مقاله پژوهشی

ارزیابی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیک گیاه گلرنگ تحت شرایط خشکی و محلول-پاشی کودهای آلی

سمانه سرگزی، علیرضا سیروس‌مهر*، احمد قنبری و محسن موسوی نیک

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۲/۰۱، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۸/۲۴)

چکیده

یافتن راه‌کارهای افزایش تحمل گیاهان در شرایط تنش خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. به منظور مطالعه اثرسطوح تنش خشکی و برخی کودهای آلی بر صفات کمی و کیفی گلرنگ (رقم گلدشت) آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. عامل اصلی سطوح قطع آبیاری بر اساس مراحل رشد گیاه: شاهد (آبیاری کامل)، آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی و آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و عامل فرعی پنج سطح تیمار کودی: شاهد (عدم کاربرد)، کود آمینومیکروپاور، اسید هیومیک، هیومیکا و مکمل ارگانیک با مقادیر دو در هزار است. بیش‌ترین ارتفاع بوته (۶۹/۷۶ سانتی‌متر)، تعداد برگ در بوته (۷۸/۴۳)، تعداد شاخه فرعی (۶/۲)، وزن گلبرگ (۱۸/۴۷)، درصد روغن (۳۴/۲)، کلروفیل a، b و کارتنوئید (به‌ترتیب ۱۱/۵۱، ۳/۳۷، ۲/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار محلول‌پاشی با اسید هیومیک و آبیاری کامل حاصل شد. تنش شدید و عدم کاربرد کود آلی باعث کاهش صفات ارتفاع بوته (۲۷/۷ ٪)، تعداد برگ (۱۹/۵ ٪)، تعداد شاخه فرعی (۳۵/۵ ٪)، وزن گلبرگ (۵۰ ٪)، درصد روغن (۴۸ ٪) و کلروفیل a، b، کاروتنوئید (به‌ترتیب ۳۳ ٪، ۳۸ ٪ و ۲۷ ٪) نسبت به شرایط آبیاری کامل و محلول‌پاشی اسید هیومیک شد. فعالیت آنزیم کاتالاز (۹۷ ٪)، پراکسیداز (۹۹ ٪) و میزان پروتئین دانه (۶۲ ٪) در اثر اعمال تنش و محلول‌پاشی اسید هیومیک افزایش داشت. در مجموع به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با اسید هیومیک در مقایسه با سایر کودهای آلی مورد استفاده در این پژوهش می‌توان در شرایط تنش خشکی به نتایج مطلوب‌تری دست یافت.

کلمات کلیدی: اسید هیومیک، تنش کم آبی، رنگیزه‌های فتوسنتزی، درصد روغن

مقدمه

تنش خشکی از مهم‌ترین تهدیدها برای کاهش تولید محصولات کشاورزی در سرتاسر دنیا به‌شمار می‌رود که اهمیت این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک دو چندان است (Shahrokhnia and Sepaskhah, 2017; Snyder, 2017). علاوه بر کشاورزی به‌عنوان مصرف‌کننده عمده آب با حدود ۷۰ ٪، تغییرات اقلیمی، گسترش شهرها و شهرنشینی، رشد سریع جمعیت، فرآیند صنعتی‌شدن، آلودگی و غیره باعث فشار وارده قابل توجهی به ذخایر آب شده است (Teotonio *et al.*, 2020). اثرات اولیه خشکی شامل کاهش محتوای آب در سطوح سلولی، بافتی و اندام گیاه است (Farooq *et al.*, 2009). از طرف دیگر تنش خشکی باعث واکنش‌های فیزیولوژیکی و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: asirousmehr@uoz.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

بیوشیمیایی از جمله مهار تقسیم سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و القای گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) می‌شود (Shinozaki and Yamaguchi-Shinozaki, 2007).

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین ذخایر بزرگ غذایی در جهان هستند (Bernard, 2011). از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط کشور، گلرنگ با نام علمی (*Carthumus tinctorius* L.) گیاهی است یکساله از تیره کاسنی و مدت زیادی از کشت آن در جهان می‌گذرد، این گیاه به‌عنوان یک گیاه مقاوم به شوری و خشکی شناخته شده است (Bassil and Kaffka, 2002). در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ مقدار سطح زیر کشت این گیاه در مجموع کشت آبی و دیم ۵ هزار هکتار و میزان تولید آن در کشور ۷/۱۷۵ تُن در مجموع کشت آبی و دیم و در استان سیستان و بلوچستان سطح زیر کشت آبی ۳۵۰ هکتار و تولید آن ۵۹۰ تُن بوده است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰).

مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش یکی از مسائل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می‌شود (Mohammadkhani and Heidari, 2007). مواد آلی در تغذیه عناصر ریزمغذی توسط گیاهان اهمیت زیادی دارند. این ترکیبات شامل مواد بیوشیمیایی موجود در بدن موجودات زنده و همچنین مواد قهوه‌ای و سیاه رنگی هستند که اسید هیومیک و اسید فولیک نامیده می‌شوند. این اسیدها ترکیبات پیچیده‌ای را با اغلب کاتیون‌های خاک و همچنین بعضی از آنیون‌ها می‌سازد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). از آنجایی که تنش خشکی اثرات منفی بر گیاهان دارد، با کاربرد کودهای آلی حاوی اسیدهای آمینه که خواص ضد تنش دارند تا حدود زیادی می‌توان خسارت ناشی از خشکی را کاهش داد و کیفیت و کمیت محصول را بهبود بخشید (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۶).

گیاهان می‌توانند به تنش اسمزی در سطوح مورفولوژیکی، آناتومیکی و سلولی با تغییراتی پاسخ دهند که به گیاه اجازه می‌دهد از تنش اجتناب کند یا تحمل خود را افزایش دهد (Bray, 1997). مکانیسم رایج برای سم‌زدایی گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) سنتزشده در طول تنش، القای آنزیم‌های مهارکننده مانند سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POD)، آسکوربات پراکسیداز (APX)، کاتالاز (CAT) و سایر ترکیبات مانند کاروتنوئیدها، اسید آسکوربیک، تیول‌ها، پروتئین محلول و گلوتاتیون است (Sinha *et al*., 2005). تنش خشکی باعث کاهش میزان روغن و عملکرد دانه در گیاه گلرنگ می‌شود اما ترکیبات متابولیت‌های ثانویه را در این گیاه بهبود می‌بخشد (Yeloojeh *et al*., 2020). در آزمایش تأثیر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط مختلف آبیاری، پژوهشگران گزارش کردند کاربرد اسید هیومیک در گیاه اجزای عملکرد و وزن خشک کل و برگ را به‌طور قابل توجهی افزایش داد (ابهری و قلی‌نژاد، ۱۳۹۸). در پژوهشی که بر روی تأثیر اسید هیومیک بر کارایی فتوسنتزی گیاه کلزا انجام شد، نتایج نشان داد که اسید هیومیک از طریق افزایش میزان تبادلات گاز در گیاهان باعث بهبود فتوسنتز تحت تنش خشکی می‌شود (Lotfi *et al*., 2018). آزمایشی برای ارزیابی اثرات روی و اسید هیومیک بر عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی انجام شد نتایج بیانگر آن بود که استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش وزن دانه و تعداد دانه تحت تنش خشکی شد (Hatami, 2017). در آزمایشی که به‌منظور تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد آلی بر گیاه کلزا انجام شد، پژوهشگران گزارش کردند تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع، قطر ساقه، اجزای عملکرد و عملکرد شد، از طرفی محلول‌پاشی سبب افزایش صفات فوق در شرایط تنش شد و از این طریق اثرات مضر تنش در گیاه را بهبود بخشید (معتکفی و همکاران، ۱۳۹۸). تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، اجزای عملکرد و عملکرد در گیاه روغنی ذرت شد و استفاده از اسید هیومیک در مراحل مختلف باعث کاهش اثرات زیانبار تنش خشکی شد و مقاومت در برابر تنش را افزایش داد (Moghadam *et al*., 2014). پژوهش‌گران در آزمایشی به‌منظور تأثیر میکوریزا و اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیک و عملکرد پنبه تحت تنش خشکی، اثرات مفید کاربرد اسید هیومیک بر افزایش ارتفاع و سایر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه را تأیید نمودند (موسوی، ۱۳۹۹). پوریوسف میاندوآب و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

