Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Phycological Society of Iran

Effect of Bio-stimulator Fosnutren and Humiforte on some morphophysiological and phytochemical traits of Garden Thyme (*Thymus vulgaris* L.) under water deficit

Elham Danaee[1*], Vahid Abdossi[2]

[1] Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, Email: e.danaee@iau-garmsar.ac.ir
[2] Department of Horticulture and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: abdossi@srbiau.ic.ir

Article type:
Research article

Article history
Received: 27.09.2021
Revised: 04.01.2021
Accepted: 09.01.2022
Published:22.12.2023

Keywords
Essential oil
Greenhouse conditions
Growth indices
Proline
Total antioxidant percentage

Abstract

Water stress is one of the most important environmental factors limiting the growth and yield of plants, especially in arid and semi-arid regions. Bio-stimulants are biological substances that stimulate metabolism and metabolic processes to increase plant efficiency. To investigate the effects of low water stress and bio-stimulants of Fosnutren and Humiforte on some morphophysiological and phytochemical traits of thyme, a factorial experiment based on a completely randomized design with 12 treatments and 3 replications in 2020 performed in greenhouse conditions. Therefore, the seedlings obtained from seed cultivation after two weeks of transfer to the pot, were exposed to dehydration stress treatments (25, 50, 75 and 100% of field capacity). Foliar application of plants with Fosnutren and Humiforte (5 ml) was performed three times and once every 15 days. The desired traits were evaluated 15 days after the last treatments. The results showed that increasing the levels of low water stress (25 and 50% of field capacity) caused a significant decrease in growth indices, chlorophyll content, total antioxidant percentage and essential oils and increase in proline content. Simultaneous treatment of drought and bio-stimulants of Fosnutren and humiforte with significantly reduced oxidative stress due to dehydration improved the evaluated traits except the amount of proline. The highest percentage of essential oil (2.34%) in Fosnutren foliar spraying and was obtained at 75% field capacity. In general, foliar application of Fosnutren and Humiforte reduced the negative effects of dehydration in thyme.

Cite this article as: Danaee, E., Abdossi, V. (2023). Effect of Bio-stimulator Fosnutren and Humiforte on some morphophysiological and phytochemical traits of Garden Thyme (*Thymus vulgaris* L.) under water deficit. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 18(4): 129-142.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

اثر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) تحت تنش کم‌آبی

الهام دانائی[1*]، وحید عبدوسی[2]

[1] گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران. رایانامه: e.danaee@iau-garmsar.ac.ir

[2] گروه علوم باغی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، رایانامه: abdossi@ srbiau.ic.ir

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۹
تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

واژه‌های کلیدی:
اسانس
آنتی‌اکسیدان کل
پرولین
شاخص‌های رشد
شرایط گلخانه

چکیده

تنش کمبود آب، یکی از مهمترین عوامل محیطی محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. محرک‌های زیستی، مواد بیولوژیکی هستند که موجب تحریک متابولیسم و فرآیندهای متابولیکی در جهت افزایش کارآیی گیاهان می‌شوند. به‌منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی و محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)، آزمایشی بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار در سال ۱۳۹۹ و در شرایط گلخانه انجام شد. بدین‌ترتیب که نشاهای حاصل از کشت بذر پس از گذشت دو هفته از انتقال به گلدان در معرض تیمارهای تنش کم‌آبی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) قرارگرفتند. محلول‌پاشی گیاهان با فسنوترن و هیومی‌فورته (۵ میلی‌لیتر) نیز سه مرتبه و هر ۱۵ روز یکبار انجام شد. صفات مورد نظر ۱۵ روز پس از اعمال آخرین تیمارها ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که افزایش سطوح تنش کم‌آبی (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد، محتوای کلروفیل، درصد آنتی‌اکسیدان کل و اسانس و افزایش میزان پرولین اندام هوایی گردید. برهمکنش خشکی و محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته با کاهش معنی‌دار تنش اکسیداتیو حاصل از کم‌آبی موجب بهبود صفات مورد ارزیابی بجز میزان پرولین گردید. بیشترین درصد اسانس (۲/۳٤٪) در محلول‌پاشی با هیومی‌فورته و در ظرفیت زراعی ۷۵ درصد بدست آمد. در مجموع محلول‌پاشی فسنوترن و هیومی‌فورته موجب کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی در گیاه آویشن باغی گردید.

استناد: دانائی، الهام؛ عبدوسی، وحید. (۱٤۰۲). اثر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) تحت تنش کم‌آبی. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸(٤)، ۱٤۲-۱۲۹.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی دارویی از تیره نعناع است که چندساله و بومی نواحی مختلف مدیترانه می‌باشد و امروزه نیز در مناطق مختلف دنیا و از جمله در ایران کشت می‌گردد (Mohamadi Farsani et al., 2016). این گیاه دارای برگ‌های کوچک نیزه‌ای سبزرنگ به طول ٦ تا ١٢ میلی‌متر و ساقه کوتاه و چهار گوش است که در قسمت پایین ساقه، چوبی و بخش جوانتر، سبز رنگ می‌باشد. از برگ آویشن در فرآورده‌های غذایی و از اسانس آن در نوشیدنی‌ها و صنایع دارویی، بهداشتی و آرایشی استفاده می‌شود (Babaee et al., 2010). آویشن دارای حدود ۰/۸ تا ۲/٦ درصد اسانس از ماده خشک است که قسمت اعظم آن را فنل‌ها، هیدروکربن‌های مونوترپنی و الکل‌ها تشکیل می‌دهند. اسانس این گیاه ضداسپاسم، بادشکن، ضدقارچ، ضدباکتری، ضدعفونی کننده، ضدکرم، خلط‌آور و آنتی‌اکسیدان است و جایگاه خاصی در تجارت جهانی دارد (Ghaderi et al., 2017).

