱۲ تا ۲۲ درصد پروتئین، همواره به عنوان یک دانه روغنی با ارزش مورد توجه بوده است [۲]. با توجه به این‌که بخش وسیعی از زمین‌های زیر کشت دنیا در شرایط آب و هوایی نیمه خشک واقع شده‌اند و با توجه به شرایط اقلیمی ایران، مدیریت مواد غذایی مورد نیاز گیاه و مطالعه تأثیر بقایای کود به ویژه در شرایط تنش خشکی که مدیریت مصرف آب نیز مطرح می‌باشد و ارزیابی تأثیر این گونه مدیریت‌ها بر کمیت و کیفیت گیاه گلرنگ از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و تحقیقات مرتبط ضروری به نظر می‌رسد به عبارت دیگر می‌توان با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، شرایط را به گونه‌ای فراهم نمود که گیاه تحت آن شرایط، به پتانسیل بالقوه خود نزدیک‌تر شده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را تولید کند. ناصری و همکاران [۸] گزارش کردند که با توجه به مسئله گرمایش زمین و تغییرات اقلیمی اخیر، در آینده شاهد بروز گرما و خشکسالی در کشور خواهیم بود. از این رو حرکت به سمت کشت و کار گیاهان روغنی مقاوم به خشکی مثل گلرنگ می‌تواند گامی موثر در تأمین نیاز روغن کشور در آینده به شمار آید. با توجه به اینکه خشکی و کم‌آبی در ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی است و از این پدیده طبیعی و غیر قابل تغییر راه فراری نیست و از طرفی، رویکرد جوامع بین‌المللی به حفاظت از منابع طبیعی در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد، استفاده از کودهای بیولوژیک می‌تواند به عنوان ابزاری مفید و کارآمد در کشاورزی پایدار به شمار آید. بنابراین، پژوهش حاضر، به منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش خشکی در منطقه خداآفرین اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک گلرنگ تحت تنش کم‌آبی در منطقه اهر، مطالعه‌ای به صورت آزمایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ اجرا گردید. آزمایش شامل کرت‌های اصلی در سه سطح آبیاری ۷۰ میلی‌متر (آبیاری نرمال)، ۱۴۰ میلی‌متر (تنش ملایم) و ۲۱۰ میلی‌متر (تنش شدید) تبخیر از تشت تبخیر کلاس (آ) و کرت‌های فرعی شامل تیمار کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی به عنوان شاهد، کاربرد از توبرارور ۱، کاربرد فسفات بارور ۱، کاربرد توأم از توبرارور ۱ + فسفات بارور ۱) اجرا شد. کود نیتروژن از منبع اوره (حاوی ۴۶٪ نیتروژن) تأمین گردید. کودهای زیستی از شرکت زیست فناور سبز تهیه گردیدند و هر کدام از آنها حاوی ۱۰۷ تا ۱۰۸ گرم از جمعیت باکتری در یک گرم از محصول هستند و طبق دستور شرکت سازنده به روش تلقیح با بذر با توجه به دستورالعمل مندرج در بسته بندی شرکتی آنها استفاده شد. کود زیستی فسفات بارور ۱ حاوی می‌باشد (P13 و سودوموناس پوتیدا (سویه P25) دو نوع باکتری حلکننده فسفات از گونه‌های پانتوآ آگلومرانس (سویه که به ترتیب با کاربرد دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند.) توحیدی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۳). کود زیستی از توبرارور دارای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن است و توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال از قبیل اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتینیک، بیوتین، ویتامین‌های A، اکسین، جیبرلین و غیره را در محیط ریشه گیاه دارا هست که این مواد محرک رشد در توسعه سیستم ریشه-ای گیاه B نقش اساسی دارند و با بهبود جذب آب و عناصر غذایی، عملکرد گیاهان زراعی و خصوصیات خاک را تحت تأثیر قرار می‌



دهند. در مزرعه برای آماده سازی زمین عملیات شخم، دیسک‌زنی، فاروژزنی و کرت‌بندی به‌طور یکسان، قبل از انجام عملیات کاشت با نمونه برداری خاک از عمق ( ۳۰-۰ سانتی‌متر) انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری در زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها صورت گرفت. در تمام فصل رشد علف‌های هرز به صورت وجین دستی کنترل شد. کود سوپر فسفات و سولفات پتاسیم قبل از کاشت و نیتروژن یک سوم به صورت قبل از کاشت و بقیه در دو مرحله به صورت سرک اضافه شدند. کاشت در ۳۰ فرودین ماه در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۲ متر مربع با ۴ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر و در عمق ۱ سانتی متر انجام شد. فاصله بین کرت‌ها در هر بلوک ۱ متر و فاصله هر بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های کلروفیل با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده شد و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتیفریوژ اندازه‌گیری شدند. سپس جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. میزان کلروفیل آ، ب و کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ محاسبه شدند [۱۲].

