تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۵۳۳-۵٤٦
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1909.1460

مقاله پژوهشی

ارزیابی کاربرد و زمان مصرف اسیدآمینه گلایسین روی رشد، عملکرد اندام‌های رویشی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت شرایط مختلف آبیاری

ساره خواجه حسینی[۱]، فرزاد فنودی[۲*]، سید علی طباطبایی[۳]، رستم یزدانی بیوکی[۴]، جعفر مسعود سینکی[۲]

۱. دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان
۲. گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان
۳. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد
۴. استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی کاربرد و زمان مصرف اسیدآمینه گلایسین روی رشد، عملکرد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت شرایط مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح آبیاری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تخلیه آب قابل‌دسترس گیاه از خاک، به ترتیب شاهد، تنش متوسط، تنش شدید به‌عنوان تیمار اصلی و تیمارهای الف: محلول‌پاشی در دو سطح آب مقطر (شاهد) و اسیدآمینه گلایسین (۲/۵ در هزار) و ب: زمان محلول‌پاشی (رویشی و گلدهی، گلدهی) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد تیمارهای مختلف آبیاری باعث کاهش صفت‌های تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، عملکرد وزن تر، عملکرد وزن خشک و فنل کل گردید اما میزان آنتوسیانین افزایش پیدا کرد. بین تیمارهای زمان محلول‌پاشی در صفات مورد ارزیابی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. بررسی اثرات متقابل نشان داد که ترکیب تیمارهای آبیاری شاهد و محلول‌پاشی با گلایسین، باعث افزایش ارتفاع و تعداد شاخه جانبی شد. همچنین این ماده در ترکیب با تیمارهای آبیاری سطوح تنش متوسط و تنش شدید باعث افزایش تعداد برگ، عملکرد وزن تر و خشک گیاه، نسبت به شاهد شد. نتایج بررسی حاضر گویای آن بود که کاربرد خارجی اسیدآمینه گلایسین علاوه بر کاهش خسارات ناشی از کمبود آب را در گیاه، منجر به افزایش توانایی گیاه برای بهبود رشد و بالا بردن عملکرد نیز شده است.

واژه‌های کلیدی: **تعدیل اسمزی، رادیکال‌های آزاد، محلول‌پاشی، محلول‌های سازگار.**

مقدمه

زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)، درختچه‌ای چندساله با ارتفاع ۵۰ الی ۷۰ سانتی‌متر، از خانواده نعناعیان که دارای ظاهری خشبی با ساقه‌های چهارگوش است (Omid Beigi, 2005). برگ‌های کوچک و نوک‌تیز این گیاه به‌صورت متقابل روی ساقه قرارگرفته و دارای گل‌های بسیار معطر به رنگ آبی تیره مایل به بنفش و سفید است. گزارش شده است که این گیاه می‌توان به‌عنوان آرام‌کننده سرفه و خلط‌آور مورداستفاده قرار گیرد و مقوی معده نیز هست (Zargari, 1992).

تنش‌های محیطی متفاوتی بقاء، رشد و عملکرد گیاهان را در طبیعت تهدید کرده (Perez-Clemente and Vives, 2013) که تنش خشکی یکی از قابل‌توجه‌ترین تنش‌های محیطی محدودکننده تولید گیاهان در سرتاسر جهان به‌ویژه

* نگارنده پاسخگو: فرزاد فنودی. پست الکترونیک: farzadfanoodi@yahoo.com

مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Omidi et al., 2012). تنش خشکی عموماً باعث تخریب کلروپلاست‌ها شده و کاهش میزان کلروفیل، کاهش مقدار فعالیت آنزیم‌ها در چرخه کلوین در طی فرآیند فتوسنتز شده که درنهایت کاهش رشد سبزینه‌ای و عملکرد گیاه را سبب می‌گردد (Monakhova and Chernyadev, 2002). تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی در پژوهش‌های بسیاری موردبررسی قرار گرفته است. در گیاه زوفا آبیاری با ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش ارتفاع بوته، وزن برگ، ساقه و اندام هوایی مختلف گیاه را باعث شده است (Rasam et al., 2014). در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) سطوح مختلف تنش خشکی (۶۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) موجب کاهش معنی‌دار صفات رشد ازجمله ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی، میزان وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه گردید. با افزایش شدت تنش خشکی بر روی گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) تعداد گل در گیاه، تعداد شاخه جانبی، زیست‌توده تولیدی و عملکرد گل کاهش معنی‌داری یافت (Ahmadian et al., 2011).

یکی از تغییرات بیوشیمیایی در تنش‌های محیطی ازجمله تنش خشکی، تولید انواع گونه‌های فعال اکسیژن است (ROS) (Garratt et al., 2002) که مولکول‌های سمی بوده و باعث تخریب پروتئین‌ها، DNA و لیپیدها می‌شوند (Feranda et al., 2004).

گیاهان به‌عنوان موجودات بی‌تحرک، قادر به فرار در برابر تنش‌های محیطی نیستند، لذا سعی می‌کنند با استفاده از مکانیسم‌های متابولیسمی به تنش‌های محیطی پاسخ داده و قابلیت تحمل تنش را افزایش دهند (Perez-Clemente and Vives, 2013). تجمع محلول‌های سازگار کننده یکی از مکانیسم‌های مؤثر در تعدیل تنش‌های اسمزی ناشی از کم‌آبی یا شوری بوده که به‌صورت سنتز بیشتر مواد آلی مانند پروتئین، قندهای محلول (Rampino et al., 2006) و اسیدهای آمینه مانند گلایسین، پرولین، آلانین و والین (Ahmed et al., 2013) در اندام‌های هوایی و ریشه صورت می‌گیرد (Showler et al., 2010).