شهروان (۱۳۹۳) با کاربرد اسیدهای آمینه (هیومی فورته، آمینول فورته، کود زیستی Power k) در گیاه ذرت گزارش کردند کاربرد اسیدهای آمینه باعث افزایش شاخص‌های رشدی در گیاه شد و بیشترین طول بلال از تیمار محلول‌پاشی هیومی فورته حاصل شد. آمینو میکروپاور به‌منظور پوشش محدوده گسترده‌ای از عناصر با حفظ کیفیت و بازدهی، هم‌چنین جهت کلات آمینو اسید با ریزمغذی‌های ضروری تولید شده است (کاتالوگ شرکت پاور آرمان پریس خاورمیانه). صبری (۱۳۹۴)، گزارش کردند محلول‌پاشی مخلوط اسید آمینه و پتاسیم تا حد زیادی اثرات ناشی از تنش خشکی در گیاه آفتابگردان را کاهش داد و باعث افزایش شاخص‌های رشدی در این گیاه شد. رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند کاربرد هیومیکا و کودهای زیستی در کنار اثر افزایش قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، وزن خشک بوته و عملکرد بیولوژیک موجب افزایش تعداد سرشاخه گلدار در گیاه بادرشبی گردید. اثرات مثبت کاربرد کودهای هیومیکا و کودهای زیستی بر گیاه بادرشبی گزارش شده است (نصیری و حسی، ۱۳۹۶).

با توجه به اهمیت زیاد گیاه گلرنگ به دلیل مقاومت بالای این گیاه به شرایط نامساعد محیطی از جمله تنش خشکی و هم‌چنین اهمیت کاربرد کودهای آلی و نیز انجام تحقیقات اندک در این زمینه، نتایج این پژوهش با عنایت به قابلیت این گیاه روغنی از نظر گسترش سطح زیر کشت آن و تولید روغن، حائز اهمیت خواهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل واقع در شهرستان زهک با موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵، به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. این منطقه دارای زمستان سرد و خشک و تابستان گرم و خشک است. میزان متوسط بارندگی منطقه ۵۸/۹ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد و میزان تبخیر سالانه آن ۴۸۶۵ میلی‌متر است (کیانی و فیروزی جهان‌تیغ، ۱۳۹۰). جدول ۱ مشخصات آب و هوایی منطقه در ماه‌های کشت را نشان می‌دهد.

تیمارهای آزمایش شامل سطوح قطع آبیاری به‌عنوان عامل اصلی بر اساس مراحل رشدی گیاه (Tanaka *et al*., 2002) شامل R_1= شاهد (عدم تنش یا آبیاری کامل)، R_2= آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی و R_3= آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و عامل فرعی محلول‌پاشی کودی در پنج سطح شاهد (آب خالص)، اسید هیومیک (دو در هزار)، هیومیکا (دو در هزار)، آمینو میکروپاور (دو در هزار) و مکمل ارگانیک (دو در هزار) بود. کوددهی به صورت محلول‌پاشی (طبق دستورالعمل شرکت سازنده) A: آمینومیکروپاور به میزان دو در هزار در سه مرحله. الف) به صورت محلول‌پاشی برگی ۱۵ روز بعد از کاشت، ب) ۳۰ روز بعد از کاشت و ج) وقت گل‌دهی به صورت محلول‌پاشی برگی، B: کود مایع هیومیکا به میزان دو در هزار به صورت محلول‌پاشی برگی دو نوبت ساقه روی و تشکیل طبق ساقه اصلی. C: اسید هیومیک به میزان دو در هزار به صورت محلول‌پاشی برگی در دو مرحله الف) زمان چهار تا شش برگی و تکرار یک ماه بعد. E: مکمل ارگانیک ® به میزان یک به ۱۰ در دو مرحله ساقه روی و تشکیل طبق ساقه اصلی به صورت محلول‌پاشی برگی انجام شد. عناصر تشکیل‌دهنده آمینومیکروپاور (از شرکت پاور آرمان پریس خاورمیانه) (آمینواسید ۲۰٪، مواد مغذی ثانویه ۱٪، منیزیم ۱٪، عناصر ریزمغذی روی+ آهن+ منگنز+ بر+ مس ۶٪)، هیومیکا (از شرکت بهاران) (حاوی ۱۰٪ اسید هیومیک، ۴٪ اسید فولیک، ۲۰٪ مواد آلی، ۲/۵٪ نیتروژن، ۱۰٪پتاسیم، ۰/۲٪ روی، ۰/۲٪ آهن، ۰/۱٪ مس و ۰/۱٪ منگنز)، اسید هیومیک (از شرکت بهاران) (شامل ۱۶٪ اسید هیومیک، ۶٪ فولیک اسید و ۲٪ پتاسیم) و مکمل ارگانیک (از شرکت سروش سپهر هامون) (شامل ۱/۶٪ نیتروژن، ۰/۱۷٪ فسفر، ۱٪ پتاسیم و ۱۴/۸٪ کربن آلی) بود. محلول‌پاشی در غروب و هوای کاملاً آرام انجام شد تا از هدر رفت محلول و سرایت آن به کرت‌های مجاور

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

جدول ۱- مشخصات آب و هوایی منطقه در ماه‌های کشت در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵

سال	ماه‌های کشت	میانگین دما (سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (٪)	بیشترین سرعت باد (متر/ثانیه)
۱۳۹۵	آذر	۱۱/۲	۴۱	۱۶
	دی	۱۰/۴	۴۱	۱۵
	بهمن	۱۲/۱	۵۳	۲۸
	اسفند	۱۵/۵	۳۷	۲۴
۱۳۹۶	فروردین	۲۳/۷	۴۰	۲۳
	اردیبهشت	۲۷/۹	۲۵	۲۴

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

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	pH	ماده آلی	N	شن	رس	لای	K	P	Zn	Mn	Fe	بافت خاک
		درصد					میلی‌گرم بر کیلوگرم					
۲/۵	۸/۲	۰/۵۹	۰/۰۶	۴۱/۸۶	۳۱/۱	۲۷/۰۴	۱۹۴	۱۸	۲/۸	۳/۲	۳/۸	شنی رسی

جلوگیری شود.

عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاو آهن، تسطیح اولیه توسط دیسک، کرت‌بندی و ایجاد فواصل بود. طول و عرض هر کرت ۳×۲/۲۰ متر، فاصله بین هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گفته شد. فاصله بین کرت‌ها و تکرارها ۱/۵ متر بود. کاشت در اوایل آذر ماه به صورت دستی انجام شد. رقم گلرنگ مورد کاشت از نوع گلدشت (زودرس، متحمل به سرما، پاکوتاه، گل قرمز و بی‌خار) که از مرکز تحقیقات کشاورزی زابل تهیه شد. وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد و آفت مهمی در طول دوره رشد گیاه مشاهده نشد. برداشت با رعایت اثرات حاشیه در هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی محصول صورت گرفت و نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی از پنج بوته در هر کرت انجام شد. جهت عصاره‌گیری نمونه‌ها برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان پروتئین، ابتدا ۰/۱ گرم نمونه برگ در نیتروژن مایع کاملاً ساییده شد. سپس دو میلی‌لیتر بافر استخراج (حاوی ۰/۶۰۷ گرم تریس با اسیدیته ۷، ۰/۰۵ گرم پلی‌وینیل پیرولیدین و ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک شش نرمال در ۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر) به آن اضافه شد و در داخل هاون چینی کاملاً هموژنیزه شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۱۳۰۰۰ قرار گرفت و پس از آن فاز بالایی جهت خواندن صفات مورد استفاده قرار گرفت. تعیین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش (Beers and Sizer, 1952)، آنزیم پراکسیداز از روش (Moaveni and Kheiri, 2011)، اندازه‌گیری ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش مدرج و از ناحیه طوقه تا انتهایی‌ترین بخش ساقه، وزن دانه‌ها و وزن گلبرگ توسط ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، اندازه‌گیری درصد روغن به روش سوکسله (Soxhlet, 1879)، اندازه‌گیری میزان کلروفیل به روش آرنون (Arnon, 1949) و اندازه‌گیری مقدار پروتئین به روش برادفورد (Bradford, 1976) انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC (نسخه ۲/۱) و برای انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی کودهای آلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد شاخه فرعی	وزن گلبرگ	درصد روغن	میزان پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۲۹^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۷۸**	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۱۳*	۳/۰۲^{ns}
آبیاری	۲	۵۷۹/۲۶**	۴۶۲/۱۰**	۷/۶۷**	۳۰/۷۹**	۲۸/۷۷**	۱۳۸۵/۰۴**
خطای a	۴	۰/۴۳	۰/۶۶	۰/۰۰۱	۰/۴	۰/۹۳	۵/۷۵
کود	۴	۴۴/۷۷**	۴۶/۵۴**	۰/۶۲**	۳۶/۷۸**	۲۰۰/۲۴**	۱۰۷/۸۰**
کود × آبیاری	۸	۲/۷۴**	۱/۴۹**	۰/۰۰۳۲**	۳/۰۸**	۲/۹۴**	۱۴/۱۷*
خطای b	۲۴	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۰۰۷۵	۰/۲۷	۰/۴۶	۴/۳۷
ضریب تغییرات (٪)		۱/۱۳	۰/۹۲	۱/۶۵	۴/۱۱	۲/۴۹	۷/۵۰