رابطه ۱: Chlorophylla= 15.65A666 -7.340A653

رابطه ۲: Chlorophyllb= 27.05A653 -11.21A666

رابطه ۳: ChlorophyllT= Chlorophylla+ Chlorophyllb

مقدار جذب در طول موج ۶۴۶/۸ نانومتر =A646.8 مقدار جذب در طول موج ۶۳۲/۲ نانومتر =A663.2

وزن تازه برگ FW= مقدار جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر =A470

برای اندازه‌گیری مقدار آب نسبی برگ، از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری شده و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. وزن تازه برگ‌ها با ترازوی حساس توزین شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه قرار داده شدند. وزن نمونه‌های آماس شده با ترازوی حساس توزین و پس از آن نمونه‌ها در داخل آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها توزین شد. مقدار آب نسبی برگ هر نمونه با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد [۱].

رابطه ۴:  $RWC = (Fw - Dw) / (Sw - Dw) \times 100$

Fw: که در آن وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه بردار

Dw: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون

Sw: وزن اشباع برگ بعد از قرار گرفتن در آب مقطر

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری سس نسخه ۹/۳، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کود و تنش خشکی بر صفت محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. اما اثرات دو جانبه بر صفت مذکور اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). نتایج طبق نتایج حاصله با اعمال تنش کمبود آب محتوای نسبی آب برگ نیز کاهش یافت. بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۸۴/۲۱ درصد) مربوط به سطح ۷۰ میلی‌متر تبخیر و کمترین محتوای نسبی آب برگ (۶۷/۳۷ درصد) مربوط به سطح ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر بود (شکل ۱) مقایسه میانگین‌های صفت محتوای نسبی آب برگ نشان داد با مصرف کودهای بیولوژیک محتوای نسبی آب برگ افزایش یافت. در این میان بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۸۳/۲۳ درصد) از تیمار مصرف توأم از توبرور ۱ + فسفات

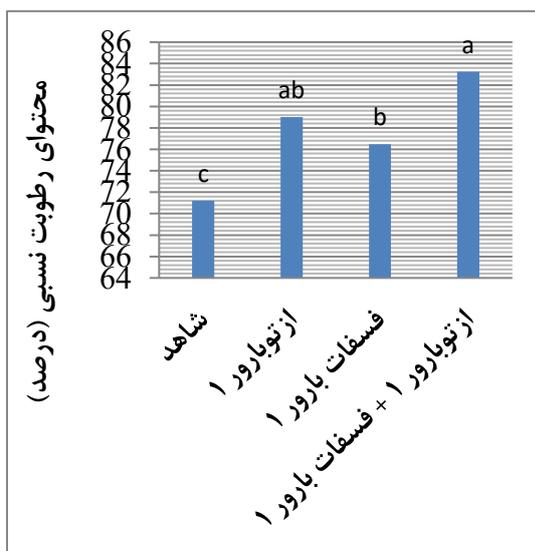


بارور ۱ و کم‌ترین محتوای نسبی آب برگ (۷۱/۱۹ درصد) از تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به‌دست آمد (شکل ۲). می‌توان گفت که افزایش محتوای نسبی آب برگ احتمالاً باعث می‌شود که میزان باز بودن روزنه‌ها و در نتیجه میزان فتوسنتز افزایش یافته و تولید ماده خشک را افزایش دهد.