یکی دیگر از راهکارهای گیاهان برای مقابله با تنش‌های محیطی تنظیم ترکیبات فنولی است (Barros et al., 2016). گیاهان انواع زیادی از مشتقات فنلی ازجمله فنل‌های ساده، فلاونوئید، تانن‌ها، لیگنان‌ها، استیلبن‌ها، لیگنین‌ها، سوبرین، آنتوسیانین و کوتین دارند (Poorazizi and Mirjalili, 2016). این ترکیبات که جزو آنتی‌اکسیدان‌ها گیاهی بوده و توانایی بالایی در پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن تحت شرایط تنش‌های غیر زیستی دارند (Dicko, 2005). بر اساس نتایج توکلی و آقاجانی (Tavakoli and Aghajani, 2016)، گیاه زوفا فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی را در تنش شدید خشکی نشان داد. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، در شرایط آبیاری ۸۰٪ ظرفیت زراعی به دست آمد. مطابق نتایج پژوهشگران، نادری و همکاران (Nadery et al., 2015) در گیاه ریحان، سالارپور غربا و فرحبخش (Salarpour Ghoraba and Farahbakhsh, 2014) در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill)، افزایش تنش کمبود آب افزایش معنی‌دار میزان ترکیبات فنل کل را نسبت به شاهد نشان داد. گلایسین یکی از اسیدآمینه‌های تولیدی در جریان تنش‌های محیطی بوده و فرمول شیمیایی آن NH_2-CH_2-COOH است و ازجمله اسمولیت‌های سازگار تولیدی در جریان تنش است. این مواد در غلظت‌های بالای سلولی، گیاهان را در مقابل تنش‌ها از طریق مکانیسم‌هایی همچون تنظیم اسمزی، سمیت‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن، محافظت از تمامیت غشاء و ثبات آنزیم‌های پروتئینی محافظت می‌کنند (Bohnert and Jensen, 1996). تحقیق حاضر باهدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین در کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی و زمان کاربرد آن بر خصوصیات رشد و عملکرد، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی زوفا تحت شرایط مختلف آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد با بافت خاک شنی لومی، pH= ۷/۶۷، ۰/۲۲۱ درصد ماده آلی (جدول ۱) به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ اجرا شد. سه رژیم مختلف آبیاری در ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد تخلیه آب قابل‌دسترس گیاه از خاک (به ترتیب شاهد، تنش متوسط، تنش شدید) به‌عنوان کرت‌های اصلی و تیمارهای محلول‌پاشی در دو سطح آب مقطر (شاهد) و اسیدآمینه گلایسین (۲/۵ در هزار) و دو سطح زمان محلول‌پاشی (رویشی و گلدهی، گلدهی) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی با سم‌پاش دستی در هوای صاف و در ساعت اولیه روز و روی تمام قسمت‌های گیاه

تا جاری شدن قطرات محلول صورت گرفت، به‌طوری‌که اندام-های هوایی خیس شدند.

بذرهای گیاه زوفا از شرکت پاکان بذر اصفهان (خلوص ۹۸٪، قوه نامیه ۹۰٪، وزن هزار دانه ۱/۰۳ گرم و ساخت ایران) و اسیدآمینه گلایسین (MERCK آلمان) تهیه و بر اساس مقدار غلظت در نظر گرفته‌شده در این آزمایش آماده گردید. زمین آزمایش در سال قبل آیش بود. ابعاد هر یک از کرت‌های آزمایش ۴×۳ متر بود. هر یک از کرت‌های آزمایش دارای شش ردیف کاشت بافاصله ۵۰ سانتی‌متر و بین بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. فواصل بین کرت‌های اصلی و بین بلوک‌های آزمایش به ترتیب ۱/۵ متر و ۳ متر در نظر گرفته شد. به‌منظور تأمین نیتروژن موردنیاز بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک کود اوره (۴۶٪ نیتروژن) در دو مرحله (پیش‌کاشت به خاک، اواسط دوره رویشی به‌صورت سرک گیاه) ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. کشت بذور به‌صورت مستقیم و دستی صورت گرفت و آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام و تا استقرار کامل گیاه (مرحله ۱۰ برگی) آبیاری کرت‌ها هر ۴ روز یک‌بار انجام گرفت. تنش آبی پس از استقرار کامل گیاه به‌وسیله‌ی افزایش فاصله‌ی دور آبیاری ۷ روز (شاهد، ۲۵ درصد تخلیه آب قابل‌دسترس) و ۹ روز (تنش متوسط، ۵۰ درصد آب قابل‌دسترس) و ۱۱ روز (تنش شدید، ۷۵ درصد تخلیه آب قابل‌دسترس) و انجام آن بر اساس ثبت رطوبت خاک به‌وسیله‌ی دستگاه TDR مدل (TRASE System 1) و محاسبه میزان پتانسیل آب خاک توسط منحنی رطوبتی خاک به‌وسیله دستگاه صفحات فشاری برای پتانسیل‌های مختلف انجام شد (Alavi Asl et al., 2014). کنترل علف‌های هرز در طول فصل رشد توسط وجین دستی انجام گرفت. در این پژوهش مراحل فنولوژی گیاه دارویی زوفا مراحل رشدی گیاه بر اساس رسیدن ۵۰ درصد گیاهان موردنظر به یک مرحله رشدی مشخص تعیین و فاصله زمانی تا هر مرحله بر اساس روز پس از کاشت گیاه ثبت گردید.

در مرحله گلدهی کامل، از هر واحد آزمایشی با در نظر گرفتن اثرات حاشیه سه بوته به‌طور تصادفی انتخاب (Khalili et al., 2012) و صفاتی ازجمله ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و تعداد برگ شمارش گردید. پس از برداشت، بوته‌ها در پاکت‌های مخصوص کاغذی قرار داده شدند و به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل شد و پس از اندازه‌گیری وزن تر آن‌ها، در سایه و درجه حرارت محیط (۲۵ درجه سانتی-گراد) به مدت ۱۵ روز خشک شدند. سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد و درنهایت عملکرد وزن تر و عملکرد وزن خشک با توجه به تعداد بوته در مترمربع محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری ترکیبات فنل کل از روش فولین سیوکالتیو استفاده شد. میزان ۱۰ میلی‌لیتر از حلال متانول ۸۰ درصد با ۰/۱ گرم از پودر خشک اندام‌های گیاه مخلوط و در انکوباتور شیکردار با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از طی مدت‌زمان ۲۴ ساعت، مخلوط فوق با سرعت ۳۰۰۰ دور سانتریفوژ و در آخر عصاره جدا گردید (Sukhdev et al., 2008). سپس ۲۰ میکرولیتر از عصاره تهیه‌شده را در لوله‌آزمایش ریخته و ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میکرولیتر فولین سیوکالتیو به آن اضافه شد. بعد از ۸-۱ دقیقه استراحت، ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به محلول اضافه شد و بعد از هم زدن به مدت ۳۰ دقیقه در حمام بخارآب ۴۰ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی قرار گرفت. در شاهد متانول خالص جایگزین عصاره متانولی گردید، سپس جذب آن‌ها در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Jenway 6105 u.v./vis) قرائت شد و غلظت فنل کل بر اساس منحنی استاندارد اسید گالیک تهیه و برحسب میلی‌گرم اسید گالیک در گرم نمونه خشک بیان گردید (Mashayekhi and Atashi, 2014).

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین و فلاونوئید نمونه‌های ۰/۱ گرمی از بافت تازه برگ در مرحله گلدهی کامل گیاه تهیه گردید و با سه میلی‌لیتر محلول متانول اسیدی (با ترکیب ۹۹ به ۱ متانول و هیدروژن کلرید) کوبیده و در تیوب‌های دو میلی‌لیتری ریخته شد. مخلوط همگن به مدت ۵ دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد، سپس فاز رویی جداشده، درون تیوپ جدید منتقل و به حجم دو میلی‌لیتر رسیدند. میزان جذب نوری در طول‌موج ۵۳۰ و ۳۰۰ نانومتر به ترتیب برای آنتوسیانین و فلاونوئید قرائت گردید. نتایج به‌صورت جذب در گرم وزن تر (OD / g FW) ارائه شد (Nogues and Baker, 2000).

جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری Ver. 9.4 SAS استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد، انجام گرفت. ترسیم شکل‌ها نیز توسط Ver. 2016 Excel صورت پذیرفت.

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physical and Chemical analysis of the field soil

عمق Depth	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	درصد ماده آلی Organic matter	سیلت Silt	رس Clay	شن Sand	نیتروژن کل N.tot	فسفر قابل‌جذب P_{abs}	پتاسیم قابل‌جذب K_{abs}
cm		$dS.cm^{-1}$		---------- (%) ----------				---------- ppm ----------		
0-30	شنی لومی	1.68	7.67	0.221	20	5	75	0.01	41.6	360

نتایج و بحث

ارتفاع

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی ($P <$ ۰/۰۵) بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند (جدول ۲). بر اساس مقایسات میانگین اثرات متقابل، بیشترین میزان ارتفاع (۳۶/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری شاهد و محلول‌پاشی با اسیدآمینه گلایسین و کمترین میزان (۳۲ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری تنش متوسط و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) مشاهده گردید (شکل ۱).

به‌طورکلی تنش خشکی ازجمله عوامل محدودکننده فتوسنتز و کاهش رشد در گیاه محسوب شده، زیرا با بسته شدن روزنه‌ها، CO_2 داخل سلولی کاهش می‌یابد و درنتیجه باعث تجمع ناقلین الکترون پرانرژی، تشکیل رادیکال‌های آزاد، آشفتگی کمپلکس‌های برداشت کننده نور و افت کارایی فتوسنتز می‌گردد (Griffiths and Parry, 2002). از طرف دیگر مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی ازجمله ساقه، به خاطر اختصاص سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به ریشه، انتقال‌یافته که این امر کاهش ارتفاع در بوته می‌گردد (Ribaut et al., 2012). با افزایش سطوح تنش خشکی در گیاه زوفا (Rasam et al., 2014; Rostami, 2016) و سیاه‌دانه (Rezapor et al., 2011) نیز ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. از سوی دیگر با کاربرد اسیدهای آمینه، امکان جذب نیتروژن توسط گیاه افزایش‌یافته که می‌تواند باعث افزایش طول بخش‌های هوایی و افزایش رشد گیاه و درنتیجه افزایش ارتفاع آن می‌شود (Abo Sedera, 2010).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زوفا تحت سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین و زمان کاربرد آن

Table 2. Analysis of variance (mean square) of the hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) traits evaluated under different levels of irrigation and glycine amino acid spraying and its application time

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branch	تعداد برگ Number of leaf	عملکرد وزن تر Fresh weight yield
Replication (R)	تکرار	2	13.02 ^{ns}	1083 ^{ns}	1532671 *	24116 *
Irrigation (I)	آبیاری	2	37.02 ^{ns}	7679 *	27759908 **	55424 *
Error a (Ea)	خطای اصلی	4	16.27	756	187640	3124
Foliar application Time (FT)	زمان محلول‌پاشی	1	1.77 ^{ns}	380 ^{ns}	23 ^{ns}	312 ^{ns}
Foliar application (F)	نوع محلول‌پاشی	1	4.00 ^{ns}	600 ^{ns}	336980 ^{ns}	361 ^{ns}
I × FT	آبیاری×زمان محلول‌پاشی	2	3.02 ^{ns}	642 ^{ns}	120595 ^{ns}	990 ^{ns}
I × F	آبیاری×نوع محلول‌پاشی	2	11.58 *	5190 **	1105059 **	8798 *
F × FT	نوع محلول‌پاشی×زمان محلول‌پاشی	1	1.77 ^{ns}	4203 *	1750 ^{ns}	106 ^{ns}
FT × F × I	آبیاری× نوع محلول‌پاشی× زمان محلول‌پاشی	2	3.02 ^{ns}	172 ^{ns}	152608 ^{ns}	1448 ^{ns}
Error b (Eb)	خطای فرعی	18	2.78	730.9	166030	2184
C.V (٪)	ضریب تغییرات		*4.87*	*19.85*	*15.72*	*17.10*

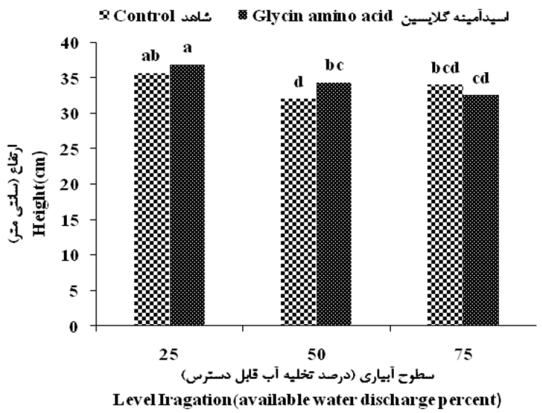
جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد وزن خشک Dry weight yield	فنل کل Total phenol	آنتوسیانین Anthocyanin	فلاونوئید Flavonoid
Replication (R)	تکرار	2	1360*	6.45**	0.00000053ns	0.000003ns
Irrigation (I)	آبیاری	2	8551**	48.68**	0.0097*	0.00072ns
Error a (Ea)	خطای اصلی	4	139.9	0.16	0.00083	0.00049
Foliar application Time (FT)	زمان محلول‌پاشی	1	2 ns	4.41ns	0.00081ns	0.00008ns
Foliar application (F)	نوع محلول‌پاشی	1	87.11ns	2.89ns	0.00072ns	0.00027ns
I × FT	آبیاری×زمان محلول‌پاشی	2	336.1ns	19.40**	0.00011ns	0.00013ns
I × F	آبیاری× نوع محلول‌پاشی	2	1731.6**	0.98ns	0.00003ns	0.00008ns
F × FT	نوع محلول‌پاشی × زمان محلول‌پاشی	1	28.4ns	0.36ns	0.00024ns	0.000007ns
FT × F × I	آبیاری×نوع محلول‌پاشی× زمان محلول‌پاشی	2	245.1ns	1.13ns	0.00164ns	0.000062ns
Error b (Eb)	خطای فرعی	18	217.4	2.062	0.00052	0.0006
C.V (٪)	ضریب تغییرات		*14.55*	*11.58*	*9.35*	*2.60*

ns، * و * *به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد است.