رشد و عملکرد گیاهان از جمله گیاه دارویی آویشن تحت تاثیر تنش‌های محیطی متعددی قرارمی‌گیرد. شناخت عوامل محیطی و اثر آنها بر کارکرد گیاه و همچنین عکس‌العمل‌های گیاه به عوامل محدود کننده محیطی نقش موثری در کشت و تولید گیاهان دارد (Danaee and Abdossi, 2021). تنش کم‌آبی از مهمترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، است که بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد (Aminifard et al., 2020). در سال‌های اخیر کم آبی در ایران نیز مانند اکثر کشورهای جهان به علت تغییرات شرایط آب و هوائی، بسیار شدیدتر شده است. کم‌آبی موجب تغییرات موفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی متعددی در گیاهان می‌گردد (Gorgini et al., 2018). کاهش تورژسانس اولین اثر تنش آبی است که موجب کاهش سرعت نمو، رشد طولی ساقه، رشد برگ و قطر منافذ روزنه‌ها می‌شود (Bahrampour et al., 2019) و کاهش تورژسانس ممکن است با کاهش اندازه سلولی و سطح برگ همراه باشد که بدنبال آن، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کم می‌شود و این اساس کاهش رشد در شرایط تنش کم‌آبی است (Mirzaei et al., 2020). همچنین کم‌آبی در گیاهان موجب تخریب غشاء سلول، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، تجمع اسید آمینه پرولین، کاهش محتوای رنگدانه‌های گیاهی، تولید گونه‌های اکسیژن فعال و در نهایت کاهش زیست توده و ماده خشک و عملکرد گیاه می‌شود (Soroori et al., 2021). بررسی‌ها نشان داد که افزایش تنش خشکی در گیاه مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه و اندام هوایی، ارتفاع گیاه، میزان قندهای محلول و افزایش محتوای کلروفیل و میزان پرولین گردید (Sodaii Zadeh et al., 2016). در گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) تنش خشکی متوسط موجب کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل کل و افزایش محتوای کارتنوئیدها، فعالیت آنزیم کاتالاز و قند محلول در مقایسه با شاهد گردید (Farsi et al., 2019). در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نیز تحت تنش کم‌آبی وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، کاهش و میزان پرولین، مالون دی آلدئید، محتوای کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، افزایش نشان دادند (karimi et al., 2020). تنش کم‌آبی در گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) رشد، نمو و فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه مانند تولید متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات شیمیایی معطر را تحت تاثیر قرارداد (khosheghbal ghorabaee et al., 2020). بررسی تنش خشکی در گیاه پونه معطر (*Mentha pulegium* L.) نیز

نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک، محتوای آب نسبی، ارتفاع گیاه و محتوای کلروفیل کل و افزایش میزان پرولین، فعالیت آنزیم‌های پاکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز بود (Zare Hassanabdi et al., 2020).

ترکیبات متعددی برای کاهش و یا مهار اثرات منفی تنش کم آبی در گیاهان بکار برده می‌شود که از جمله این ترکیبات می‌توان به محرک‌های زیستی اشاره نمود. محرک‌های زیستی اسید آمینه‌ای از جمله هیومی‌فورته (Humiforte) و فسنوترن (Fosnutren)، مواد بیولوژیکی هستند که موجب تحریک متابولیسم و فرآیندهای متابولیکی در جهت افزایش کارآیی گیاهان می‌شوند. همچنین این ترکیبات دارای فرمول پایه اسیدهای آمینه بوده و رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان را تحریک می‌کنند (Du Jardin, 2015). به‌طور کلی محرک‌های زیستی موجب بهبود جذب و انتقال مواد غذایی، افزایش فتوسنتز، افزایش میزان پروتئین، فعال‌سازی فرآیند ساخت کربوهیدرات‌ها، افزایش رنگریزه‌های گیاهی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Rezakhani and Haj Seyed Hadi, 2017) و به همین علت در رشد و توسعه گیاه در شرایط نامساعد محیطی که ساخت اسیدهای آمینه توسط گیاه دشوار و یا متوقف می‌گردد، موثرند و این امکان را به گیاه می‌دهند که انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر و بالا بردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (Popko et al., 2014). در گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) محرک‌های زیستی اسید آمینه‌ای موجب بهبود جذب مواد غذایی و افزایش فتوسنتز و عملکرد گیاه شد (Moradi Marjaneh et al., 2019). محلول‌پاشی برگی اسیدآمینه در گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) شاخص‌های رشد و ترکیبات شیمیایی آن را بهبود بخشید (Omer et al., 2013). در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نیز محلول‌پاشی اسیدآمینه آمینول‌فورته و هیومی‌فورته موجب افزایش رشد، عملکرد پیکرهٔ رویشی و درصد اسانس شد (Saburi et al., 2014). بررسی تاثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) نیز نشان دهنده افزایش عملکرد گل و درصد اسانس بود (Haj Seyed Hadi and Rezaee Ghale, 2016). در بررسی اثر محرک زیستی هیومی‌فورته بر صفات رشدی و بیوشیمیایی جعفری آفریقایی (*Tagetes ereca* L.) تحت شرایط کم‌آبی مشخص شد که عملکرد گیاه با تنش آبی کاهش می‌یابد، اما کاربرد هیومی‌فورته ۵ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند اثرات منفی خشکی را کاهش دهد (Rezasefat Arbani et al., 2020).

با توجه به کاربرد آویشن باغی در فرآورده‌های غذایی، نوشیدنی‌ها، صنایع دارویی، بهداشتی و از طرفی وجود پدیده جهانی کم‌آبی و تأثیر منفی آن بر رشد و عملکرد گیاهان، استفاده از ترکیبات موثر در کاهش و یا مهار اثرات منفی تنش کم‌آبی در گیاهان از جمله محرک‌های زیستی به منظور افزایش رشد و عملکرد گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است. لذا پژوهش حاضر جهت بررسی اثر محلول‌پاشی محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته بر کاهش و یا کنترل اثرات منفی تنش کم‌آبی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

کشت گیاهان و اعمال تیمارها: پژوهش حاضر در گلخانه خصوصی در شهرستان پاکدشت در شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲±۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌صورت گلدانی انجام شد. بدین‌ترتیب که ابتدا بذرهای آویشن باغی خریداری

شده از شرکت پاکان بذر اصفهان در اواخر اسفند ماه سال ۱۳۹۸ در بستر به فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف، ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف و به عمق ۰/۵ سانتی‌متر کشت گردید. سپس نشاها با ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر به گلدان‌های اندازه ۱۲ حاوی بستر کشت شامل خاک شنی، رس و کود برگ به نسبت (۲:۱:۲) که بصورت هم وزن پر شده بودند، انتقال یافتند. جهت استقرار کامل نشاءها، برنامه تغذیه و آبیاری بصورت یکسان به مدت دو هفته انجام شد. پس از گذشت دو هفته، اعمال تیمارهای تنش کم‌آبی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بر اساس روش وزنی انجام شد. به منظور اندازه‌گیری رطوبت خاک از سیستم توزین گلدان‌ها، استفاده گردید. آبیاری نیز بر اساس تغییر وزن خاک گلدان‌ها نسبت به ظرفیت زراعی تعیین شده، صورت گرفت. محلول‌پاشی گیاهان با محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته (۵ میلی‌لیتر) ۳ مرتبه و هر ۱۵ روز یکبار به طوری انجام شد که تمام برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند. ۱۵ روز پس از اعمال آخرین تیمارها، برداشت ریشه و اندام هوایی گیاه و ارزیابی صفات مورد نظر انجام شد.