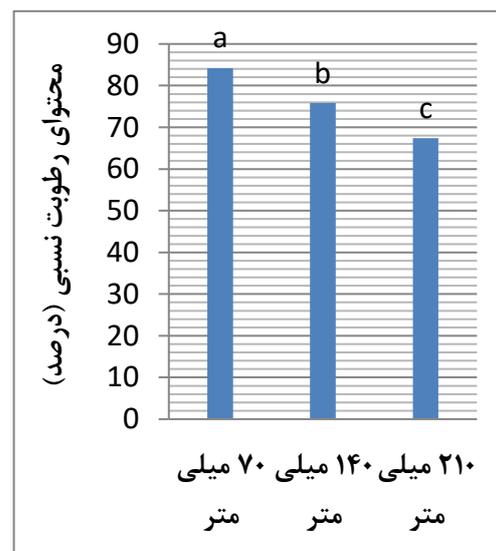
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گلرنگ در واکنش از کود زیستی و تنش کم‌آبی

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای رطوبت نسبی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بلوک	۳	۵۶/۴۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۰۵ <sup>ns</sup>
تنش	۲	۶۵۹/۳۱ <sup>**</sup>	۳۹۲/۳۲ <sup>**</sup>	۷۰۲/۲۱ <sup>**</sup>	۵۶۲/۳۷ <sup>**</sup>
اشنباه اصلی	۶	۲۵/۶۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۲۱۰	۰/۰۰۰۰۱
کود	۳	۱۹۳/۳۱ <sup>**</sup>	۵/۱۴ <sup>**</sup>	۴/۶۳۰/۱*	۳/۶۲ <sup>**</sup>
تنش × کود	۶	۹/۰۲ <sup>ns</sup>	۷/۷۸*	۵/۶۹ <sup>ns</sup>	۲۴/۷۷*
اشنباه فرعی	۲۷	۶/۰۱	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۰۸
ضریب تغییرات (%)		۸/۰۲	۹/۲۷	۱۰/۱۱	۹/۱۳

ns، \*، \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۱- اثر تنش خشکی بر محتوای نسبی آب

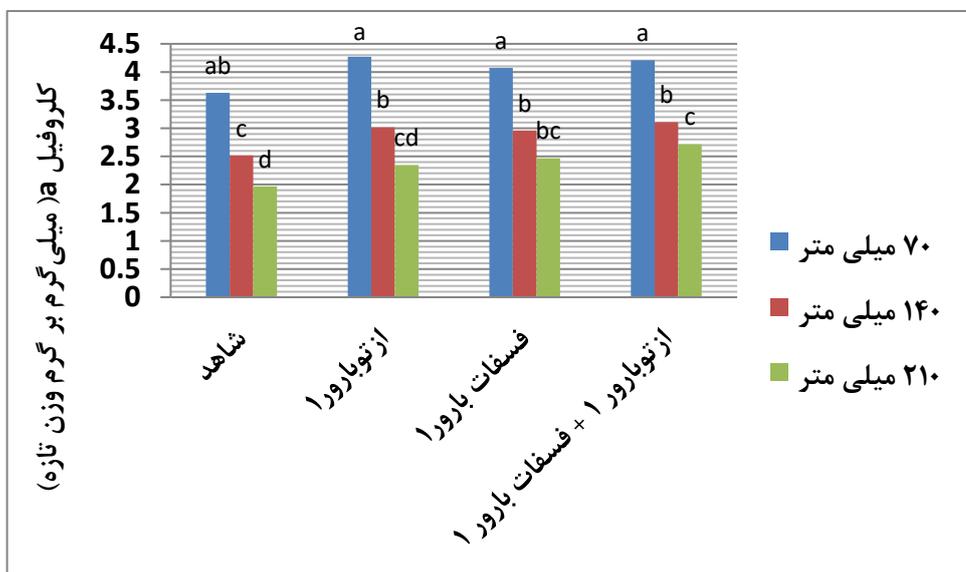


شکل ۲- اثر کودهای زیستی بر محتوای نسبی آب

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر نوع کود و تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل a در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. اما اثر متقابل تنش و کود بر صفت کلروفیل a در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. (جدول ۱-۳). مقایسه میانگین‌های