*and * *: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively. ns: Non- Significant



شکل ۱. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی بر ارتفاع گیاه زوفا

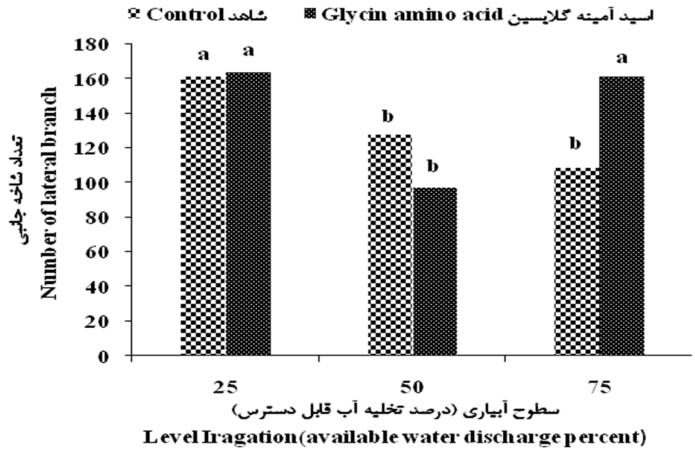
Fig. 1. Interaction effects of irrigation treatments and foliar application type on hyssop plant (*Hyssopus officinalis* L.) heigh

تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای آبیاری (P<۰/۰۵)، اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی (P<۰/۰۱) و همچنین اثرات متقابل نوع محلول‌پاشی و زمان محلول‌پاشی (P<۰/۰۵)، بر روی تعداد شاخه‌های جانبی معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی (۱۶۳ عدد) در اثرات متقابل تیمار آبیاری شاهد و محلول‌پاشی با اسیدآمینه گلایسین (شکل ۲) و اثرات متقابل محلول‌پاشی با اسیدآمینه گلایسین در زمان رویشی و گلدهی (۱۵۴ عدد) به دست آمد (شکل ۳).

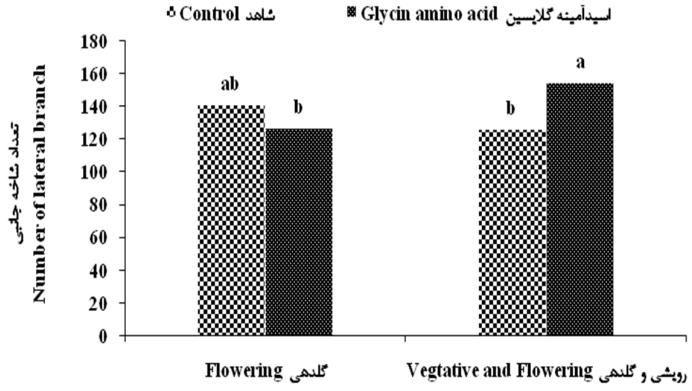
به‌طورکلی افزایش تعداد شاخه در شرایط تنش یک صفت نامطلوب محسوب شده، چراکه افزایش میزان تعرق را به همراه داشته که نتیجه آن اتلاف بیشتر آب از گیاه است (Keim and Kronstad, 1981). کاهش تعداد شاخه جانبی به‌موازات افزایش شدت تنش خشکی می‌تواند در راستای کاهش حجم رویشی گیاه برای کاهش تبخیر و تعرق باشد (Fallah et al., 2018). هر چه دوره خشکی طولانی‌تر باشد رشد اندام هوایی به سبب افزایش آبسیزیک اسید در اندام هوایی، کاهش بیشتری پیدا می‌کند (Oliveira and Penuelas, 2000). کمبود آب باعث افزایش تولید آبسیزیک اسید در برگ‌ها شده که با توزیع مجدد آن از مزوفیل به اپیدرم و بسته شدن روزنه‌ها، میزان دی‌اکسید کربن داخل سلولی کاهش‌یافته که درنهایت کاهش سرعت فتوسنتز و متعاقباً کاهش رشد را به همراه خواهد داشت (Bota et al., 2004; Tardieu et al., 1992). بنابراین کاهش تعداد و طول شاخه‌های جانبی یک نوع سازوکار سازگاری است که

به‌وسیله آن گیاه تلاش می‌کند اتـلاف آب را کاهش دهد. در این راستا بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، اسفندیاری و همکاران (Esfandiari et al., 2010) در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، نیز کاهش تعداد شاخه‌های فرعی را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند.



شکل ۲. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی بر تعداد شاخه جانبی گیاه زوفا

Fig. 2. Interaction effects of irrigation treatments and foliar application type on hyssop plant (*Hyssopus officinalis* L.) number of lateral branch.



شکل ۳. اثرات متقابل تیمارهای نوع محلول‌پاشی و زمان محلول‌پاشی بر تعداد شاخه جانبی گیاه زوفا

Fig. 3. Interaction effects of foliar application type and foliar application time treatments on hyssop plant (*Hyssopus officinalis* L.) number of lateral branch.

با نظر به اینکه اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن، در تولید پروتئین گیاهی و سبزینه (کلروفیل) و درنتیجه افزایش سطح برگ و نورساخت گیاه مؤثرند درنتیجه افزایش رشد ازجمله افزایش تعداد ساقه‌های جانبی در گیاه از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه‌ای همانند گلایسین قابل‌انتظار است (Ghazi Manas et al., 2013).

تیمارهای آبیاری و اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی بر روی تعداد برگ معنی‌دار ($P<0/01$) بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اثرات توأم تیمارهای آبیاری شاهد و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) دارای بیشترین تعداد برگ (۴۷۷۹ عدد) و تیمار آبیاری شدید و محلول‌پاشی با آب مقطر شاهد) کمترین تعداد برگ (۱۴۲۲ عدد) را دارا بود (شکل ۴). اثرات متقابل تیمار آبیاری تنش

متوسط با محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین باعث افزایش (۴/۵۱ درصد) تعداد برگ و همچنین تیمار آبیاری تنش شدید با محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین باعث افزایش (۱۵/۸۹ درصد) تعداد برگ، نسبت به شاهد گردید (شکل ۴). کاهش سطح برگ اولین اقدام گیاه برای مقابله با خشکی است، چراکه با افزایش تنش روی تشکیل سلول‌های اولیه برگ و تمایز آن‌ها اثر گذاشته و کاهش تعداد برگ سبب می‌شود. از طرفی تجمع اتیلن و افزایش تحریک ریزش برگ نیز یک نوع سازگاری مرفولوژیکی در جهت کاهش تعرق در گیاه است (Munne-Bosch and Alegre, 2004). مشابه با همین نتایج در پژوهش‌های جزی‌زاده و مرتضایی‌نژاد (Jazizade and Mortazaeinezhad, 2017) بر روی گیاه کاسنی و همین‌طور ستایش مهر و گنجعلی (Setayesh Mehr and Ganjali, 2013) بر روی شوید نیز گزارش گردید.