وزن تر و خشک شاخساره و ریشه: وزن تر شاخساره و ریشه، بلافاصله پس از برداشت و وزن خشک پس از ۷۲ ساعت قرارگیری در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد، با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ مطابق روش Clickle و Reid (2002) توزین شد.

حجم ریشه و ارتفاع گیاه: حجم ریشه با استفاده از استوانه مدرج و ارتفاع گیاه با خط‌کش اندازه‌گیری شد.

کلروفیل کل: محتوای کلروفیل کل به روش Dareini و همکاران (2014)، با استفاده از قطعات ۰/۲ گرمی از برگ و حلال استون ۸۰ درصد استخراج شد. جذب در طول موج‌های ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر، قرائت و محتوای کلروفیل کل با فرمول زیر محاسبه و در نهایت بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بیان شد.

(۱)

کلروفیل کل = ۲۰/۲ (A645 nm)+۸/۰۲ (A663 nm)

پرولین: میزان پرولین طبق روش Bates و همکاران (۱۹۷۳)، با قرائت جذب فاز فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر، اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بیان شد. منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌های استاندارد پرولین (صفر تا ۵۰ میکرومولار) تهیه گردید.

آنتی‌اکسیدان کل: جهت اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان کل، یک میلی‌لیتر از محلول متانولی یک مولار DPPH با یک میلی‌لیتر محلول عصاره مخلوط کرده و مخلوط حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگهداری و در نهایت جذب آنها در طول موج ۵۱۷ نانومتر، قرائت و برحسب درصد بیان شد (Shojaaddini et al., 2020).

(۲)

DPPH radical-scavenging activity % = [(A control – A sample) / A control)] × 100

اسانس: برای استخراج اسانس از ۵۰ گرم اندام خشک هوایی گیاه آویشن باغی که به طور دقیق توزین و سپس توسط آسیاب خرد شده، استفاده شد. میزان اسانس مطابق با روش Danaee و Abdossi (۲۰۱۹) با استفاده از دستگاه کلونجر و روش تقطیر با آب استخراج شد و سپس بر حسب درصد بیان گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار (دو عامل سطوح تنش خشکی و محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته)، ۳ تکرار و هر تکرار حاوی ۳ گلدان، در مجموع ۱۰۸ گلدان، اجرا گردید. آنالیز داده‌ها

توسط نرم‌افزار آماری SPSS23 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای Duncan در سطح ۵٪ انجام گردید. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel16 استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد که اثر تنش کم آبی بر تمام صفات بجز ارتفاع گیاه و کلروفیل کل در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اثر محرک‌های زیستی بر تمام صفات به‌جز وزن تر و حجم ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید و همچنین اثرمتقابل کم‌آبی× محرک‌های زیستی نیز بر تمام صفات بجز ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر تنش کم‌آبی و غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن در گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)

		میانگین مربعات									
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	ارتفاع گیاه	حجم ریشه	کلروفیل کل	پرولین	آنتی اکسیدان کل	اسانس
کم‌آبی	۳	۶۷/۲۵۳**	۴۵/۳۹۶**	۳۸/۵۱۲**	۲۶/۱۸۷**	۳۶/۸۱۲*	۷/۸۱۴**	۲۲/۰۱۷*	۴۹/۸۲۵**	۹۳/۱۸۴**	۳/۰۲۷**
محرک‌های‌زیستی	۶	۱۶/۵۱۲**	۱۱/۲۹۵**	۹/۴۳۹ *	۶/۳۱۲**	۹/۰۱۵**	۳/۸۶۳ *	۷/۹۱۲**	۲۱/۵۶۴**	۵۲/۴۱۲**	۰/۶۵۸ **
کم‌آبی×محرک‌های زیستی	۱۸	۳۱/۲۹۶**	۲۶/۱۲۵**	۲۲/۳۱۳**	۱۵/۸۱۹**	۱۸/۲۱۹*	۵/۴۱۵**	۱۶/۲۵۳**	۲۹/۰۱۷**	۷۵/۳۸۱**	۱/۹۴۸**
خطا	۵۶	۶/۳۱۲	۷/۲۹۱	۵/۷۴۸	۳/۰۱۹	۴/۴۸۶	۳/۵۵۱	۶/۱۱۲	۶/۱۴۳	۸/۴۵۱	۲/۱۳۱
ضریب‌تغییرات(٪)	-	۱۱/۲۳	۱۰/۴۵	۱۲/۰۳	۱۰/۲۵	۱۱/۶۷	۱۱/۲۴	۱۰/۲۷	۱۲/۲۹	۱۱/۴۲	۹/۸۴