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

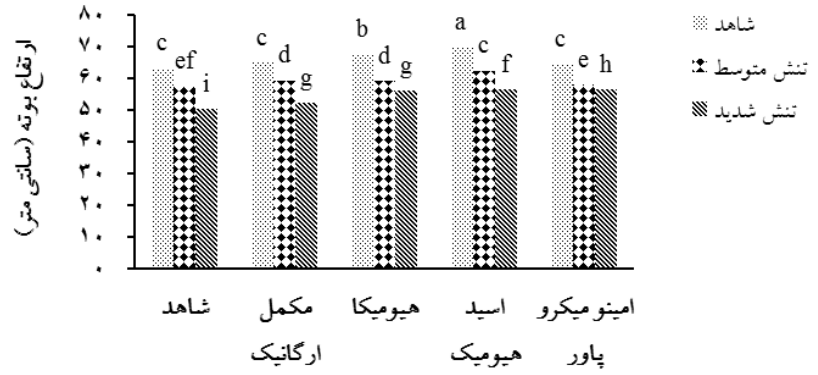
ادامه جدول ۳-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید	کاتالاز	پراکسیداز
تکرار	۲	۵/۳۷^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
آبیاری	۲	۶۳/۹۸**	۸/۸۷**	۳/۶۷**	۰/۱۹۴**	۰/۵۷**
خطای a	۴	۱/۰۱	۰/۱۳	۰/۱	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۴
کود	۴	۵/۸۴**	۰/۶۷**	۰/۴۲*	۰/۰۱۳**	۰/۰۴۴**
کود × آبیاری	۸	۰/۱۶^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۰۴**	۰/۰۱۱**
خطای b	۲۴	۱/۵۵	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۴۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۱/۷۴	۱۱/۴۱	۱۲/۰۶	۱۴/۳۳	۱۱/۶۳

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

داده‌ها نشان داد که در شرایط عدم تنش (شاهد) با محلول‌پاشی اسید هیومیک بیشترین میزان ارتفاع بوته با میانگین ۶۹/۷۶ سانتی‌متر و کمترین میزان ارتفاع بوته در شرایط تنش شدید و عدم کاربرد کود آلی (شاهد) با میانگین ۵۰/۴ سانتی‌متر بدست آمد (شکل ۱). ارتفاع بوته به‌میزان ۲۷/۷ ٪ در طی تنش کاهش یافت. رشد طولی گلرنگ در مرحله تکمه‌دهی و انتهای شاخه‌دهی تکمیلی ادامه داشته و همراه با آغاز گلدهی گیاه به حداکثر اندازه خود می‌رسد (خواجه‌پور، ۱۳۸۴). پژوهشگران کاهش ارتفاع گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی را به اختلال در فرآیند فتوسنتز و کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به بخش‌های در حال رشد و همچنین عدم دستیابی به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داده‌اند (Lotfi *et al.*, 2018). در آزمایشات متعددی نتایج مشابهی از کاهش ارتفاع گلرنگ (Poodineh *et al.*, 2021)، کلزا (معتکفی و همکاران، ۱۳۹۸) و ذرت (میرزاخانی، ۱۳۹۳) در شرایط تنش خشکی گزارش شده که هم‌راستا با نتایج حاضر از این پژوهش است. استفاده از تیمارهای کودی و محرک‌های رشد در زمان وقوع تنش خشکی می‌تواند باعث بهبود شرایط رشدی در گیاه شود. اسید هیومیک با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و ترکیبات غذایی کلات‌کننده، توانایی جذب مواد مغذی گیاهان را افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

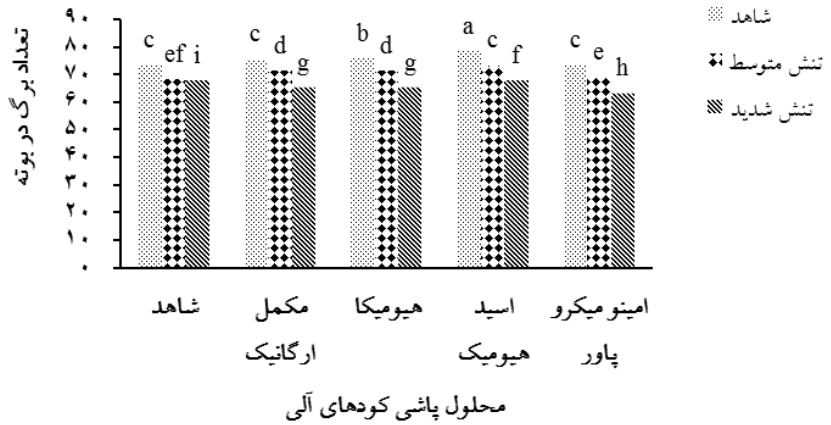


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر ارتفاع بوته. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

می‌دهد که این روند می‌تواند منجر به افزایش رشد و ارتفاع گیاه شود (Nardi *et al.*, 2002). همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش رشد گیاه می‌شود (Delfine *et al.*, 2005). پژوهشگران در آزمایشی به‌منظور محلول‌پاشی اسید هیومیک بر عملکرد و صفات گلرنگ در شرایط تنش خشکی گزارش کردند، ارتفاع بوته گلرنگ در شرایط تنش خشکی کاهش معنی‌دار یافت و بیشترین میزان کاربرد محلول اسید هیومیک باعث افزایش ارتفاع گیاه در شرایط تنش نسبت به تیمار شاهد شد (Karimi and Tadayyon, 2018). در آزمایشی به‌منظور تأثیر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی بر پایه اسیدهای آمینه و متانول در گیاه آویشن پژوهشگران بیان کردند بیشترین ارتفاع بوته از تیمار محلول‌پاشی اسیدآمینه کادوستیم و ۲۰ ٪ حجمی متانول و بیشترین قطر ساقه از تیمار اسیدآمینه هیومی فورته و ۲۰ درصد حجمی متانول حاصل شد (نقدی بادی و همکاران، ۱۳۹۴).

تعداد برگ در بوته: تعداد برگ در بوته تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی کودهای آلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین تعداد برگ در بوته در شرایط عدم تنش با کاربرد کود آلی اسید هیومیک با میانگین ۷۸/۴۳ و کمترین تعداد آن در شرایط تنش شدید با محلول‌پاشی آمینومیکروپاور با میانگین ۶۳/۱۳ به‌دست آمد (شکل ۲). به نظر می‌رسد که زمان مراحل کاربرد و ترکیبات محلول‌پاشی در بروز این نتایج مؤثر هستند. مقایسه میانگین نشان داد در هر سطح تنش تعداد برگ در بوته کاهش یافت که مقدار کاهش آن در شرایط عدم تنش نسبت به تنش شدید به میزان ۱۹/۵ ٪ بوده است. تعداد برگ بوته یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید مواد فتوسنتزی در گیاهان است (فراست و همکاران، ۱۳۸۷). در آزمایش حاضر افزایش سطوح تنش خشکی باعث کاهش تعداد برگ در بوته گیاه شد، محققان دلیل کاهش تعداد برگ را پیری زود هنگام گیاه که در نهایت منجر به ریزش برگ‌ها و کاهش تعداد آن در بوته گیاه می‌شود، دانسته‌اند (راستی و همکاران، ۱۳۹۳). در آزمایشی با تیمارهای محلول‌پاشی (صفر، ۱، ۳ و ۶ لیتر در هکتار) اسید هیومیک در شرایط تنش خشکی پژوهشگران گزارش کردند کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش تعداد برگ در شرایط تنش شد و بیشترین تعداد برگ در تیمار ۶ لیتر در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد (Karimi and Tadayyon, 2018). پژوهشگران دلیل افزایش تعداد برگ گیاه را در شرایط کاربرد اسید هیومیک به افزایش جذب بیشتر مواد غذایی، رشد بهتر گیاه و در نهایت افزایش تعداد برگ در گیاه دانسته‌اند (شاهسون مارکده و چمنی، ۱۳۹۳). اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد برگ شد و کاربرد اسید هیومیک (کود آلی) به‌طور معنی‌داری تعداد برگ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر تعداد برگ در بوته. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

را افزایش داد (برزگر و همکاران، ۱۳۹۷). تعداد برگ با کاربرد کودهای آلی تحت تنش کم‌آبی در گلرنگ افزایش یافت (راستی و همکاران، ۱۳۹۳). اسدی و همکاران (۱۳۹۷)، در آزمایش بر گیاه نعناع فلفلی گزارش کردند، بیشترین تعداد برگ مربوط به محلول‌پاشی اسیدآمینه در دو مرحله بود که نسبت به شاهد ۳۲ ٪ افزایش معنی‌دار نشان داد.