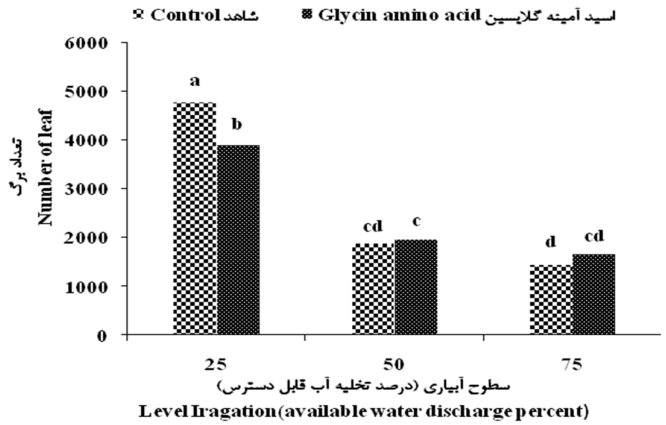
عملکرد وزن تر و خشک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای آبیاری ($P<0/05$) و اثر متقابل تیمار آبیاری در نوع محلول‌پاشی بر عملکرد وزن تر گیاه معنی‌دار ($P<0/05$) بودند (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی، تیمار آبیاری شاهد و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) دارای بیشترین میزان عملکرد وزن تر (۳۷۶ گرم در مترمربع) و تیمار آبیاری تنش شدید و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) کمترین مقدار (۱۸۹ گرم در مترمربع) عملکرد وزن تر را دارا بود (شکل ۵). اثرات متقابل تیمار آبیاری شاهد و محلول‌پاشی با اسیدآمینه گلایسین ۲۲/۰۷ درصد باعث کاهش عملکرد وزن تر نسبت به شاهد گردید.

اما اثرات متقابل تیمار آبیاری متوسط و محلول‌پاشی با اسیدآمینه گلایسین و همین‌طور اثرات متقابل تیمار آبیاری شدید و محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین به ترتیب باعث افزایش ۶/۴۳ و ۱۷/۴۶ درصدی عملکرد وزن تر نسبت به تیمار شاهد گردید (شکل ۵)

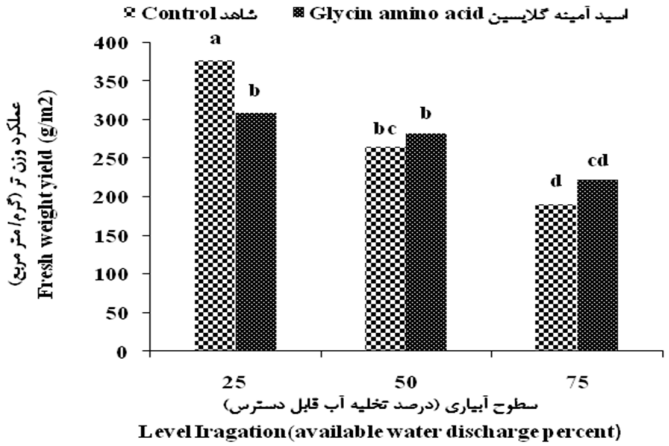
کاهش وزن تر اندام‌های هوایی گیاه در شرایط تنش خشکی می‌تواند درنتیجه دسترس نبودن آب کافی برای آماس سلول‌ها باشد (Farooq and Bano, 2006). از سوی دیگر کمبود آب در خاک باعث افزایش اسید آبسیزیک و کاهش اکسین و سیتوکینین گشته، درنتیجه افزایش رشد قسمت‌های هوایی گیاه در مقایسه با گیاهان شاهد اتفاق می‌افتد (Seeley, 1990).

افزایش رشد و درنتیجه افزایش عملکرد وزن تر در این پژوهش را می‌توان با در نظر گرفتن نقش اسیدآمینه‌هایی مانند گلایسین در افزایش پتانسیل اسمزی بعنوان اسمولیت‌های سازگار در گیاه توجیه نمود. چراکه با افزایش پتانسیل اسمزی در گیاه و درنتیجه با جذب آب توسط گیاه آماس سلول‌ها حادث می‌یابد. با توجه به اینکه رشد و نمو گیاهان بستگی به‌سرعت تولید و بزرگ شدن سلول‌های جدید داشته و گیاهان فقط در حالت آماس، قادر به تقسیم سلولی هستند، لذا با ایجاد حالت آماس تقسیم سلولی افزایش پیداکرده و رشد گیاه را باعث می‌گردد (Kadkhodaie et al., 2014).



شکل ۴. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی بر تعداد برگ گیاه زوفا

Fig. 4. Interaction effects of irrigation treatments and foliar application type on hyssop plant (*Hyssopus officinalis* L.) number of leaf.



شکل ۵. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی بر عملکرد وزن تر گیاه زوفا

Fig 5. Interaction effects of irrigation treatments and foliar application type on hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) phant number of fresh weight yield.

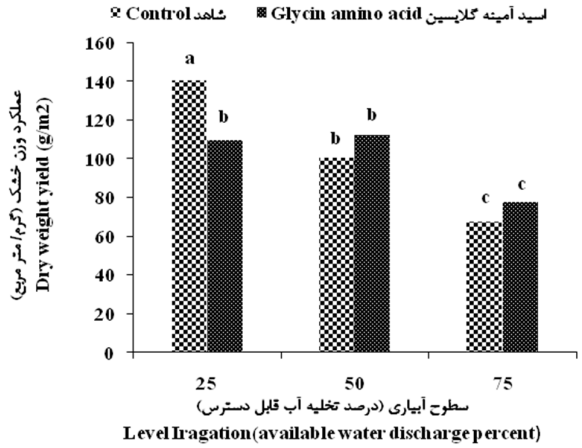
بین تیمارهای آبیاری و همین‌طور اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی ($P<۰/۰۱$) ازنظر عملکرد ماده خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی تیمار آبیاری شاهد و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) دارای بیشترین میزان عملکرد وزن خشک (۱۴۰/۵ گرم در مترمربع) و تیمار آبیاری تنش شدید و محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) کمترین مقدار (۶۷/۵ گرم در مترمربع) عملکرد وزن خشک را دارا بود (شکل ۶). اثرات متقابل تیمار آبیاری تنش متوسط و شدید، با محلول‌پاشی اسیدآمینه گلایسین به ترتیب باعث افزایش (۱۱/۶۱ درصد) و (۱۴/۵۶ درصد) عملکرد ماده خشک نسبت به شاهد گردید.

کاهش وزن خشک اندام‌های گیاه تحت تنش خشکی را می‌توان به کاهش میزان فتوسنتز، تورژسانس سلولی و فعالیت کیناز وابسته به سایکلین نسبت داد (Sankar et al., 2007). در گیاهان اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*)، زوفا و رزماری (*Rosmarinus officinalis*) نیز با افزایش فواصل آبیاری وزن خشک اندام هوایی، به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (Koochaki and Sabet Teymori, 2012). ازآنجایی‌که اسمولیت‌ها شبکه پیچیده‌ی پروتئینی در دیواره ایجاد کرده و از طرفی در مهار اکسیژن فعال در مجموعه‌ی فتوسیستم II نقش دارند، بنابراین مانع از تجزیه مولکولی پروتئین‌های تنظیم‌کننده در مرکز مجموعه می‌شوند (Papageorgiou and Murata, 1995). ممکن است افزایش وزن خشک به دلیل کاهش صدمات وارده به فتوسیستم II و درنتیجه افزایش فتوسنتز و فراورده‌های فتوسنتزی باشد.