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

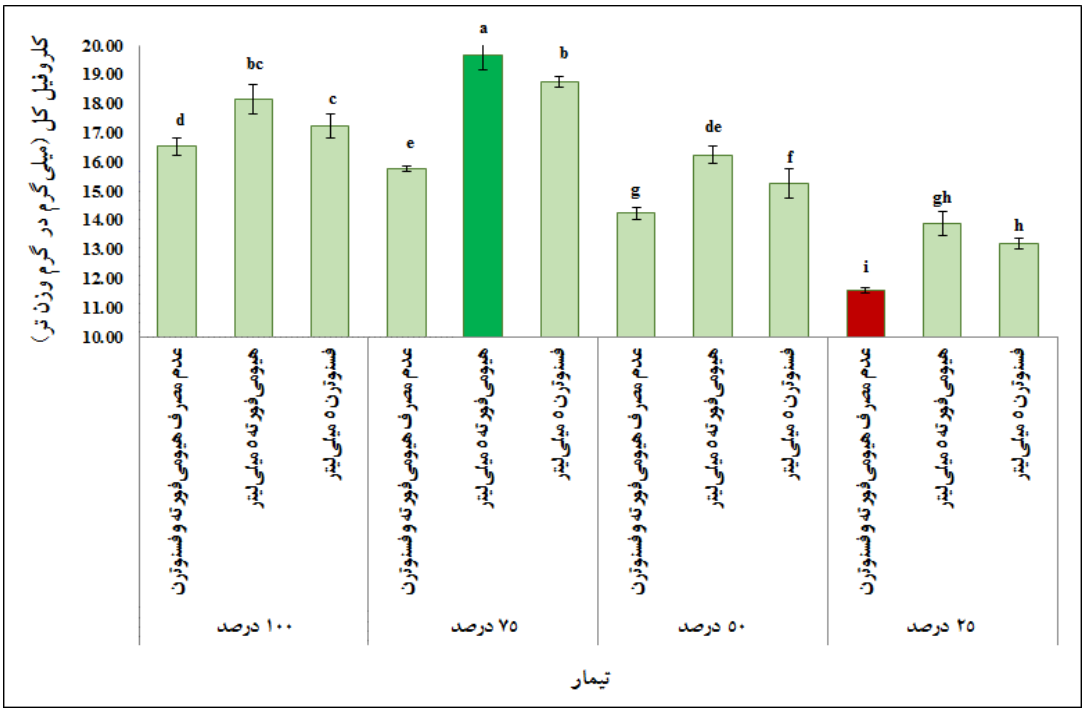
شاخص‌های رویشی: نتایج پژوهش نشان داد که در شرایط کم آبی، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه و ارتفاع گیاه بطور معنی‌داری کاهش یافت. محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن موجب کاهش اثرات منفی کم آبی در آویشن باغی شد. بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته و تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته، بیشترین وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته و بیشترین حجم ریشه و ارتفاع گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته بدست آمد. کمترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه و ارتفاع گیاه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف هیومی‌فورته و فسنوترن بود (جدول ۲).

محتوای کلروفیل کل: بررسی داده‌های حاصل از پژوهش نشان داد که محتوای کلروفیل کل در شرایط کم‌آبی بطور معنی‌داری نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش یافت. محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن موجب بهبود کلروفیل گردید که این اثر در تیمار هیومی‌فورته مشهودتر بود. بیشترین محتوای کلروفیل (۱۹/۶۴۵۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته و کمترین محتوای کلرفیل (۱۱/۵۹۷۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف هیومی‌فورته و فسنوترن بود (شکل ۱).

جدول ۲: اثر تنش کم‌آبی و غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه، ارتفاع گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)

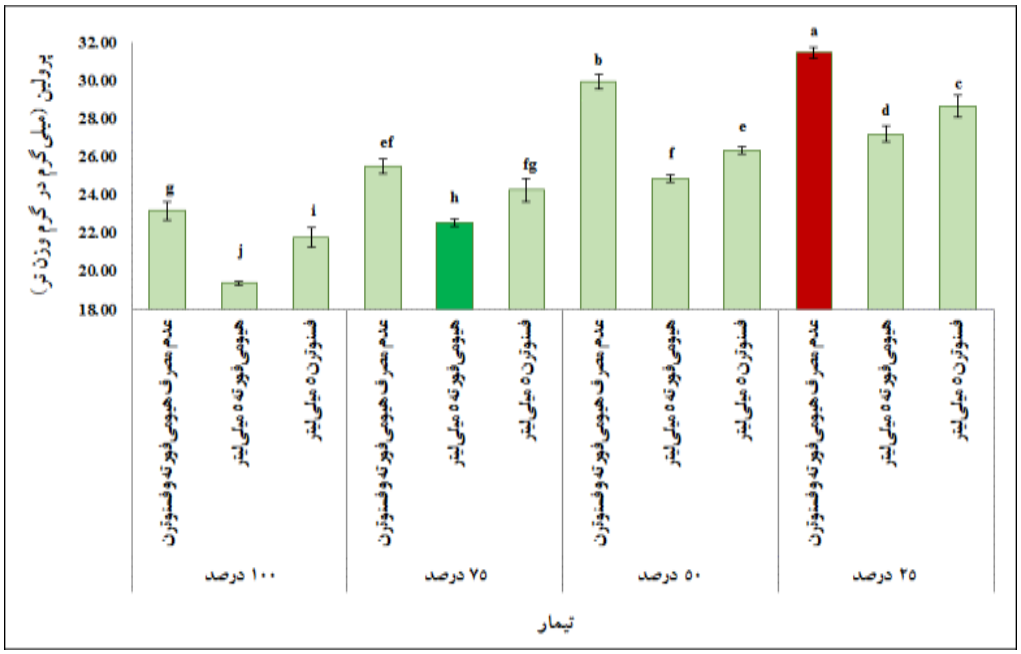
ظرفیت‌زراعی (درصد)	هیومی‌فورته و فسنوترن (میلی‌لیتر)	وزن تر اندام‌هوایی(گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه(گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
۱۰۰	عدم مصرف	۴۳/۱۲^{e}	۲۵/۷۲^{d}	۲۱/۴۹^{d}	۵/۳۹^{d}	۲/۰۶^{d}	۲۱/۵۴^{e}
	هیومی‌فورته و فسنوترن	۵۸/۲۷^{a}	۳۱/۱۱^{a}	۲۵/۶۳^{b}	۶/۴۳^{b}	۲/۶۵^{a}	۲۵/۱۲^{a}
	هیومی‌فورته	۵۵/۸۳^{b}	۲۹/۴۵^{b}	۲۳/۹۵^{c}	۶/۰۱^{bc}	۲/۳۹^{b}	۲۳/۹۸^{b}
	فسنوترن	۴۰/۲۷^{f}	۲۳/۸۷^{e}	۱۹/۶۴^{e}	۴/۷۸^{e}	۱/۹۳^{e}	۲۰/۷۶^{f}
۷۵	عدم مصرف	۵۲/۱۹^{c}	۳۱/۵۲^{a}	۲۷/۴۲^{a}	۶/۸۳^{a}	۲/۲۴^{c}	۲۳/۴۱^{c}
	هیومی‌فورته و فسنوترن	۴۸/۲۵^{d}	۲۷/۹۵^{c}	۲۶/۱۵^{ab}	۵/۶۳^{c}	۲/۱۱^{cd}	۲۲/۳۵^{d}
	هیومی‌فورته	۳۵/۹۱^{gh}	۱۹/۱۲^{gh}	۱۷/۰۵^{f}	۳/۹۲^{fg}	۱/۶۲^{g}	۱۸/۷۳^{h}
	فسنوترن	۴۱/۳۸^{ef}	۲۴/۹۴^{de}	۲۰/۷۵^{de}	۴/۶۵^{ef}	۱/۸۵^{ef}	۲۰/۴۲^{fg}
۵۰	عدم مصرف	۳۷/۶۵^{g}	۲۱/۵۶^{f}	۱۹/۹۳^{e}	۴/۲۹^{f}	۱/۷۳^{f}	۱۹/۶۴^{g}
	هیومی‌فورته و فسنوترن	۲۹/۴۳^{j}	۱۶/۴۵^{i}	۱۲/۷۵^{h}	۳/۲۵^{i}	۱/۲۷^{i}	۱۶/۴۳^{j}
	هیومی‌فورته	۳۴/۵۶^{h}	۱۹/۹۸^{g}	۱۶/۳۸^{fg}	۳/۷۴^{g}	۱/۵۴^{gh}	۱۸/۱۶^{hi}
۲۵	فسنوترن	۳۲/۴۵^{i}	۱۷/۶۳^{h}	۱۵/۰۲^{g}	۳/۴۲^{h}	۱/۳۹^{h}	۱۷/۶۳^{i}

میانگین‌ها با حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 می‌باشد.