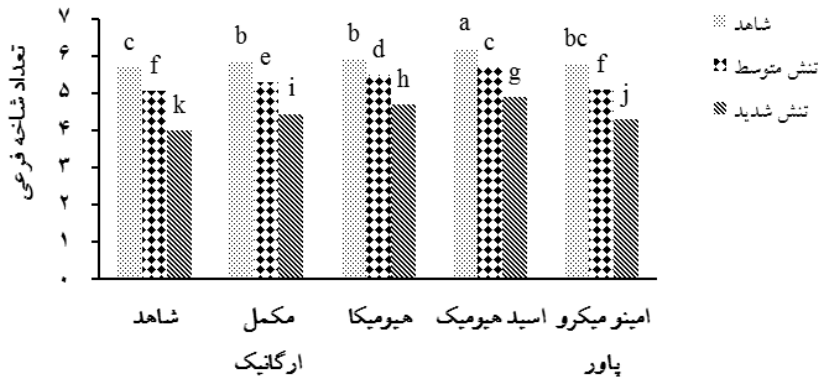
تعداد شاخه فرعی: تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن‌ها بر تعداد شاخه فرعی معنی‌دار است (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی مربوط به شرایط عدم تنش و با کاربرد اسید هیومیک با میانگین ۶/۲ و کمترین میزان آن در شرایط تنش شدید و عدم کاربرد کود آلی (شاهد) با میانگین ۴ بدست آمد (شکل ۳). اعمال تنش خشکی باعث کاهش ۳۵/۵ درصد تعداد شاخه فرعی در گیاه شد.

تنش خشکی سبب کاهش طول دوره رشد گیاه و هم‌چنین باعث افزایش سرعت ورود گیاه از مرحله رویشی به مرحله زایشی می‌شود. از طرف دیگر کاهش آبیاری مانع رشد جوانه‌های جانبی شده و در نهایت این عامل باعث کاهش تعداد شاخه فرعی در گیاه می‌شود (Hayashi and Hanada, 1998). در پژوهش حاضر تنش خشکی باعث کاهش صفات مرفولوژیکی از جمله تعداد شاخه فرعی در گیاه شده که این نتایج هم‌سو با نتایج پژوهش‌گران دیگر در گیاه گلرنگ (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۵) و کلزا (سیداحمدی و همکاران، ۱۳۹۴) است.

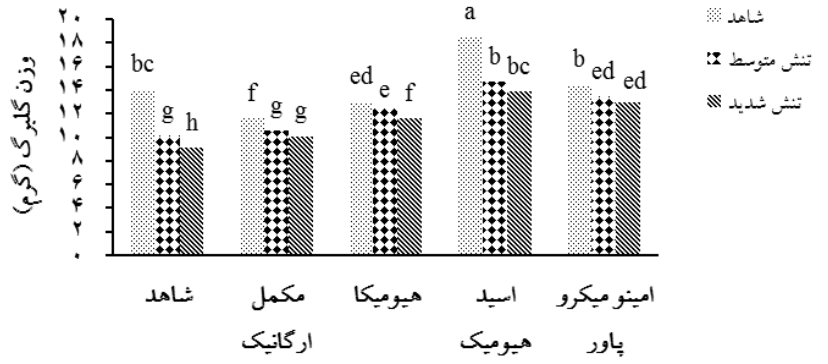
پژوهشگران اثر مفید کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش را، افزایش میزان جذب مواد غذایی و تحریک فعالیت هورمون‌های رشدی دانسته‌اند (Chamani *et al*., 2014)، اسید هیومیک با تأثیر بر غشا سلول و رشد آن بر افزایش شاخص‌های رشدی گیاه مؤثر بوده است. مولکول‌های فولیک اسید (بخش ریز مولکول‌های اسید هیومیک) به درون بافت‌های گیاهی نفوذ کرده و با پیوند شدن به ملکول‌های آب، تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب در درون گیاه کمک می‌کند (Mirhajian, 2012). از این طریق اسید هیومیک باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه در شرایط تنش خشکی می‌شود، به‌طوری‌که در پژوهش حاضر اسید هیومیک باعث افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه شد که این نتایج با پژوهش پژوهشگران در گیاه نخود که گزارش کردند کاربرد اسید هیومیک به میزان ۶ لیتر در هکتار سبب افزایش تعداد شاخه فرعی نسبت به تیمار شاهد شد، هم‌خوانی دارد (آرمین و مصلحی، ۱۳۹۱).

وزن گلبرگ: وزن گلبرگ تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). بیشترین وزن گلبرگ با میانگین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر تعداد شاخه فرعی. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.



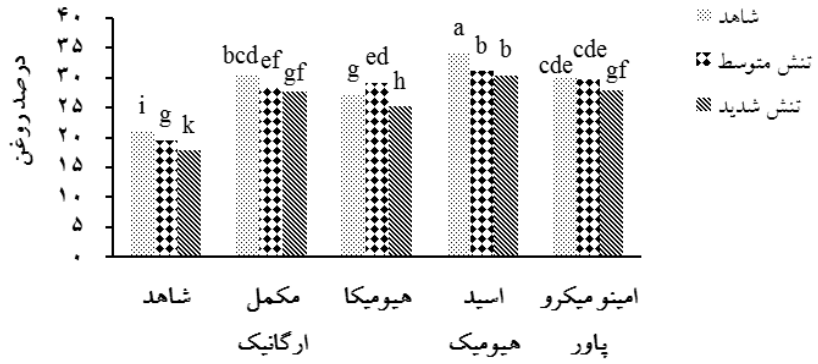
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر صفت وزن گلبرگ. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

۱۸/۴۷ گرم در پنج بوته در شرایط آبیاری کامل و با کاربرد اسید هیومیک و کمترین میزان آن در شرایط تنش شدید و عدم کاربرد کود با میانگین ۹/۰۸ گرم به دست آمد (شکل ۴). وزن گلبرگ حدود ۵۰ ٪ در طول تنش خشکی کاهش یافت. پیش-تیمار گیاه ذرت به وسیله اسید هیومیک باعث کاهش اثرات منفی ناشی از تنش می‌شود (Canellas *et al.*, 2020).

درصد روغن: درصد روغن تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). بیشترین درصد روغن مربوط به شرایط آبیاری کامل و با کاربرد اسید هیومیک با میانگین ۳۴/۲٪ و کمترین میزان آن مربوط به شرایط تنش شدید و عدم کاربرد کود آلی (شاهد) با میانگین ۱۷/۷۸ ٪ بود (شکل ۵). میزان روغن حدود ۴۸ ٪ در طی تنش خشکی کاهش یافت.