ترکیبات فنل کل، فلاونوئید، آنتوسیانین

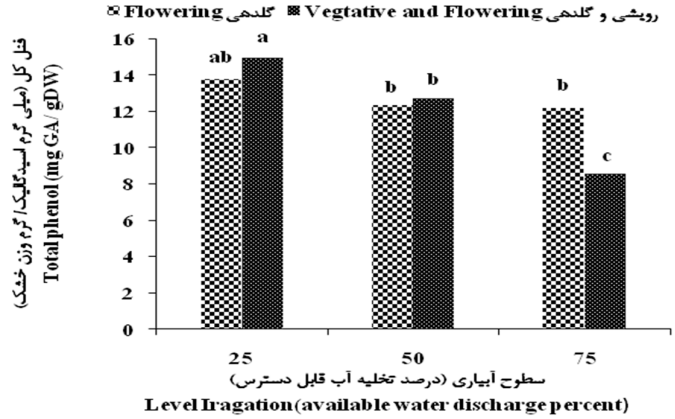
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای آبیاری ($P<۰/۰۱$) و اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و زمان محلول‌پاشی ($P<۰/۰۱$) بر میزان ترکیبات فنل کل معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسات میانگین نشان داد بیشترین میزان ترکیبات فنل کل (۱۴/۹۵ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک) را اثرات متقابل تیمار آبیاری شاهد در زمان رویشی و گلدهی و کمترین میزان ترکیبات فنل کل (۸/۵۵ میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک) را اثرات متقابل تیمار آبیاری تنش شدید در زمان رویشی و گلدهی دارا بود (شکل ۷).

افزایش سطوح ترکیبات فنلی ازجمله سیستم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تحت تنش خشکی است. این‌گونه ترکیبات با پالایش گونه‌های واکنشگر اکسیژن، سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (Chang et al., 2002)؛ اما در این آزمایش در طول تنش خشکی، میزان ترکیبات فنلی کاهش‌یافته و نتوانست نقش آنتی‌اکسیدانی خود را ایفا کند. در همین راستا داوود و ساداک (Dawood and Sadak, 2014) کاهش ترکیبات فنل کل را در کانولا (*Brassica napus* L.) در شرایط کمبود آب گزارش کردند.



شکل ۶. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی روی عملکرد وزن خشک گیاه زوفا

Fig. 6. Interaction effects of irrigation treatments and foliar application type on hyssop plant (*Hyssopus officinalis* L.) dry weight yield.



شکل ۷. اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و زمان محلول‌پاشی بر ترکیبات فنل کل گیاه زوفا

Fig. 7. Interaction effects of irrigation treatments and foliar application time on hyssop plant (*Hyssopus officinalis* L.) total phenol content.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای آبیاری و اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و نوع محلول‌پاشی ($P<۰/۰۵$) و همچنین اثرات متقابل سه‌گانه تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی و زمان محلول‌پاشی بر میزان فلاونوئید معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) نبودند (جدول ۲). به‌طورکلی فلاونوئیدها سنتز شده در سیتوپلاسم و نیز سطح سیتوپلاسمی شبکه آندوپلاسمی، با فعالیت آنتی‌اکسیدانی در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی در گیاه نقش حفاظتی دارند (Pourcel et al., 2006)؛ اما در این پژوهش، میزان فلاونوئید تغییرات معنی‌داری را نشان نداده و اثرات حفاظتی قابل‌توجهی را در برابر تنش وارده به گیاه نداشت.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای آبیاری ($P<۰/۰۵$) بر میزان آنتوسیانین معنی‌دار بودند (جدول ۲). با افزایش میزان تنش خشکی، افزایش معنی‌داری در میزان آنتوسیانین گیاه مشاهده شد به‌طوری‌که در تیمارهای آبیاری تنش شدید بیشترین میزان آنتوسیانین (۰/۲۷۵ جذب در گرم وزن تر) تولید گردید. تیمار آبیاری تنش شدید باعث افزایش میزان آنتوسیانین به میزان (۲۵/۵۷ درصد) نسبت به شاهد گردید. بین تیمارهای آبیاری شاهد و تنش متوسط اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). افزایش در میزان آنتوسیانین همراه با کمبود آب احتمالاً می‌تواند به دلیل اثرات مثبت آنتوسیانین بر حذف رادیکال‌های آزاد باشد. بدین

مفهوم که در شرایط تنش در گیاه برخی از ترکیبات، مانند متابولیت‌های ثانویه، آنتی‌اکسیدان‌ها و آنتوسیانین به میزان قابل‌توجهی افزایش پیدا می‌کنند. این افزایش به علت نقش حفاظت نوری آنتوسیانین به‌وسیله حذف مستقیم رادیکال‌های آزاد در طول تنش است. نظر بر این است که تولید متابولیت‌های ثانویه برای سازگاری گیاه نسبت به عوامل نامساعد و تنش‌های محیطی صورت گرفته و به‌منزله به کار افتادن یک نوع جریان دفاعی در جهت استمرار تعادل فعالیت‌های حیاتی است (Kruk et al., 2005). افزایش غلظت آنتوسیانین با افزایش کمبود آب در بابونه (Arazmjo et al., 2010)، بادرشبو (Abbaspour and Rezaei, 2015) نیز گزارش گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی زوفا تحت سطوح مختلف آبیاری

Table 3. Means Comparison of the hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) traits evaluated under different levels of irrigation

عامل Factor		آنتوسیانین Anthocyanin
		mg/g dW
Irrigation آبیاری		
Control	**شاهد**	0.219 b
Mild Strees	**تنش متوسط**	0.239 b
Severe Strees	**تنش شدید**	0.275 a
LSD(0.05)		0.033

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج این بررسی، تیمارهای مختلف آبیاری سبب کاهش معنی‌دار عملکرد و صفات رویشی مانند تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، عملکرد وزن تر و خشک گردید اما بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه تأثیر متفاوتی نداشت به صورتی که باعث کاهش میزان فنل کل و افزایش میزان آنتوسیانین شد. بین تیمارهای زمان محلول‌پاشی در صفات مورد ارزیابی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد هرچند افزایش رشد و عملکرد گیاه با محلول‌پاشی گلایسین اتفاق افتاد اما این افزایش اثر معنی‌داری بر روی فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه نداشت. به‌طوری‌که در تقابل با تیمارهای آبیاری شاهد، باعث افزایش معنی‌دار پارامترهای ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و در تقابل با تنش‌های متوسط و شدید آبیاری، افزایش تعداد برگ، عملکرد وزن تر و خشک گیاه را نسبت به شاهد شد. همچنین بیشترین میزان تعداد شاخه جانبی را محلول‌پاشی در زمان رویشی و گلدهی، دارا بود ولی در دیگر صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طورکلی اسیدآمینه گلایسین در گیاهان باعث افزایش پتانسیل اسمزی شده و درنتیجه، با جذب آب توسط گیاه آماس سلول‌ها افزایش پیدا می‌کند. ازآنجاکه رشد و نمو گیاهان بستگی به‌سرعت تولید و بزرگ شدن سلول‌های جدید دارد و گیاهان فقط در حالت آماس، قادر به تقسیم سلولی هستند، لذا با ایجاد حالت آماس توسط اسیدآمینه گلایسین تقسیم سلولی افزایش پیداکرده و رشد گیاه را سبب می‌شود. از طرف دیگر انجام عمل فتوسنتز نیاز به شرایط آبی مناسب دارد. در تیمار محلول‌پاشی با اسیدآمینه گلایسین، شرایط آبی در گیاه بهبود می‌یابد و شرایط برای عمل فتوسنتز فراهم می‌شود لذا با انجام عمل فتوسنتز بیشتر، محصولات فتوسنتزی افزایش می‌یابد و درنهایت سبب بهبود صفات رویشی و عملکرد گیاه در شرایط تنش می‌شود؛ بنابراین کاربرد خارجی اسیدآمینه گلایسین در شرایط تنش، علاوه بر کاهش میزان خسارت ناشی از تنش کم‌آبی و افزایش رشد و عملکرد در گیاه، می‌تواند گامی سازنده در جهت کاهش مصرف و بهبود کارایی مصرف آب با نظر به بحران کم‌آبی در کشاورزی بردارد.