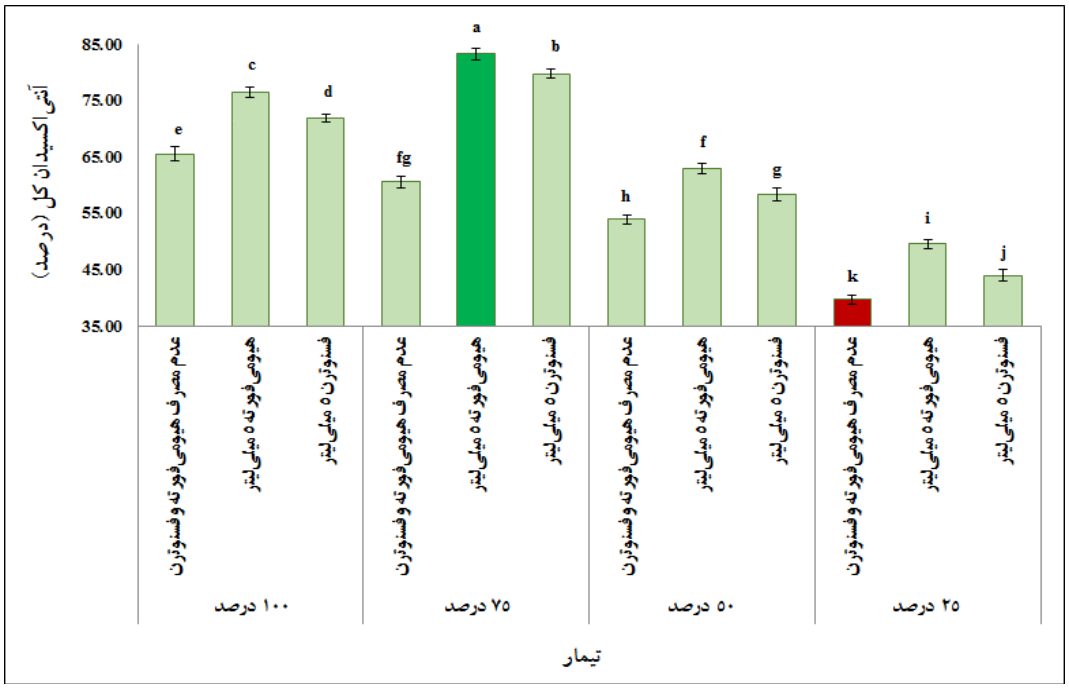
شکل ۱: اثر تنش کم‌آبی و محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن بر محتوای کلروفیل کل در گیاه آویشن باغی (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است).

میزان پرولین: نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان پرولین اندام هوایی در شرایط کم‌آبی نسبت به ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد بطور معنی‌داری افزایش نشان داد. محلول‌پاشی گیاهان تحت تنش کم‌آبی با غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن موجب بهبود میزان پرولین گردید. میزان پرولین در تمام تیمارهای اثرمتقابل کم‌آبی با غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن بیشتر از تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود. بیشترین و کمترین میزان پرولین با ۳۱/۴۵ و ۱۹/۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر به ترتیب در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف هیومی‌فورته و فسنوترن و تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته بود (شکل ۲).



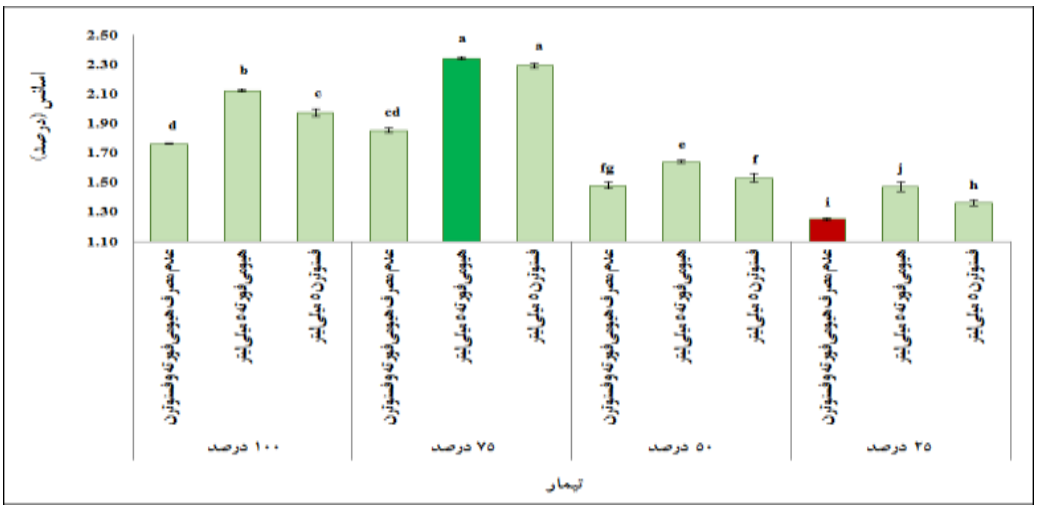
شکل ۲: اثر تنش کم‌آبی و محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن بر میزان پرولین در گیاه آویشن باغی(حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P\leq0.05$ است)

درصد آنتی‌اکسیدان کل: بررسی داده‌های پژوهش نشان داد که درصد آنتی‌اکسیدان کل در شرایط تنش آبی ۲۵ و ۵۰ درصد بطور معنی‌داری نسبت به ظرفیت زراعی ۷۵ و ۱۰۰ درصد کاهش یافت. محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن موجب بهبود درصد آنتی‌اکسیدان کل گردید که این اثر در تیمار هیومی‌فورته مشهودتر بود. بیشترین درصد آنتی‌اکسیدان کل (۸۳/۲۵ درصد) در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته و کمترین درصد آنتی‌اکسیدان کل (۳۹/۶۷ درصد) در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف هیومی‌فورته و فسنوترن بود (شکل ۱).