در پژوهش حاضر اعمال تنش خشکی باعث کاهش درصد روغن در گیاه شد. پژوهشگران دلیل کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی را اختلال در فرآیندهای متابولیکی بذرها و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

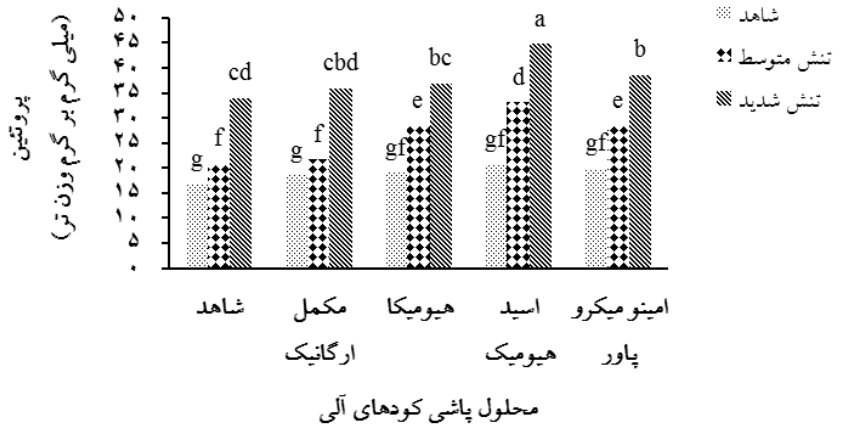


شکل ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر صفت درصد روغن. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

هم‌چنین آسیب به انتقال آسیمیلات‌ها به دانه‌ها دانسته‌اند (Bouchereau *et al*., 1996). پژوهشگران در آزمایشی به‌منظور تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی روی بر گیاه گلرنگ، گزارش کردند درصد روغن ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در اثر اعمال تنش خشکی کاهش یافت. محتوای لینولئیک اسید در تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کاهش یافت در حالی‌که محتوای اولئیک اسید در اثر تنش خشکی افزایش یافت (Rahmani *et al*., 2019). پژوهشگران بیان داشتند کاربرد اسید هیومیک در گیاه باعث افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه می‌شود (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱). در این زمینه کریمی و همکاران (۱۳۹۵) بیان داشتند افزایش درصد روغن در گیاه گلرنگ با محلول‌پاشی اسید هیومیک، به‌دلیل بهبود جذب عناصر غذایی و هم‌چنین اثرات مثبت بر فتوسنتز برگ، رخ داده است. در آزمایشی پژوهشگران گزارش کردند، بیشترین درصد روغن دانه از ترکیب تیماری استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک و سوپرجاذب به همراه دور آبیاری ۷ روزه در گیاه گلرنگ حاصل شد. آنها بیان داشتند استفاده از این ترکیب تیماری باعث بهبود درصد روغن در سطوح تنش خشکی شد (Darinkaboud and GharibiAsl, 2016).

محتوای پروتئین دانه: بر اساس تجزیه واریانس محتوای پروتئین تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن‌ها معنی‌دار است (جدول ۳). بیشترین میزان پروتئین مربوط به شرایط تنش شدید با مصرف اسید هیومیک با میانگین ۴۴/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کمترین مقدار آن مربوط به آبیاری کامل و عدم مصرف کود (شاهد) با میانگین ۱۶/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر است که در اثر اعمال تنش حدود ۶۲ ٪ افزایش نشان داد (شکل ۶). گیاهان از انواع اسمولیت‌ها و املاح آلی برای کاهش صدمات ناشی از تنش استفاده می‌کنند، یکی از این املاح آلی پروتئین‌ها است. پروتئین‌ها در شرایط تنش از طریق تنظیم اسمزی و کاهش گونه‌های فعال اکسیژن که در طول تنش تولید می‌شوند، گیاهان را از صدمات ناشی از تنش حفظ می‌کنند (Farooq *et al*., 2009). در آزمایشی بر ۶۴ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش خشکی، Amini و همکاران (۲۰۱۴)، گزارش کردند محتوای پروتئین تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. آن‌ها هم‌چنین بیان کردند بین روغن دانه و محتوای پروتئین در شرایط تنش خشکی همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. کاربرد اسید هیومیک در گیاه می‌تواند باعث تولید ترکیبات آلی نیتروژن دار همانند پروتئین و اسیدهای آمینه شود، محققان در آزمایشی به‌منظور تأثیر کاربرد اسید هیومیک و سوپرجاذب بر محتوای پروتئین و روغن گلرنگ، بیان داشتند بهترین ترکیب تیماری که باعث افزایش پروتئین در گیاه شد کاربرد توأم ۳۰۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]



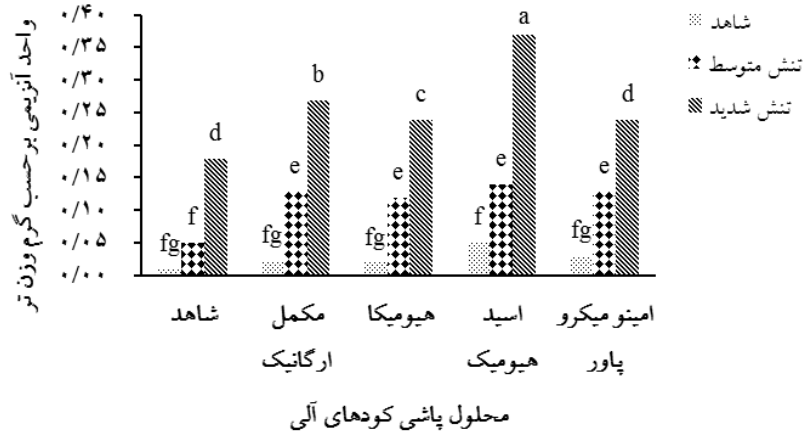
شکل ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر صفت درصد پروتئین. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

کیلوگرم در هکتار و سوپر جاذب به‌همراه دور آبیاری ۱۵ روزه بوده است (Darinkaboud and GharibiAsl, 2016). در آزمایش دیگری به منظور تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و نیتروژن در گیاه گندم دوروم، پژوهش‌گران گزارش کردند محتوای پروتئین دانه در اثر کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت و بیشترین میزان پروتئین دانه از تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک همزان با نیتروژن به‌دست آمد (Delfine *et al*., 2005). تغییرات در عملکرد و فاکتورهای بیوشیمیایی در بابونه آلمانی تحت تنش خشکی با محلول‌پاشی اسمولیت‌ها را بررسی نمودند، نتایج نشان داد که گیاهان تیمارشده با سالسیلیک اسید، اسید هیومیک و جیبرلین محتوای پروتئین بیشتری را داشتند با نتایج این تحقیق مطابقت داشت (Sadaghiani *et al*., 2019).

فعالیت آنزیم کاتالاز: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن‌ها بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین مقدار فعالیت این آنزیم در شرایط تنش شدید و با مصرف اسید هیومیک ۰/۳۷ واحد آنزیمی بر گرم وزن تر و کمترین مقدار فعالیت آن در شرایط آبیاری کامل و عدم مصرف کود (شاهد) ۰/۰۱ واحد آنزیمی بر گرم وزن تر است (شکل ۷). فعالیت این آنزیم در طی تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد به میزان ۹۷ ٪ افزایش یافت.

گیاهان جهت مقابله با صدمات ناشی از انواع گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش خشکی، نیاز به یک سیستم آنتی‌اکسیدانی فعال دارند. در چنین شرایطی یک سیستم آنتی‌اکسیداتیو کارآمد به همراه افزایش قندهای محلول و تجمع پرولین در گیاه می‌تواند نقش مهمی در تحمل به خشکی بازی کند (Guo *et al*., 2009). با وجود اینکه واکنش آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی متغیر می‌باشد، مشخص شده است که افزایش فعالیت کاتالاز سلول‌ها را از اثرات پراکسیداز هیدروژن محافظت می‌کند و در شرایط عادی حضور کاتالاز در سلول‌ها می‌تواند نقش مهمی را در افزایش مقاومت به تنش اکسیداتیو بازی کند (Reddy *et al*., 2004). پژوهشگران گزارش کردند فعالیت آنزیم کاتالاز در گلرنگ تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و فعالیت این آنزیم در تمام واریته‌های مورد آزمایش افزایش یافت که هم‌راستا با نتایج آزمایش حاضر است (Zafari *et al*., 2020). در پژوهش حاضر محلول‌پاشی کودهای آلی سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش خشکی شد و بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در بین تیمارهای آزمایش با کاربرد اسید هیومیک به‌دست آمد، در همین راستا Khademian و همکاران (۲۰۱۹)، بیان داشتند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر فعالیت آنزیم کاتالاز. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