منابع

Abbaspour, H., Rezaei H., 2015. Effects of gibberellic acid on Hill reaction, photosynthetic Pigment and phenolic compounds in Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in different drought stress levels. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology). 27(5), 893- 903.

Abo Sedera, F.A., Bader, L. A.A., Rezk, S. M. 2010. Effect of NPK mineral fertilizer levels and foliar application with humic and amino acids on yield and quality of strawberry. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 25, 54-169.

Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siasar, B., 2011. Effect of Drought Stress and use of Mineral and Inorganic Fertilizers and Their remnants on yield and yield components German Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Agroecology. 3(3), 383-395. [In Persian with English Summary].

Ahmed, I.M., Cao, F., Han, Y., Nadira, U.A., Zhang, G., Wu, F., 2013. Differential changes in grain ultra structure, amylase, protein and amino acid profiles between Tibetan wild and cultivated barleys under drought and salinity alone and combined stress. Food Chemistry. 141, 2743-2750.

Alavi Asl, S.A., Sirus Mansourifar, S., Modares Sanavi, A.M., Sadat Asilan, K., Tabatabaee, S.A., 2014. Effect of chitosan and zeolite on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under different irrigation conditions in Yazd. MSc dissertation. Faculty of Agriculture and Natural Resources. Payame Noor University of Alborz Province. Iran. [In Persian].

Arazmjo, A., Heidari, M., Ghorbani, A., 2010. The effect of water stress and three sources of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 4, 482-494. [In Persian with English Summary].

Babaee, K., Amini Dehagi, M., Modares-Sanavi, S.A.M., Jabbari, R., 2010. Water deficite Effect on morphology, proline content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatice Plant. 26(2), 239- 251. [In Persian with English Summary].

Barros, J., Serrani-Yarce, J.C., Chen, F., Baxter, D., Venables, B.J., Dixon, R.A., 2016. Role of bifunctional ammonia-lyase in grass cell wall biosynthesis. Nature Plants. 2, 16050.

Bohnert, H. J., Jensen, R. G. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Trends Biotechnol, 14: 89-97.

Bota, J., Flexas, J. and Medrano, H. 2004. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress?. New Phytolgist.162, 671-681.

Chang, W.C., Kim, S.C., Hwang, S.S., Choi, B.K. and Kim, S.K. 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science. 163, 1161-1168.

Dawood, M. G., Sadak, M. SH., 2014, Physiological Role of Glycinebetaine in Alleviating the Deleterious Effects of Drought Stress on Canola Plants (*Brassica napus* L.). Middle East Journal of Agriculture Research. 3(4), 943-954.

Dicko, M.H., Gruppen, H., Barro, C., Traore, A.S, Van Berkel W.J.H., Voragen, A.G.J., 2005. Impact of phenolic compounds and related enzymes in sorghum varieties for resistance and susceptibility to biotic and abiotic stresses. Journal of Chemical Ecology. 31, 2671–2688.

Esfandiari, T., Saberi, M., Mollafilabi, A., 2010. Effects of planting date and irrigation date on qualitative and quantitative characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Acta Horticulturae. 853, 47-52.

Fallah, F., KaKavand, R., Abasi Soroki, A., 2018. The competition effects of fenugreek and black cumin plants on yield and yield components under drought stress. Journal of Plant Production Research. 25(2), 35-51.

Feranda, F., Arlete, S., Isabel, S., Salema, R., 2004. Effect of long-term salt stress on antioxidant defense systems, leaf water relation and chloroplast ultrastructure of potato plants. Annals of Applied Biology. 145(2), 185-192.

Farooq, U., Bano, A., 2006. Effect of abscisic acid and cholorocholine chloride on nodulation and biochemical content of (*Vega radiata* L.) under water stress. Pakistan Journal of Botany. 38, 1511-1518.

Garratt, L.C., Janagoudr, B.S., Lowe, K.C., Anthony, P., Power, J.B., Davey, M.R., 2002. Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures. Free Radical Biology and Medicine. 33(4), 502-511.

Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, S., Haj Seyed Hadi, M. R., Darzi, M. T. 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. [In Persian with English Summary].

Griffiths, H., Parry, M.A.J.2002. Plant responses to water strees. Annals of Botany. 89, 801- 802.

Jazizade, E., Mortazaeinezhad, F., 2017. Effects of Water stress on Morphological and

Physiological Indices of (*Cichorium intybus* L.) for introduction in urban landscapes. Journal plant process function. 6 (21), 279-290. [In Persian with English Summary].

Kadkhodaie, H., Sodaeizadeh, H., Mosleh arani, A., 2014. The effects of exogenous application of glycine betain on growth and some physiological characteristics of Brossica napus under drought stress in field condition. Desert Ecosystem Engineering Journal. 3(4), 79-90.

Khalili, H., Daneshian, J., Madani, H., Naderi Boroujerdi, Gh., Chegini, M.,2012. Effect of Nitrogen Fertilizer and Plant Density on Growth and yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). Journal of Agricultural New Findings. 6(3), 222-229 [In Persian with English Summary].

Keim, D.L., Kronstad, W.E., 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. Crop Science. 21, 11-14.

Kruk, I., Aboul, E., Enein, H.Y., Michalska, T., Lichszteld, K., Kladna, A., 2005. Scavenging of reactive oxygen species by the plant phenols genistein and oleuropein. Lumineseence. 20, 81-89.

Koochaki, A., Sabet Teymoori, M., 2012. The effects of irrigation intervals, type of manure and stage of harvest on essential oil content and oil yield of three medicinal plants: (*Lavandula angustifolia*), (*Rosemarinus officinalis*) and (*Hyssopus officinalis*) in Mashhad conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 10, 485-495. [In Persian with English Summary].

Mashayekhi, K., Atashi, S., 2014. The Analyzing Methods in Plant Physiology (surveys befor and after harvest). Sirang Words Press, Gorgan, Iran. 310p. [In Persian].