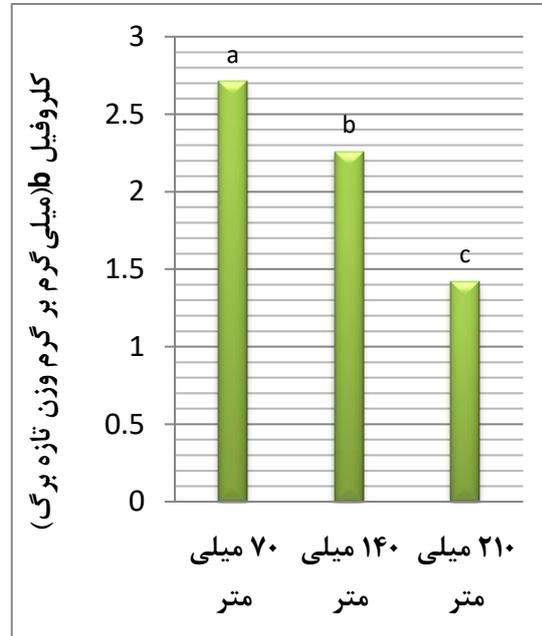
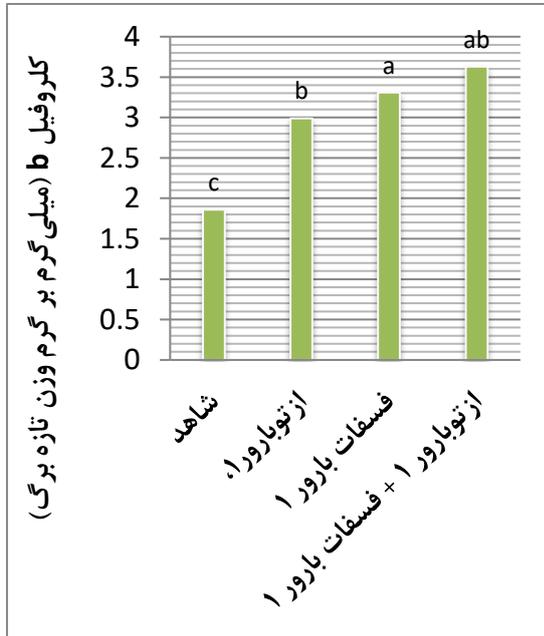


صفت کلروفیل a نشان داد که کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل a کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل a (۴/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای آبیاری نرمال (۷۰ میلی‌متر تبخیر) و مصرف توأم ازتوبارور و فسفات بارور ۱ و کم‌ترین مقدار کلروفیل a (۲/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای تحت تنش شدید (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) و شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده گردید (شکل ۳). تحقیق سیفی و افکاری [۶] در مورد ریحان نشان داد که نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۳/۰۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) به تیمار (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم باکتری‌های محرک رشد) اختصاص یافت و کم‌ترین میزان کلروفیل a (۱/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) به تیمار (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و عدم تلقیح باکتری‌ها) اختصاص یافت.



شکل ۳- اثر متقابل کودهای زیستی و تنش خشکی بر کلروفیل a

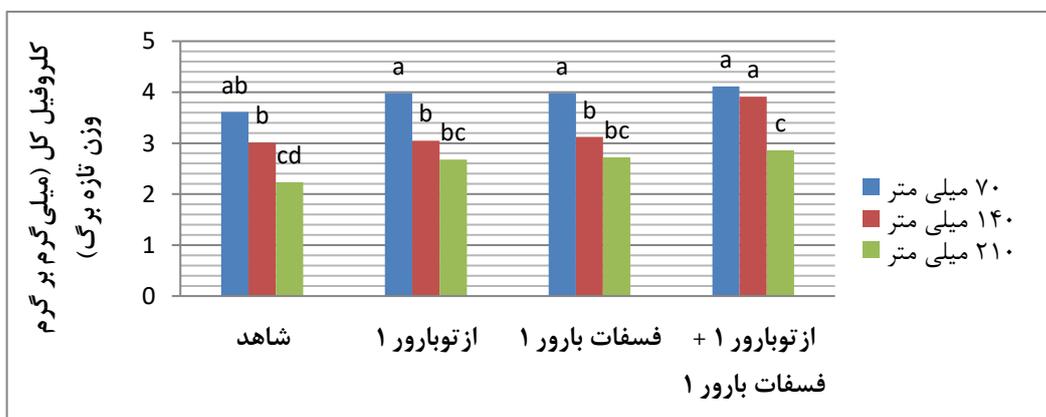
با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر نوع کود و تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل b به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار شد. اما اثر متقابل تنش و کود بر صفت کلروفیل b معنی‌دار نشد. (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل b نشان داد که کودهای بیولوژیک به‌طور معنی‌داری بر میزان کلروفیل b تأثیر داشتند و با افزایش سطح تنش، میزان کلروفیل b کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۲/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار آبیاری نرمال (۷۰ میلی‌متر تبخیر) و کم‌ترین مقدار کلروفیل b (۱/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار تحت تنش شدید (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر) مشاهده گردید (شکل ۴). مقایسه میانگین‌های صفت مقدار کلروفیل b نشان داد با مصرف کودهای بیولوژیک مقدار کلروفیل b افزایش یافت. در این میان بیش‌ترین مقدار کلروفیل b (۳/۷۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) از تیمار مصرف توأم ازتوبارور و فسفات بارور ۱ و کم‌ترین مقدار کلروفیل b (۱/۷۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) از تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به‌دست آمد (شکل ۵). افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان تلقیح شده با تلفیق کودهای زیستی می‌تواند ناشی از افزایش جذب نیتروژن و فسفر باشد، زیرا نیتروژن در ساختمان کلروفیل و اسیدهای آمینه نقش فعالی دارد. از سوی دیگر تبدیل آمونیاک در چرخه فعالیت گلوتامین سنتاز و گلوتامات سنتاز نیز می‌تواند میزان کلروفیل را به سرعت افزایش دهد [۴].