شکل ۳: اثر تنش کم‌آبی و محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن بر درصد آنتی‌اکسیدان کل در گیاه آویشن باغی (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است)

درصد اسانس: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار گیاهان با غلظت‌های مختلف محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن موجب افزایش درصد اسانس در شرایط تنش کم‌آبی گردید که این اثر مثبت در تیمار هیومی‌فورته نمایان‌تر است. بیشترین درصد اسانس (۲/۳٤٪) در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته و کمترین (۱/۲۵٪) در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف هیومی‌فورته و فسنوترن بود (شکل ٤).



شکل ٤: اثر تنش کم‌آبی و محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن بر درصد اسانس در گیاه آویشن باغی (حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است)

بحث

کاهش شاخص‌های رویشی گیاه تحت تنش کم‌آبی می‌تواند به علت عدم دسترسی کافی به آب برای آماس سلول‌ها و در نتیجه کاهش رشد و تقسیم سلولی باشد. کاهش سطح رویشی نیز موجب کاهش توانایی گیاه برای جذب نور و در نهایت تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد که می‌تواند دلیلی بر کاهش رشد گیاه و وزن اندام‌ها در شرایط تنش کم‌آبی باشد (Karimi et al., 2020). استفاده از محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته با افزایش جذب آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه موجب بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش پیکره رویشی می‌گردد. به بیانی افزایش معنی‌داری که در اثر استفاده از محرک‌های زیستی و از طریق بهبود رشد و نمو در عملکرد رویشی گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی مشاهده شد، حاصل تامین ترکیبات نیتروژندار و انواع اسیدهای آمینه از طریق این دو محرک زیستی می‌باشد که امکان جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش می‌دهد و با افزایش نیتروژن شاخص‌های رشد گیاه افزایش می‌یابد (Naghdibadi et al., 2015). Mortazaeinezhad و Jarzizadeh (۲۰۱۷) اثرات تنش خشکی در کاهش میزان عملکرد زیست توده (وزن تر و خشک اندام هوایی) را در گیاه کاسنی (*Cichorium intibus*) و Shehata و همکاران (۲۰۱۱) افزایش رشد رویشی و ارتفاع گیاه کرفس وحشی (*Kehlussia odoyatssimozaff*) را با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه گزارش نمودند. در پژوهش حاضر نیز تنش کم‌آبی موجب کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد گیاه آویشن باغی گردید که محلول‌پاشی با محرک‌های زیستی فسنوترن و هیومی‌فورته نقش موثری در کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی بر وزن تر و خشک اندام هوایی ریشه، حجم ریشه و ارتفاع گیاه داشت.

پژوهش نشان داد، محتوای کلروفیل کل در شرایط کم‌آبی بطور معنی‌داری نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش یافت. مطابق با یافته‌های Razavizadeh و همکاران (۲۰۱٤) نیز تنش کم آبی در گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.) موجب کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل کل در مقایسه با شاهد گردید. استفاده از اسیدهای آمینه در گیاه خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) موجب افزایش محتوای کلروفیل کل شد (Sani, 2011). محتوای کلروفیل برگ بعنوان یک عامل مهم در تعیین ظرفیت فتوسنتزی برگ محسوب می‌گردد و کاهش آن در زمان تنش کم‌آبی می‌تواند تحت تاثیر موازی هدایت روزنه‌ای و مزوفیلی منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ شود (Yamori and Shikanai, 2016). در زمان بروز تنش کم آبی انتقال الکترون از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک گیرنده اصلی الکترون ($NADP^+$) مختل شده و الکترون به مولکول اکسیژن منتقل می‌شود و در این زمان بالا بودن محتوای کلروفیل موجب افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) می‌گردد که اثرات تخریبی فراوانی بر کلروپلاست و سلول دارد که منجر به کاهش توانایی فتوسنتز و متعاقب آن ماده خشک گیاه می‌گردد (Fox et al., 2017). احتمالاً محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن **با** افزایش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی بخصوص نیتروژن منجر به بهبود محتوای رنگریزه‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز می‌گردند. همچنین اغلب ارتباط نزدیک و مثبتی میان میزان فتوسنتز خالص و میزان مواد غذایی کانی برگ‌ها مشاهده می‌شود (Abou Dahab et al., 2016).

در بسیاری از گیاهان پرولین به عنوان یک اسیدآمینه چندمنظوره در پاسخ به تنش غیرزیستی تجمع می‌یابد. افزایش میزان پرولین در بافت‌های گیاهان به نوعی بیانگر فعال شدن مکانیسم تنظیم

اسمزی است که شرایط را برای جذب بیشتر آب و املاح از محیط ریشه فراهم می‌آورد. همچنین پرولین به عنوان یک اسمولیت، سازگاری مناسبی با آنزیم‌ها و ماکرومولکول‌های سلول دارد و از ساختار پروتئین‌ها و غشاء سلول‌ها محافظت نموده و بعنوان جاذب رادیکال هیدروکسیل نیز عمل می‌نماید (Rostami et al., 2019). تحقیقات نشان داده است که محرک‌های زیستی مختلف مانند هیومی‌فورته و فسنوترن **با** افزایش فتوسنتز می‌توانند در رشد و تغییر محتوای فیتوشیمیایی گیاهان و در نتیجه افزایش عمکلرد تأثیر داشته باشند و در مجموع منجر به کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی در گیاهان گردند (Rezasefat Arbani et al., 2020). نتایج تحقیقات Ghaderi و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که اعمال تنش کم‌آبی در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) موجب افزایش میزان پرولین در اندام‌های هوایی گردید. Ramroodi و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش میزان پرولین تحت تنش کم‌آبی و تاثیر محرک‌های زیستی بر تنظیم سنتز پرولین در گیاه کاسنی (*Cichorium intibus*) را گزارش نمودند. در پژوهش حاضر نیز محلول‌پاشی گیاهان تحت تنش کم‌آبی با غلظت‌های مختلف هیومی‌فورته و فسنوترن موجب بهبود میزان پرولین گردید.

