مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و اسانس آویشن دنایی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

علی کاظم‌پور[۱]، یونس شرقی[۲*]، سیدعلی محمد مدرس ثانوی[۳]، حسین زاهدی[۴] و فاطمه سفیدکن[۵]

[۱] گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، اسلامشهر، ایران

[۲و۴] گروه کشاورزی و مرکز تحقیقات کشت‌های تلفیقی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

[۳] گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۵] مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۱/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۴/۰۶)

چکیده

جهت مطالعه اثر محلول‌پاشی اسیدهای‌آمینه بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و اسانس آویشن دنایی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس طی سال زراعی ۱۳۹۷ انجام شد. عوامل آزمایش شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح آبیاری کامل، تنش‌های آبی متوسط و شدید به‌ترتیب قطع آبیاری تا تخلیه ۲۵، ۴۵ و ۶۵ درصد آب قابل‌استفاده موجود در ریشه و سپس آبیاری تا حد ظرفیت‌مزرعه از زمان استقرار گیاه تا برداشت در کرت‌های اصلی و رژیم‌های محلول‌پاشی با شش نوع ماده شامل آسپارتیک‌اسید، تیروزین، پرولین، اسیدهای‌آمینه تجاری، آب‌مقطر و عدم‌محلول‌پاشی برای کرت‌های فرعی لحاظ شدند. براساس نتایج با کاهش آبیاری تا تنش آبی شدید ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ، کلروفیل کل، درصد و عملکرد اسانس کاهش و گایکول پراکسیداز و پرولین افزایش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل نشان دادند. فعالیت کاتالاز تحت تنش آبی متوسط افزایش و تنش آبی شدید کاهش یافت. محلول‌پاشی اسیدهای‌آمینه اثر افزایشی مثبتی بر صفات مورد بررسی داشت. بیشترین عملکرد اسانس حدود ۱۱/۲۰ کیلوگرم در هکتار به بوته‌های تحت محلول‌پاشی پرولین و اسیدآمینه تجاری در شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت. براساس نتایج کلی محلول‌پاشی پرولین با افزایش غلظت اسمولیت‌هایی نظیر پرولین در شرایط تنش آبی و حفظ فشار اسمزی در تحمل تنش خشکی به گیاه کمک کرده و باعث جبران بخشی از کاهش رشد و وزن خشک شود. لذا مصرف این اسیدآمینه در شرایط تنش برای کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی توصیه می‌شود. در شرایط عدم‌تنش محلول-پاشی این نوع از اسیدهای‌آمینه بیشترین تأثیر بر رشد و عملکرد گیاه را داشت.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اسیدآمینه تجاری، پرولین، عملکرد اسانس

مقدمه

گیاهان دارویی سنتی مجموعه از گیاهان هستند که بیشترین منابع اصلی طبیعی از ترکیبات فیتوشیمیایی مهم و فعال داروها

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Younes.Sharghi@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

را تشکیل می‌دهند که در درمان بسیاری از بیماری‌ها مؤثر و ارزشمند هستند (Olasehinde *et al*., 2012). آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak.) گیاهی از خانواده Lamiaceae و چند ساله است که در دامنه وسیعی از کوهستان‌ها و مراتع ایران از جمله ارتفاعات زاگرس و برخی از بخش‌های رشته‌کوه البرز پراکنده شده و دارای بیشترین فراوانی نسبت به سایر نقاط ایران است (Bahreynejad *et al*., 2013). این گیاه به‌دلیل ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی و ضدمیکروبی خود به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و قسمت‌های هوایی آن از جمله گل‌ها برای تولید داروهای مقوی برای درمان‌های ضدنفخ، گوارشی، ضداسپاسم، ضدالتهاب، خلط‌آور و سرماخوردگی در طب سنتی ایران استفاده می‌شود (Pirbaloutl, 2009; Ghasemi Pirbalouti *et al*., 2014). کیفیت گیاهان دارویی تا حد زیادی توسط ترکیبات طبیعی مربوطه (متابولیت‌های ثانویه) معین می‌شود و میزان و کیفیت این ترکیبات توسط عوامل محیطی همچون دسترسی به آب تعیین می‌گردد (Kleinwächter *et al*., 2015).