Monakhova, O.F., Chernyadev, I.I., 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. American Society for Microbiology Journals. 38, 373-380.

Munne-Bosch S. and Alegre L. 2004. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. Functional Plant Biology. 31, 203-216.

Naderi, S., Esmaeilzade Bahabadi S., Fakheri B., 2015. The effect of chitosan on some physiological and biochemictry characterization in basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Plant Process and Function. 4(12), 29-41. [In Persian with English Summary].

Nogues, S., Baker, N.R., 2000. Effect of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. Journal of Experimental Botany. 51, 1309-1317.

Oliveira, G., Peñuelas, J., 2000. Comparative photochemical and phenomorphological responses to winter stress of an evergreen (*Quercus ilex* L.) and a semi-deciduous (*Cistus albidus* L.) Mediterranean woody species. Acta Oecologica. 21, 97–107.

Omidi, H., Movahadi, F., Movahadi, SH., 2012. The effect of salicylic acid and scarification on germination characteristics and proline, protein and soluble carbohydrate content of Prosopis (*Prosopis farcta* L.) seedling under salt stress. Range and Desert Research. 18(4), 608-623. [In Persian with English Summary].

Omid Beigi, R., 2005. Approaches to the Production and Processing of Medicinal Plants. Volume I., Astan Quds Razavi Publishing. 397p. [In Persian].

Papageorgiou, G.C., Murata, N. 1995. The unusually strong stabilizing effects of glycine betaine on the structure and function of the oxygen-evolving Photosystem II complex. Photosynthesis Research. 44, 243-252.

Pourcel L., Routaboul J.M., Cheynier V., Lepiniec L, Debeaujon I., 2006. Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological Functions. Trends in Plant Science.12 (1), 29-36

Perez-Clemente, R.M., Vives, V., Zandalinas, S.I., López-Climent, M.F., Muñoz, V., Gómez-Cadenas, A., 2013. Biotechnological Approaches to Study Plant Responses to Stress. BioMed Research International, Article ID 654120, 10 pages. http://dx.doi.org/ 10.1155/ 2013/ 6541210.

Poorazizi, E., Mirjalili, S.A., 2016. Plant Biochemitry (Vol. 2). Institute of Applied Science Technology Jahad Daneshgahi Publication. 228 p. [In Persian].

Rampino, P., Pataleo, S., Gerardi, C., Mita, J., Perrotta, C., 2006. Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. Plant, Cell and Environment. 29, 2143-2152.

Rasam, Q., Dadkhah, A., Khashnvod Yazdi, A., 2014. Evaluation of the effect of water deficit on morphological and physiological traits of hyssop (*Hyssopus officinalis* L). Journal of

Agronomy Science, 5, 1-12. [In Persian with English Summary].

Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi1, M., Ramrodi, M., 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, grain yield components and osmotic adjustment in (*Nigella sativa* L.) Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 27(3), 384-396. [In Persian with English summary].

Ribaut, JM., Betran J., Monneveux, P., Setter, T., 2012. Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J.L., Hake, S.C. (Eds.), Handbook of Maize, Its Biology. Springer, New York, pp. 311–34.

Rostami, M., 2016. Response of hyssop morphological traits to deficit irrigation in greenhouse condition. Agroecology Journal. 12(2), 19-24. [In Persian with English Summary].

Salarpour Ghoraba, F., Farahbakhsh, H., 2014. Effects of drought stress and salicylic acid on morphological and physiological traits of (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture). 16(3), 765-778.

Sankar, B., Jaleel, C.A., Manivanna, P., Kishorekumor, A., Somasundaram, R. andPanneerselva, R., 2007.Droughtinduced biochemical modifications and proline metabolism in (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench. Acta Botanica Croatica. 66, 43-56.

Seeley, S., 1990. Hormonal transduction of environmental stresses. Horticultural Science. 25, 1369-1376.

Setayesh Mehr, Z., Ganjali, A., 2013. Study of the effects of drought stress on growth and physiological characteristics of the Dill plant. (*Anethum graveolens* L.). Journal of Horticultural Science. 27(1), 27-35.

Showler, A.T., Castro, B.A., 2010. Influence of drought stress on Mexican rice borer (*Lepidoptera: Crambidae*) oviposition preference in sugarcane. Crop Protection. 28, 722-727.

Sukhdev, S., Handa, S., Singh, P., Gennaro, Kh., Dev, L., Dutt, R. 2008. Extraction technologies for medicinal and aromatic plants, International Centre for Science and High Technology, 260p.

Tardieu, F.; J. Zhang; N. Katerji; O. Bethenod; S. Palmer and W. J. Davies. 1992. Xylem ABA controls the stomatal conductance of field grown maize subjected to soil compaction or soil drying. Plant, Cell and Environment. 15, 193-197.

Tavakoli, M., Aghajani, Z., 2016. The effects of drought stress on the components of the essential oil of (*Hyssopus officinalis* L.) and determining the antioxidative properties of its water extracts. Journal of Applied Environmental and Biological Science, 6(2), 31-36.

Zargari A., 1992. Herbal Medicine. Tehran Univercity. 970 p. [In Persian].

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 2, pp. 533-546
Summer 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1909.1460

Original article

Evaluation of usage and time of glycine amino acid application on growth and vegetative organs yield and antioxidant activity of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under different irrigation conditions

S. Khajahhosseini1, F. Fanoodi [2*], S.A. Tabatabaei [3], R. Yazdani[4], J.Masoud Sinaki [2]

1. PhD student, Department of Agriculture, Damghan Islamic Azad University, Damghan, Iran
2. Department of Agriculture, Damghan Islamic Azad University, Damghan, Iran
3. Seed and Plant Improvment Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
4. Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

Received 28 September 2018; Accepted 3 November 2018

Abstract

To evaluate the effects of usage and time of glycine amino acid application on growth and yield and antioxidant activity of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under different irrigation conditions, a factorial split plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the research field of Yazd Agricultural and Natural Resources Center in 2016-2017. The experimental treatments included irrigation at three levels 25, 50, 75% of the available water discharge from the soil,so as control, middle strees, intense stress As main treatments and spraying treatments in two levels of distilled water (control) and glycine amino acid (2.5 per thousand) and time of spraying (vegetative and flowering, just flowering) were considered as sub plots. The results showed that different irrigation treatments reduced the number of lateral branches, number of leaf, fresh and dry weight yields, total phenol, but the anthocyanin content increased. No significant differences were observed between foliar application time treatments. Interaction effects showed that the combination of control irrigation and foliar application of glycine increased the height and number of lateral branches. Also this material in combination with irrigation mild and severe stress treatments levels increased leaf number, fresh and dry weight yield of plant compared to control. The results of this present study indicated that the external application of glycine amino acid in addition to reducing the damage caused by water stress in the plant, also has increased the plant's ability to improve grow and enhance yield.

***Keywords*:** Compatible solutions, Foliar application, Free radicals. Osmotic modification.

[*]Correspondent author: farzad fanoodi; E-Mail: farzadfanoodi@yahoo.com.