در این پژوهش درصد آنتی‌اکسیدان کل در شرایط تنش آبی ۲۵ و ۵۰ درصد بطور معنی‌داری نسبت به ظرفیت زراعی ۷۵ و ۱۰۰ درصد کاهش یافت. تنش کم‌آبی شدید موجب محدودیت رشد و فتوسنتز و در نتیجه کاهش دسترسی به مواد اولیه برای سنتز ترکیبات ثانویه می‌گردد و این امر بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه اثر منفی گذاشته و میزان آن را کاهش می‌دهد (Hamidipour, 2016). یافته‌های Soroori و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که تنش کم‌آبی شدید موجب کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) شد. اما به نظر می‌رسد محرک‌های زیستی به دلیل نقش در تنظیم رشد گیاه، افزایش محتوای کلروفیل و تحریک فتوسنتز، افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها و قابلیت تغییر در توزیع مواد فتوسنتزی با تاثیر مثبت بر رشد و کیفیت گیاه سبب افزایش درصد آنتی‌اکسیدانی می‌شوند (Guerra-Guimarães et al., 2016).

متابولیت‌های ثانویه گیاهان که اصلی‌ترین جنبه فیزیولوژی و بیوشیمی آنها است می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای محیطی و کمبود آب قرار گیرد (Rezakhani and Haj Seyed Hadi, 2017). محرک‌های زیستی به عنوان منبع تأمین نیتروژن با تحریک رشد سلولی، شرکت در تولید پروتئین گیاهی و کلروفیل، نقش موثری در افزایش فتوسنتز گیاه و در نتیجه تولید متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس دارند (Ghazi Manas et al., 2013). نتایج تحقیقات Khosheghbal ghorabaee و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که تنش خشکی در گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تولید متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات شیمیایی معطر را تحت تاثیر قرارداد. در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) محلول‌پاشی محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن موجب افزایش ماده خشک و در نتیجه درصد اسانس گردید (Saburi et al., 2014). در این پژوهش تیمار گیاهان با غلظت‌های مختلف محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن موجب افزایش درصد اسانس در شرایط تنش کم‌آبی گردید که این اثر مثبت در تیمار هیومی‌فورته نمایان‌تر بود.

نتیجه‌گیری کلی

از آنجایی که بیشتر مناطق ایران جز اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد و طی چند سال اخیر کاهش بارندگی منجر به خشکسالی و در نتیجه خسارات

فراوان به تولید محصولات کشاورزی در کشور شده است، می‌توان بیان نمود که شناخت روابط آبی گیاه و بررسی راهکارهای تحمل تنش کم‌آبی، شاید اصلی‌ترین برنامه در کشاورزی با اهمیت فراوان اقتصادی باشد. لذا در این تحقیق اثر تنش کم‌آبی بر گیاه دارویی آویشن باغی همراه با محلول‌پاشی محرک‌های زیستی هیومی‌فورته و فسنوترن مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد که افزایش سطوح تنش کم‌آبی (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) سبب کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد، محتوای کلروفیل، درصد آنتی‌اکسیدان کل و اسانس و افزایش میزان پرولین گردید. به طوری که بیشترین وزن تر اندام هوایی، حجم ریشه، ارتفاع گیاه، محتوای کلرفیل در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته و بیشترین وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، درصد آنتی‌اکسیدان کل و اسانس در تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته بدست آمد. بیشترین و کمترین میزان پرولین اندام هوایی به ترتیب در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم مصرف هیومی‌فورته و فسنوترن و تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی+ هیومی‌فورته بود. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از پژوهش، استفاده از محرک‌های زیستی به عنوان راهکاری جهت کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی در گیاهان دارویی از جمله آویشن باغی پیشنهاد می‌گردد.

References

Abou Dahab, T.A.M. and N.G, Abd El-Aziz's. (2016). Physiological Effect of Diphenylamin and Tryptophan on the Growth and Chemical Constituents of Philodendron erubescens Plants. World journal of Agricultural Science. 2 (1): 75 - 81.

Aminifard, M.H., Ghaderi Zadeh, H., Bayat, H. and A.R, Samadzade. (2020). Investigation of antioxidant activities and biochemical characteristics of drought-stressed fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.) in response to biopotasse and iron sulfate. Journal of Plant Enviromental Physiology, 15(57): 39-52.

Dareini, H., Abdossi, V. and Danaee, E. (2014). Effect of some essential oils on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera Jamesonii* cv. Sorbet). European Journal of Experimental Biology, 4(3): 276-280.

Babaee, M., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M. and R, Jabbari. (2010). Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26 (2): 239-251.

Bahrampour, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M. and J, Gholamnezhad. (2019). The effect of different media cultures on some growth characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants under drought stress. Journal of Plant Enviromental Physiology, 14(53): 104-116.

Bates, L.S., Waldren, R.P. and I.D, Teare. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. Journal of Plant and Soil, 39: 205–207.

Celikel, F.G. and M.S, Reid. (2002). Postharvest handling of stock (*Matthiola incana*). Journal of Horticulture Science, 37 (1): 144-147.

Danaee, E. and V, Abdossi. (2019). Phytochemical and Morphophysiological Responses in Basil (*Ocimum basilicum L.*) plant to Application of Polyamines. Journal of Medicinal Plants, 18 (1): 125-134.

Danaee, E. and V, Abdossi. (2021). Effects of silicon and nano-silicon on some morpho-physiological and phytochemical traits of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salinity stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 37 (1): 98-112.

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 196: 3–14.

Farsi, M., Abdollahi, F., Salehi, A. and Sh, Ghasemi. (2019). Physiological response of medicinal plant, marjoram (*Origanum majorana*) to methyl jasmonate in drought stress conditions. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 33 (3): 674-688.

Fox, K.F., Balevičius, V., Chmeliov, J., Valkunas, L., Ruban, A.V. and C.D, Duffy. (2017). The carotenoid pathway: what is important for excitation quenching in plant antenna complexes?. Physical Chemistry Chemical Physics, 19 (34): 22957-22968.

Ghaderi, A., Fakheri, B. and N, Mahdi Nezhad. (2017). Evaluation of the morphological and physiological traits of thyme (*Thymus vulgaris* L.) under water deficit stress and foliar application of ascorbic acid. Journal of Agricultural Crops Production, 19 (4): 817-835.

Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, S., Haj Seyed Hadi, M.R. and M.T, Darzi. (2013). Effects of vermicompost and nitrogen on quantitative and qualitative yeild of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29 (2): 269-280.

Guerra-Guimarães, L., Pinheiro, C., Chaves, I., Barros, D.R. and C.P, Ricardo. (2016). Protein dynamics in the plant extracellular space. Proteomes, 4 (3), 22.