کمبود آب از مهم‌ترین عوامل اقلیمی کاهش‌دهنده و تهدیدکننده امنیت محصولات کشاورزی و غذایی است که بر توزیع و پراکنش گیاهان اثر گذاشته و باعث تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاه می‌شود (Ahmadizadeh, 2013). یک همبستگی قوی بین رشد گیاه و دسترسی به آب وجود دارد زیرا در این شرایط رشد گیاهان در نتیجه کاهش انبساط و تورگور دیواره سلولی مهار می‌شود (Seleiman *et al*., 2019). در پژوهشی بر گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه با تشدید تنش خشکی تا سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی وزن اندام هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد بررسی کاهش یافت (Lebaschy and Sharifi Ashoorabadi, 2004). در بررسی‌های دیگر بر آویشن وزن خشک برگ و ساقه آویشن تحت تنش خشکی کاهش داشت (Askary *et al*., 2021). تحریک تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در گیاهان به‌عنوان پاسخی به تنش خشکی است و اما افزایش بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) با پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و همچنین برهمکنش مستقیم با ماکرومولکول‌های متعدد باعث آسیب اکسیداتیو می‌شود که درنهایت کاهش رشد و عملکرد و در مواردی مرگ گیاه را در پی دارد (Pal *et al*., 2015). تنظیم اسمزی در سلول‌های گیاهان تحت تنش آبی نیز به‌عنوان یک سازگاری فیزیولوژیکی رایج با شرایط خشکی شناخته می‌شود. قندهای محلول و پرولین از جمله املاح رایجی هستند که نقش عمده‌ای در تنظیم اسمزی داشته به‌طوری‌که غشاها را از آسیب محافظت کرده و ساختار و فعالیت پروتئین‌ها و آنزیم‌ها را تثبیت می‌کنند (Karimi *et al*., 2012). طی مطالعات محققین بر گیاهچه‌های ذرت، مقدار پروتئین محلول و پرولین برگ تحت تنش خشکی افزایش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل نشان داد (Ahmad *et al*., 2019). تنظیم اسمزی و سایر پاسخ‌های فیزیولوژیکی به تنش خشکی ممکن است سازگاری کوتاه‌مدت در برابر کمبود آب موقت را فراهم کند. با این حال، این استراتژی‌ها ممکن است برای غلبه بر تنش شدید در طول دوره طولانی خشک‌سالی کافی نباشد (Hayat *et al*., 2012). علاوه بر این، مکانیسم‌های پاسخ احتمالاً هزینه بالایی را برای بهره‌وری گیاهان در پی دارند.

در شرایط نامساعد محیطی عمل ساخت اسیدهای آمینه دشوار یا متوقف می‌شود که مصرف اسیدهای آمینه به‌صورت کود، نیاز ساخت آن را توسط گیاه برطرف می‌کند و این امکان را به گیاه می‌دهد که انرژی ذخیره شده خود را صرف رشد بیشتر و بالابردن عملکرد و کیفیت محصول نماید (Thomas *et al*., 2009). اسیدهای آمینه می‌توانند نقش‌های مختلفی را در گیاهان ایفا کنند. آنها می‌توانند به‌عنوان عوامل کاهش‌دهنده تنش، منبع نیتروژن و پیش‌سازهای هورمونی عمل کنند. اسیدهای آمینه همچنین در بیوسنتز ترکیبات آلی همچون رنگدانه‌ها، ویتامین‌ها، آلکالوئیدها، آنزیم‌ها، ترپنوئیدها، کوآنزیم‌ها، بازهای پورین و پیریمیدین نقش داشته باشند (Maeda and Dudareva, 2012). بسیاری از محققین تأثیر اسیدهای آمینه را بر عملکرد و ترکیبات شیمیایی محصولات دارویی مطالعه کرده‌اند (Helaly and Ibrahimi, 2019; El