شکل ۵- اثر کودهای زیستی بر میزان کلروفیل b

شکل ۴- اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل b

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر کود زیستی و تنش خشکی بر صفت میزان کلروفیل کل برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد. مقایسه میانگین‌های صفت کلروفیل کل نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل برگ (۴/۳۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۱) و کم‌ترین میزان کلروفیل برگ (۲/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمارهای (۲۱۰ میلی‌متر تبخیر و شاهد (عدم مصرف کود) مشاهده گردید (شکل ۶). رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش مهمی را از نظر جذب نور و تولید توان احیایی (انرژی) در گیاهان ایفا می‌کنند و شامل طیف وسیعی از رنگدانه‌های مختلف می‌باشند که به‌طور مستقیم غیر مستقیم در فتوسنتز نقش داشته از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به کلروفیل اشاره کرد [۹]. برگ نیز به عنوان واحد فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه ای دارد، ژنوتیپ‌های با تعداد برگ بیشتر در شرایط تنش توان فتوسنتزی بالایی دارند، اما این موضوع با تعرق بیشتر گیاه در این شرایط در تقابل است [۱].



شکل ۶- اثر متقابل کودهای زیستی و تنش خشکی بر میزان کلروفیل کل



### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان بیان کرد که با اعمال تنش خشکی صفات فیزیولوژیکی مانند محتوای نسبی آب برگ و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کاهش یافت. اما استفاده از کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری صفات مذکور را افزایش داد. از طرفی کودهای زیستی با کاهش اثرات منفی تنش خشکی و با افزایش ویژگی‌هایی مانند افزایش قدرت نگهداری آب در خاک و ریشه و هم‌چنین حفظ عناصر مورد نیاز گیاه، که در نهایت منجر به حفظ کلروفیل گیاه و تداوم فتوسنتز می‌شود، می‌تواند در شرایط تنش، رشد معمول گیاه را منجر شود. بنابراین می‌توان از تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف توأم (ازتوبارور ۱+ فسفات بارور ۱) در مناطقی که با کمبود آب برای کشاورزی روبرو هستند و کشت و کار گیاهان در شرایط تنش باید انجام گیرد، استفاده نمود.