Gorgini, H., khorasaninejad, S., Abbasi, M. and A, Tabasi. (1397). The effects of irrigation period and humic acid on morpho-physiological and biochemical traits of thyme (*Thymus vulgaris*). Journal of Plant Enviromental Physiology, 13(51): 67-82.

Haj Seyed Hadi, M.R. and H, Rezaee Ghale. (2016). Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian* Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 31 (6): 1057-1070.

Hamidipour, S. (2016). The effect of aminovululinic acid on growth, essential oil content and antioxidant responses of peppermint under drought stress, [Master's thesis, University of Shahrekord], https://www.sku.ac.ir.

Karimi, S., Zahedi, B. and H, Mumivand. (2020). Evaluation of the effect of drouth stress on growth, esential oil and some physiological traits of four Basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. Journal of plant production research, 27 (2): 201-213.

Khosheghbal ghorabaee, F., Ghasemi Pirbalouti, A., Enteshari, S. and S.J, Davarpanah. (2020). Qualitative and quantitative effects of drought stress on essential oil compositions of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 33 (2): 292-302.

Mirzaei, M., Ladan Moghadam, A., Hakimi, L. and E, Danaee. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) improve plant growth, antioxidant capacity, and essential oil properties of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) under water stress. Iranian Journal of Plant Physiology, 10 (2): 3155-3166.

Mohamadi Farsani, M., Ghasemi Pirbalouti, A., Bakhshi Khaniki, Gh. and H, Momtaz. (1395). Effect of Paclobutrazol and Brassinosteroid elicitors on expression gene 1-deoxy xylulose-5-phosphate reductoisomerase and its relationship with the biosynthesis of monoterpene carvacrol and thymol in Thymus daenenesis Celak under drought stress. Journal of Plant Enviromental Physiology, 11(43): 76-89.

Moradi Marjaneh, E., Galavi, M., Ramroudi, M. and M, Solouki. (2019). Investigating some qualitative characteristics of Rosemary under the influence of various nutritional compounds spraying and different harvest time. Journal of Crop Production, 11 (4): 119-134.

Mortazaeinezhad, F. and E, Jarzizadeh. (2017). Effects of water stress on morphological and physiological Indices of *Cichorium intybus* L. for introduction in urban landscapes. Journal of Crop Production and Processing, Isfahan University of Technology, 6 (21): 279-290.

Naghdibadi, H.A., Labafi, M.R., Ghavami, N., Ghaderi, A., Abdossi, V. and A, mehrafrin. (2015). Phytochemical and morphological responses of *Thymus vulgaris* L. for biomimetic sprays based on amino acids and methanol. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 14 (54): 146-158.

Omer, E.A., Said-Al Ahl, H.A.H., ElGendy, A.G., Shaban, Kh.A. and M.S, Hussein. (2013). Effect of amino acids application on production, volatile oil and chemical composition of

chamomile cultivated in saline soil at Sinai. Journal of Applied Sciences Research. 9 (4): 3006-3021.

Popko, M., Wilk, R. and H, Górecki. (2014). New amino acid biostimulators based on protein hydrolysate of keratin. Przemysł Chemiczny. 93: 1012–1015.

Ramroodi, M., Rezaieenia, N., Gloeie, M. and M, Frozandeh. (2017). The effect of biological fertilizers on physiological properties and nutrients uptake of *Cichorium intibus* under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research, 15 (4): 25-32.

Razavizadeh, R., Shafeghat, M. and Sh, Najafi. (2014). Effect of water deficit on morphological and physiological parameters of *Carum copticum*. Iranian Journal of Plant Biology. 22 (3): 25-39.

Rezakhani, A. and M.R, Haj Seyed Hadi. (2017). Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 48(3): 777-786.

Rezasefat Arbani, M., Kalateh Jari, S., Foad Fatehi, F. and A, Khalighi. (2020). The effect of humi-forthi and L-arginine amino acid on growth, physiological and biochemical characteristics of Marigold (*Tagetes erecta*) under drought stress. Iranian Journal of Horticultural Science, 51 (2): 365-373.

Rostami, Gh., Moghaddam, M., Saeedi Pooya, E. and L, Ajdanian. (2019). The effect of humic acid foliar application on some morphophysiological and biochemical characteristics of spearmint (*Mentha spicata* L.) in drought stress conditions. Enviromental Stresses in Crop Sciences, 12 (1): 95-110.

Saburi, M., Haj Seyed Hadi, M.R. and M.T, Darzi. (2014). Effects of amino acids and nitrogen fixing bacteria on quantitative yield and essential oil content of basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Agricultural Science Developments, 3 (8): 265-268.

Sani, B. (2011). Effects of amino acids and irrigation interrupted on some characteristics in flixweed *(Descurainia sophia L.)*. International Conference on Biology, Environment and Chemistry. p: 375 –378.

Shehata, SM., Abdel-Azem, HS., Abou ElYazied, A. and AM, El-Gizawy. (2011). Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed Extract on Growth Chemical Constitutes, Yield and its Quality of Celeriac Plant. European Journal Scientific Research, 58 (2): 257 – 265.

Shojaaddini, M., Amiri, R. and S, Babaei. (2020). An investigation of the Susceptibility of 10 Iranian Grape Cultivars to *Lobesia botrana* (Lep.: Tortricidae). Quarterly Research Journal of Technical and Vocational University, 17 (2): 33-50.

Sodaii Zadeh, H., Shamsaie, M., Tajamoliyan, M., Mirmohammady Maibody, A.M. and M.A, Hakim Zadeh. (2016). The Effects of Water Stress on Some Morphological and Physiological Characteristics of *Satureja Hortensis*. Journal of Plant Process and Function Iranin Society of Plant Physiology, 5 (15): 1-12.

Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K. and A, Ladan Moghadam. (2021). Effect of Foliar Application of Proline on Morphological and Physiological Traits of *Calendula officinalis* L. under Drought Stress. Journal of Ornamental Plants, 11 (1): 13-30.

Yamori, W. and T, Shikanai. (2016). Physiological Functions of Cyclic Electron Transport Around Photosystem I in Sustaining Photosynthesis and Plant Growth. Annual Review Plant Biology, 29 (67): 81-106.

Zare Hassanabdi, M., Dashti, M. and M, Akhondi. (2020). The effect of two species of arbuscular mycorrhiza fungi on the activity of antioxidant enzymes and morphophysiological characteristics of *Mentha pulegium*. in drought stress. Iranian Medicinal Plants Technology, 2 (2): 83-100.