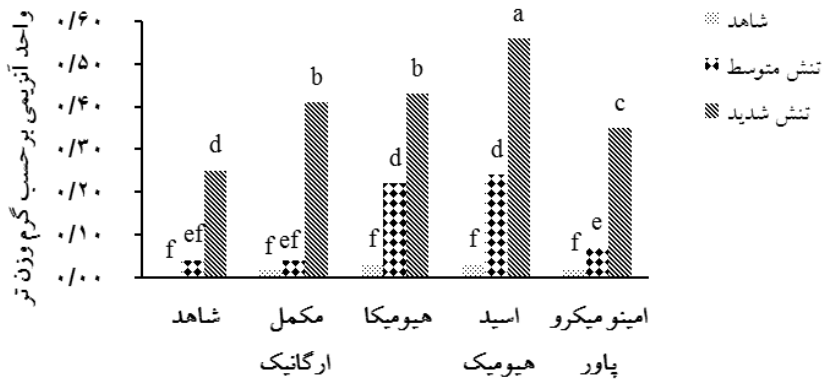
اعمال تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه گلرنگ شد. از سوی دیگر کاربرد کودهای آلی باعث فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم کاتالاز در این گیاه شد. در آزمایش دیگری یداللهی و همکاران (۱۳۹۳)، گزارش کردند کاربرد کودهای آلی و اسید هیومیک سبب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه گلرنگ شد که نتایج آن‌ها هم‌سو با یافته‌های پژوهش حاضر است.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تأثیر تنش خشکی، محلول‌پاشی و اثر برهمکنش آن‌ها معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز از تیمار تنش شدید و با مصرف اسید هیومیک ۰/۵۶ واحد آنزیمی بر گرم وزن تر و کمترین آن مربوط تیمار آبیاری کامل و عدم مصرف کود با میانگین ۰/۰۰۵ واحد آنزیمی بر گرم وزن تر است (شکل ۸). افزایش مقدار فعالیت این آنزیم در طی تنش خشکی و کاربرد اسید هیومیک به میزان ۹۹ درصد افزایش یافت.

رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل (OH) عمدتاً توسط آنزیم پراکسیداز به آب اکسید می‌شود (Jovanovic *et al.*, 2018). افزایش فعالیت پراکسیداز در شرایط مختلف تنش با محافظت در برابر آسیب اکسیداتیو، لیگنینی شدن و پیوند متقابل دیواره‌های سلولی برای جلوگیری از چنین شرایط نامطلوبی مرتبط است (Moussa and Abdel-Aziz, 2008). در پژوهش حاضر تنش خشکی سبب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه گلرنگ توسط Farooq و همکاران (۲۰۰۹) در طول دوره تنش خشکی گزارش شد. کاربرد کودهای آلی سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پراکسیداز در پژوهش حاضر شد و بیشترین فعالیت این آنزیم با محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌دست آمد، مشابه این نتایج را Lotfi و همکاران (۲۰۱۵) با کاربرد اسید هیومیک در گیاه کلزا گزارش کردند. پژوهش آن‌ها نشان داد کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنزیم پراکسیداز در شرایط تنش خشکی شد و از این طریق سبب کاهش اثرات منفی ناشی از تنش در گیاه شد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده تنش خشکی و محلول‌پاشی بر محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید معنی‌دار است، اما اثر برهمکنش تنش و محلول‌پاشی بر صفات فوق معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی نشان داد بیشترین مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئید به‌ترتیب (۱۲/۶۶، ۳/۹۲ و ۳/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) آبیاری کامل و کمترین مقدار آن‌ها به‌ترتیب (۸/۵۳، ۲/۴۳ و ۲/۶۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار تنش شدید حاصل شد. مقادیر کلروفیل a، b و کارتنوئید در اثر اعمال تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز. شاهد: آبیاری کامل، تنش متوسط: آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی و تنش شدید: آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی. حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و محلول‌پاشی بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی

اثرات ساده تیمارهای آزمایش	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنویید
	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		
محلول‌پاشی کودهای آلی			
شاهد	۹/۴۳^{b}	۲/۷۱^{c}	۲/۸۲^{b}
مکمل ارگانیک	۱۰/۵۰^{b}	۳/۲۵^{a}	۳/۲۰^{b}
هیومیکا	۱۱/۱۸^{a}	۳/۱۴^{a}	۳/۲۲^{a}
اسید هیومیک	۱۱/۵۱^{a}	۳/۳۷^{a}	۳/۴۰^{a}
آمینو میکرو پاور	۱۰/۳۸^{b}	۲/۸۶^{b}	۳/۰۷^{b}
تنش خشکی			
شاهد	۱۲/۶۶^{a}	۳/۹۲^{a}	۳/۶۴^{a}
آبیاری تا مرحله تکمیل گلدهی	۱۰/۶۲^{b}	۲/۸۵^{b}	۳/۱۴^{b}
آبیاری تا مرحله تشکیل طبق ساقه اصلی	۸/۵۳^{c}	۲/۴۳^{c}	۲/۶۵^{c}

حروف یکسان نشان‌دهنده عدم معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن است.

۳۳، ۳۸ و ۲۷ ٪ کاهش نشان دادند. از طرفی دیگر محلول‌پاشی کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی شد و بیشترین مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئید به‌ترتیب (۱۱/۵۱، ۳/۳۷ و ۳/۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) از تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک و کمترین مقدار آن‌ها (۹/۴۳، ۲/۷۱ و ۲/۸۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) حاصل شد. که افزایش محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید در اثر محلول‌پاشی کودهای آلی به‌ترتیب ۱۸، ۱۹ و ۱۷ درصد بود (جدول ۴).

کلروفیل رنگ‌دانه اصلی جذب نور و فتوسنتز در گیاهان است. هم‌چنین فتوسنتز یک فرآیند پیچیده است که به فاکتورهای محیطی حساس است. کاروتنوئیدها دسته‌ای از رنگیزه‌های گیاهی هستند که در جذب نور در گیاهان نقش مهمی را ایفا می‌کنند که با وضعیت تغذیه گیاه میزان آن‌ها تغییر می‌کند. پژوهشگران شکسته شدن کلروپلاست، کاهش تشکیل

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

پلاستیدهای جدید کلروفیل‌های a و b و کارتن و در نهایت تغییر نسبت کلروفیل‌ها را عامل کاهش آن‌ها در طول تنش خشکی بیان کرده‌اند و بیان داشتند احتمال کاهش بیشتر در کلروفیل b در مقایسه با کلروفیل a محتمل‌تر است (کافی و همکاران، ۱۳۹۷). از طرفی دیگر تنش خشکی با افزایش برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر اتلین و آبسزیک اسید، فعالیت کلروفیلاز را تحریک و باعث تجزیه کلروفیل می‌شود. کاهش مقدار کلروفیل مشاهده شده در این تحقیق احتمالاً می‌تواند به دلیل کاهش سنتز کلروفیل و افزایش تجزیه آن باشد (جزئی‌زاد و مرتضایی‌نژاد، ۱۳۹۶). در آزمایش بررسی اثرات تنش کمبود آب در ارقام مختلف گلرنگ، طاهری و همکاران (۱۳۹۷)، بیان داشتند از بین ارقام گلرنگ مورد مطالعه رقم گلدشت به‌علت پتانسیل ژنتیکی، بیشترین کلروفیل کل را در بین ارقام مورد بررسی داشت و در شرایط تنش شدید کم آبی این رقم کمترین کاهش میزان کلروفیل نسبت به دو رقم دیگر را دارا بود. پژوهشگران بیان داشتند اسید هیومیک می‌تواند آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر را در اختیار گیاه قرار دهد، میزان ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد و از این‌رو انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر نماید (خرم قهفرخی و همکاران، ۱۳۹۷). پژوهشگران افزایش محتوای کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید گیاه دارویی جعفری را با کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. نتایج آن‌ها با آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد (دالوند و همکاران، ۱۳۹۷). در آزمایشی Chavoushi و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند اعمال تنش خشکی در گیاه گلرنگ سبب کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید نسبت به تیمار شاهد (آبیاری کامل) شد. از طرفی این پژوهشگران بیان داشتند کاربرد تیمار اسید سالیسیلیک و سدیم نیتروپروساید در شرایط تنش خشکی باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاروتنوئید شده است. Zahedi و همکاران (۲۰۱۲)، در همین راستا بیان کردند تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل a، b و کل در گیاه کلزا شد و از طرف دیگر محلول‌پاشی سلنیوم و کاربرد زئولیت باعث افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی شد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر قطع آبیاری در مراحل تشکیل طبق ساقه اصلی و تکمیل گلدهی باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه فرعی، وزن گلبرگ، درصد روغن، کلروفیل a، b، کاروتنوئید و افزایش میزان پروتئین شد. یکی از راه‌های کاهش اثرهای منفی ناشی از تنش، استفاده از مواد هیومیک است. کاربرد کودهای هیومیک در پژوهش حاضر سبب افزایش شاخص‌های رشدی و درصد روغن و پروتئین شد. در مجموع می‌توان بیان کرد در این آزمایش با استفاده از کود آلی اسید هیومیک نسبت به سایر کودهای آلی مورد استفاده در این پژوهش به نتایج مطلوب‌تری دست یافت.

تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبارپژوهانه IR-UOZ-GR 2904 دانشگاه زابل تامین شده است.

منابع

ابهری، ع. و قلی‌نژاد، ا. (۱۳۹۸) تأثیر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در نخود تحت شرایط مختلف آبیاری. مجله فیزیولوژی و اصلاح گیاه ۹: ۲۹-۱۹.

اسدی، م.، نصیری، ی.، ملاعباسیان، س. و مرشدلو، م. (۱۳۹۷) ارزیابی عملکرد کمی و کیفی نعناع فلفلی تحت تأثیر اسیدهای آمینه، کودهای شیمیایی و آلی. دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۸: ۲۷۵-۲۵۷.

آرمین، م. و مصلحی، ج. (۱۳۹۱) واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود به زمان و مقدار مصرف اسید هیومیک. بوم شناسی گیاهان زراعی ۸: ۹-۱.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

برزگر، ط.، مرادی، پ.، حسن‌زاده، ز.، قهرمانی، ز. و نیکبخت، ج. (۱۳۹۷) ارزیابی رشد، عملکرد و میزان ویتامین ث بامیه با کاربرد پوترسین و اسید هیومیک تحت تنش کم آبی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۸: ۱۲۳-۱۰۹.

پوریوسف میاندوآب، م. و شهروان، ن. (۱۳۹۳) اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در زمان‌های مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۶: ۳۲-۲۱.

جزئی‌زاد، ا. و مرتضایی‌نژاد، ف. (۱۳۹۶) اثرات تنش خشکی بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه کاسنی جهت معرفی در فضای سبز شهری. فرایند و کارکرد گیاهی ۶: ۲۹۰-۲۷۹.

خرم قهفرخی، آ.، رحیمی، ا.، ترابی، ب. و مداح‌حسینی، ش. (۱۳۹۷) تأثیر کاربرد خاکی هیومیک‌اسید و محلول‌پاشی برگی بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). مجله تولید گیاهان زراعی ۱۱: ۴۹-۳۷.

خلیلی، م.، نقوی، م. ر. و پورابوقداره، ع. ر. (۱۳۹۵) ارزیابی عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی و مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره در شرایط آبیاری و دیم. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی ۷: ۱۴۸-۱۳۹.

خواجه‌پور، م. ر. (۱۳۸۴) گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان.

دالوند، م.، سلگی، م. و خالقی، ع. ر. (۱۳۹۷) تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و تنش خشکی بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک گل جعفری. فصلنامه روابط خاک و گیاه ۹: ۸۰-۶۷.

راستی، ا.، صفاری، م. و مقصودی‌مود، ع. ا. (۱۳۹۳) تأثیر کودهای ارگانیک و شیمیایی بر شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران ۵: ۸۰-۶۹.

رحیمزاده، س.، سهرابی، ی.، حیدری، غ. و پیرزاد، ع. (۱۳۹۰) تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر برخی صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavical* L.). نشریه علوم باغبانی(علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵: ۳۴۳-۳۳۵.

سیداحمدی، ع.، بخشنده، ع. و قرینه، م. ح. (۱۳۹۴) ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی پایان فصل در شرایط آب و هوایی اهواز. پژوهش‌های زراعی ایران ۱۳: ۸۰-۷۱.

شاهسون مارکده، م. و چمنی، ا. (۱۳۹۳) تأثیر غلظت و زمان‌های مختلف کاربرد اسید هیومیک بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل بریده شبیو "رقم Hanza". علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۵: ۱۷۰-۱۵۷.

صبری، ی. (۱۳۹۴) تأثیر محلول‌پاشی مخلوط اسیدآمینه و پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان تحت شرایط تنش کم آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ایران.

طاهری، ش.، غلامی، ا.، عباس دخت، ح. و مکاریان، ح. (۱۳۹۷) کاهش اثرات تنش کمبود آب در ارقام گلرنگ با استفاده از پرایمینگ بذر. به‌زراعی کشاورزی ۲۰: ۵۰۲-۴۸۷.

علیزاده، ا.، دهقانی، م.، کمالی، غ.، کشاورز، ع.، وظیفه‌دوست، م.، محمدیان، آ. و حمزه نوری، ا. (۱۳۸۶) نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

فراست، م.، ساجدی، ن. و میرزاخانی، م. (۱۳۸۷) واکنش صفات گیاهی چهار ژنوتیپ گلرنگ در شرایط تنش کمبود آب. یافته‌های نوین کشاورزی ۳: ۸۱-۶۷.

قاسمی، ا.، توکل، م. و ذبیحی، ح. ر. (۱۳۹۱) تاثیر نیتروژن و پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم در مینی تیویر سیب زمینی تحت شرایط گلخانه‌ای. زراعت و اصلاح نباتات ۸: ۵۶-۳۹.

کافی، م.، برزویی، ا.، صالحی، م.، کمندی، ع.، معصومی، ع. و نباتی، ج. (۱۳۹۷) فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

کریمی، ا.، تدین، ع. و تدین، م. ر. (۱۳۹۵) اثر اسید هیومیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پرولین برگ گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری. به‌زراعی کشاورزی ۱۸: ۶۲۳-۶۰۹.

معتکفی، م.، قنبری، ا.، موسوی نیک، س. م. و سیروس مهر، ع. ر. (۱۳۹۸) تأثیر محرک رشد آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی کلزا تحت شرایط تنش خشکی. به‌زراعی کشاورزی ۲۱: ۳۷۷-۳۶۷.

ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

موسوی، س. ع. (۱۳۹۹) تأثیر میکوریزا و اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیک و عملکرد پنبه تحت تنش خشکی. نشریه کشاورزی و تولید پایدار ۳۰: ۱۳۹-۱۲۱.

میرزاخانی، م. (۱۳۹۳) بررسی اثر تنش آبی و کاربرد سلنیوم بر شاخص‌های حساسیت به تنش ارقام ذرت *Zea mays* L. در استان مرکزی. تحقیقات کاربردی اکوفیزولوژی گیاهی ۱: ۸۰-۶۵.

نصیری، ی. و حسی، ف. (۱۳۹۶) ارزیابی کاربرد کودهای زیستی و هیومیکی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی در سطوح مختلف کودهای دامی و شیمیایی. دومین همایش ملی گیاهان دارویی دیم ایران، ارومیه، ایران.

نقدی‌بادی، ح. ع.، لبافی، م. ح.، قوامی، ن.، قادری، ا.، عبدوسی، و.، اقارب‌پرست، م. ر. و مهرآفرین، ع. (۱۳۹۴) پاسخ فیتوشیمیایی و مرفولوژیکی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) به محلول‌پاشی محرک‌های زیستی بر پایه اسیدهای آمینه و متانول. فصلنامه گیاهان دارویی ۱۴: ۱۹۴-۱۴۶.

وزارت جهاد کشاورزی. (۱۴۰۰) آمارنامه تولید محصولات زراعی سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸.

یداللهی، پ.، اصغری‌پور، م.، خیری، ن. ا. و قادری، ا. (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی و انواع کود آلی بر عملکرد روغن و ویژگی‌های بیوشیمیایی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.).مجله تولید گیاهان روغنی ۱: ۴۰-۲۷.

Amini, H., Arzani, A. and Karami, M. (2014) Effect of water deficiency on seed quality and physiological traits of different safflower genotypes. Turkish Journal of Biology 38: 271-282.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1.

Bassil, E. S. and Kaffka, S. R. (2002) Response of safflower (*Carthamus tinectorius* L.) to saline soils and irrigation. I. Consumptive water use. Agriculture Water Management 54: 67-80.

Beers, G. R. and Sizer, I. W. (1952) A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Biology Chemistry 195: 133-140.

Bernard, J. K. (2011) Oilseed and oilseed meal. Encyclopedia of Dairy Sciences 2: 349-355.

Bouchereau, A., Clossais-Besnard, N., Bensaoud, A., Leport, L. and Renard, M. (1996)Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy 5: 19-30.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. Analytical Biochemistry 38: 248-252.