### منابع

- اسماعیلی‌منزه، ع.، امیدی و بستانی، ع. (۱۳۹۱). تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد، پرولین، رنگدانه‌های فتوسنتزی، آب نسبی برگ چند ژنوتیپ گلرنگ. مجله پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۱، شماره ۲، ص ۱۹۶-۱۸۸.
- افکاری، ا. (۱۳۹۲). زراعت نباتات صنعتی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اردبیل. انتشارات یاوران. ۳۰۴ صفحه.
- افکاری، ا. (۱۳۹۶). تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژنه بر میزان و عملکرد اسانس و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum L.*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۳۳، شماره ۶، صفحه ۱۰۴۷-۱۰۵۹.
- بویری‌ده‌شیخ، پ.، محمودی‌سورستانی، م.، ذوالفقاری، م. و عنایتی‌ضمیر، ن. (۱۳۹۶). مطالعه تأثیر کودهای زیستی، شیمیایی و اسید هیومیک بر شاخص‌های رویشی، فیزیولوژیکی و میزان اسانس گیاه نعناع گربه‌ای (*Nepeta cataria L.*). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. جلد ۲۴، شماره ۲، صفحه ۷۶-۶۱.
- خدابنده، ل. و جلیلیان، ع. (۱۳۷۶). بررسی اثر تنش خشکی در مراحل رشد زایشی بر جوانه زنی و قدرت بذر سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۸(۱): ۷-۱۱.
- سیفی، ح. و افکاری، ا. (۱۳۹۸). اثر محلول پاشی سالیسیلیک‌اسید و کودهای زیستی در تعدیل اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاه ریحان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کلیبر. ۹۵ صفحه.
- کاظم الوندی، ر.، ا. شریفان و م. آقازاده مشگی. (۱۳۸۹). بررسی تأثیر شیمیایی و اثر ضد میکروبی اسانس گیاه نعناع فلفلی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۴): ۳۶۴-۳۵۵.
- ناصری، ر.، سیادت، س. ع.، نظریگی، ا.، میرزایی، ا. و سلیمانی فرد، ع. (۱۳۸۹). اثر باکتریهای ازتوباکتر و آزیسپیریلیوم در کاهش مصرف کود نیتروژن در گلرنگ. همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشاء روغنی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۷-۱.
- نصیری، آ.، سامدلیری، م.، شیرانی‌راد، ا.م.، موسوی، ا.م. و جباری، ح. (۱۳۹۶). ارزیابی صفات زراعی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی در شرایط کاربرد هیومیک‌اسید و تراکم‌های مختلف بوته در برخی ارقام زمستانه کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. سال نهم، شماره سی و پنجم، پاییز. ص ۷۲ - ۵۵.



11. De Casta, W.A.T.M., Shanmugathsan, K.N. and Joseph, K.D.S. (1999). *Physiology of yield determination of mungbean under various irrigation regimes in the dry and intermediate zones of srilanka*. Field crop, 61: 1-12.
12. Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. (1998). *Spectrophotometric determination of chlorophyll- a, b and total carotenoids contents of some algae species using different solvents*. Botany, 22: 13-17.
13. Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Academic Press.



## The effect of biological fertilizers on some morpho-physiological traits and yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress in Ahar region

Moshrefi, K<sup>1</sup>, Afkari, A<sup>2\*</sup>

1. Master's student in Agronomy, Kalibar branch, Islamic Azad University, Kalibar, Iran
2. Department of Agronomy, Kaleibar Branch, Islamic Azad University, Kaleibar, Iran

\*Corresponding Author: [Afkari@iau.ac.ir](mailto:Afkari@iau.ac.ir)

### Abstract

In order to evaluate the effect of biofertilizers on some physiological characteristics of safflower under water deficit stress in the Ahar region, a study was conducted in the form of a split-plot experiment in a randomized complete block design with four replications in the 2024-2025 crop year. The experiment included main plots at three irrigation levels of 70 mm (normal irrigation), 140 mm (mild stress), and 210 mm (severe stress) evaporation from the evaporation pan (Class A) and subplots included biofertilizer treatments at four levels (no biofertilizer application as a control, application of Aztofertilizer 1, application of Fertilizer Phosphate 1, and combined application of Aztofertilizer 1 + Fertilizer Phosphate 1). The results of the analysis of variance of the studied traits showed that the application of stress on all evaluated traits was significant at the 1% probability level. The results of analysis of variance showed that the interaction of drought stress and fertilizer had no significant effect on chlorophyll a and total chlorophyll at the 1% probability level and on other traits. Based on the results of mean comparisons, less irrigation caused a significant decrease and the type of biofertilizer caused a significant increase in chlorophyll and relative leaf water content. In general, the results of this experiment showed that the use of biofertilizers, whether individually or in combination (nitrogen fertilizer 1 + phosphate fertilizer 1), compared to the non-use treatment (control), was able to improve all physiological traits both in non-stressed and severe drought stress conditions.

**Key word:** Biological fertilizer, Drought stress, Photosynthetic pigments and Safflower.