Bray, E. A. (1997) Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science 2: 48-54.

Canellas, L. P., Canellas, N. O., Irineu, L. E. S. D. S., Olivares, F. L. and Piccolo, A. (2020) Plant chemical priming by humic acids. Chemical and Biological Technologies in Agriculture 7: 1-17.

Chamani, A., Bonyadi, M. and Ghanbari, A. (2014) Effect of salicylic acid and humic acid on growth indices of ornamental plant (*Catharanthus roseus* L.). Journal of Horticultural Science 4: 631-641.

Chavoushi, M., Najafi, F., Salimi, A. and Angaji, S. A. (2020) Effect of salicylic acid and sodium nitroprusside on growth parameters, photosynthetic pigments and secondary metabolites of safflower under drought stress. Scientia Horticulturae 259: 108823.

Darinkaboud, B. A. and GharibiAsl, S. (2016) The oil and protein content of Isfahahn's safflower seed in different periods of irrigation, levels of humic acid and superabsorbent. International Journal of Life Sciences and Pharma Research Special Issue: 56-63.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005) Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-190.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A. (2009) Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

Guo, P., Baum, M., Grando, S., Ceccarelli, S., Bai, G., Li, R. and Valkoun, J. (2009) Differentially expressed genes between drought-tolerant and drought-sensitive barley genotypes in response to drought stress during the reproductive stage. Journal of Experimental Botany 60: 3531-3544.

Hatami, H. (2017) The effect of zinc and humic acid applications on yield and yield components of sunflower in drought stress. Journal of Advanced Agricultural Technologies 4.

Hayashi, H. and Hanada, K. (1998) Effects of soil water deficit on seed yield and yield components of safflower. Japan's Journal of Crop Science 54: 364-352.

Jovanovic, S. V., Kukavica, B., Vidovic, M., Morina, F. and Menckhoff, L. (2018) Class III peroxidases: Functions, localization and redox regulation of isoenzymes. In Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants. Springer, Cham 269-300.

Karimi, E. and Tadayon, A. (2018) Effect of humic acid spraying on yield and some morphological characteristic of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions. Applied Field Crops Research 31: 19-38.

Khademian, R., Ghassemi, S. and Asghari, B. (2019) Bio-fertilizer improves physio-biochemical characteristics and grain yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress. Russian Agricultural Sciences 45: 458-463.

Lotfi, R., Gharavi-Kouchebagh, P. and Khoshvaghti, H. (2015) Biochemical and physiological responses of *Brassica napus* plants to humic acid under water stress. Russian Journal of Plant Physiology 62: 480-486.

Lotfi, R., Kalaji, H. M., Valizadeh, G. R., Behrozyar, E. K., Hemati, A., Gharavi-Kochebagh, P. and Ghassemi, A. (2018) Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions. Photosynthetica 56: 962-970.

Mirhajian, A. (2012) What is humic acids? News, Analysis, Training and Agricultural Engineering of Monthly 33: 7-16.

Moaveni, P. and Kheiri, T. (2011) TiO_2 Nano Particles Affected on Maize (*Zea mays* L.). 2nd Ed. International Conference on Agricultural and Animal Science in Singapore by International Proceeding of Chemical, Biological and Environmental Engineering. International Association of Computer Science and Information Technology Press.

Moghadam, H. R. T., Khamene, M. K. and Zahedi, H. (2014) Effect of humic acid foliar application on growth and quantity of corn in irrigation withholding at different growth stages. Maydica 59: 124-128.

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. (2007) Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivar. Pakistan Journal of Biological Science 10: 4022-4028.

Moussa, H. R. and Abdel-Aziz, S. M. (2008) Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. Australian Journal of Crop Science 1: 31-36.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. (2002) Physiological effect of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Poodineh, M., Nezhad, N. M., Mohammadi-Nejad, G., Fakheri, B. A. and Ebrahimi, F. (2021) Identification of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) QTL under drought stress and normal conditions. Industrial Crops and Products 171: 113889.

Rahmani, F., Sayfzadeh, S., Jabbari, H., Valadabadi, S. A. and Masouleh, E. H. (2019) Alleviation of drought stress effects on safflower yield by foliar application of zinc. International Journal of Plant Production 13: 297-308.

Reddy, A. R., Chaitany, K. V. and Vivekanandan, M. (2004) Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal Plant Physiology 161: 1189-1202.

Sadaghiani, F. M., Dehaghi, M. A., Pirzad, A. and Fotokian, M. H. (2019) Variation in yield and biochemical factors of German chamomile (*Matricaria recutita* L.) under foliar application of osmolytes and drought stress conditions. Journal of Herbmed Pharmacology 8: 90-100.

Shahrokhnia, M. H. and Sepaskhah, A. R. (2017) Physiologic and agronomic traits in safflower under various irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization. Industrial Crops Production 95: 126-139.

Shinozaki, K. and Yamaguchi-Shinozaki, K. (2007) Gene networks involved in drought stress response and tolerance. Journal of Experimental Botany 58: 221-227.

Snyder, R. L. (2017) Climate change impacts on water use in horticulrue. Horticulturae 3: 1-9.

Soxhlet, F. (1879) Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. Polytechnisches Journal 232: 461-465.

Sinha, S., Saxena, R. and Singh, S. (2005) Chromium induced lipid peroxidation in the plants of *Pistia stratiotes* L.: Role of antioxidants and antioxidant enzymes. Chemosphere 58: 595-604.

Tanaka, D. L., Rivaland, N. B., Bergman, J. W. and Johnson, B. L. (2002) A description of safflower plant development stages. United States Department of Agriculture Report 2.

Teotonio, C., Rodriguez, M., Roebeling, P. and Fortes, P. (2020) Water competition through the 'water-energy'nexus: Assessing the economic impacts of climate change in a Mediterranean context. Energy Economics 85: 104539.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

Yeloojeh, K. A., Saeidi, G. and Sabzalian, M. R. (2020) Drought stress improves the composition of secondary metabolites in safflower flower at the expense of reduction in seed yield and oil content. Industrial Crops and Products 154: 112496.

Zafari, M., Ebadi, A., Jahanbakhsh, S. and Sedghi, M. (2020) Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) biochemical properties, yield, and oil content affected by 24-epibrassinosteroid and genotype under drought stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry 68: 6040-6047.

Zahedi, H., Rad, A. H. S. and Moghadam, H. R. T. (2012) Effect of zeolite and selenium foliar application on growth, production and some physiological attributes of three canola (*Brassica napus* L.) cultivars subjected to drought stress. Revista Cientifica UDO Agricola 12: 136-143.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]

Evaluation of morphological and biochemical traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under drought stress conditions and Foliar application of organic fertilizer

Samaneh Sargazi, Alireza Sirousmehr*, Ahmad Ghanbari and Mohsen Mousavi Nik

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
(Received: 21/04/2022, Accepted: 15/11/2022)

Abstract

It is very important to find ways to increase the tolerance of plants under drought stress conditions. In order to study the effect of drought stress levels and types of humic fertilizers, amino acid and organic supplements on quantitative and qualitative traits of safflower (Goldasht cultivar), an experiment was conducted as split plots base on randomized complete block design with three replications at the research farm of Zabol University (Chah Nimeh). The main factor of irrigation cut-off levels based on plant growth stages: control (full irrigation), irrigation up to the main stem formation stage and irrigation up to the stage of flowering completion and the secondary factor of five levels of fertilizer treatment: Control (not applicable), amino micropower fertilizer, humic acid, humica and organic supplements in amounts of two per thousand. Maximum plant height (69.76 cm), number of leaves per plant (78.43), number of branches (6.2), oil content (34.2), chlorophyll a, b and carotenoids (11.51, 3.37, 2.40 mg/g fresh weight respectively) was obtained from foliar application treatment with humic acid and complete irrigation. Percentage of changes in plant height (27.7), number of leaves (19.5), number of branches (35.5), petal weight (50), oil content (48), chlorophyll a, b, carotenoids (respectively 33, 38 and 27) under complete irrigation and foliar application of humic acid due to severe stress and non-application of fertilizers. Catalase enzyme activity (97%), peroxidase (99%) and Protein content (62%) increased due to stress and foliar application of humic acid. In general, it seems that foliar application of humic acid compared to other organic fertilizers used in this study can achieve better results under drought stress conditions.

Keywords: Humic acid, Water Deficit Stress, Photosynthetic pigments, Oil percentage

Corresponding author, Email: asirousmehr@uoz.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.7.7]