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

Shayeb *et al.*, 2021). محققین نشان دادند که کاربرد سطوح مختلف اسیدهای آمینه اثرات مثبتی بر شاخص‌های رشد بومادران در شرایط مزرعه و گلخانه داشت (Shafie *et al.*, 2021). در مطالعه‌ای دیگر محلول‌پاشی اسیدآمینه پرولین اثری افزایشی بر تعداد گل، وزن تر و خشک گل، کلروفیل کل و فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز (APX)، کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (POX) در گیاه بابونه (*Matricaria chamomile* L.) تحت تنش خشکی داشت (Darvizheh *et al.*, 2017).

از آنجایی که تنش‌های محیطی به‌ویژه تنش خشکی یکی از موانع اصلی در کاهش تولید محصولات گیاهان دارویی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون ایران محسوب می‌شوند. بنابراین، انجام آزمایش‌ها مربوطه و کاربرد مواد آلی همچون اسیدهای آمینه در کاهش اثرات سوء تنش‌ها برای حصول آستانه‌های اقتصادی عملکرد گیاهان زراعی و دارویی مهم به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و اسانس آویشن دنایی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۷ به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت‌مدرس اجرا گردید. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۲۱۵ متر با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه در منطقه براساس آمار هواشناسی ۲۴۷/۴ میلی‌متر است (شکل ۱).

به‌منظور ارزیابی حاصلخیزی و تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، قبل از کاشت از چند نقطه زمین به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری انجام شد و پس از ترکیب نمونه‌های هر عمق به‌طور جداگانه با یکدیگر، نمونه مرکبی تهیه و به آزمایشگاه خاک‌شناسی جهت ارزیابی خصوصیات منتقل گردید. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارائه شده است. بافت خاک محل آزمایش لومی شنی بود.

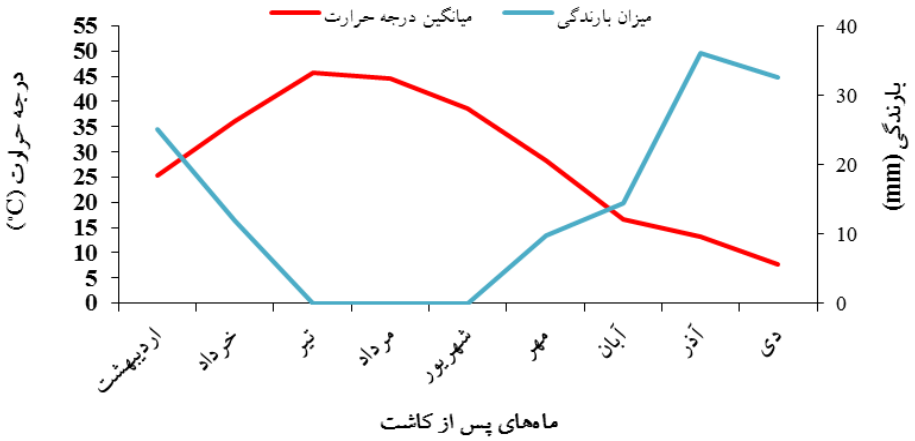
این تحقیق به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا گردید. عوامل آزمایش شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح شامل: آبیاری کامل و تنش‌های آبی متوسط و شدید (به‌ترتیب قطع آبیاری تا تخلیه ۲۵، ۴۵ و ۶۵ درصد آب قابل استفاده موجود در منطقه ریشه و سپس آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه از زمان استقرار گیاه تا مرحله برداشت) در کرت‌های اصلی و تیمار محلول‌پاشی در شش نوع ماده شامل: (آسپارتیک اسید، تیروزین، پرولین، اسیدهای آمینه تجاری، آب مقطر و عدم محلول‌پاشی) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند.

در این تحقیق از نشاء دو ماهه (۶۰ روزه) آویشن دنایی که از نجف‌آباد اصفهان، شرکت رهنما کشت پرتیکان خریداری شده بود، استفاده گردید. منشاء بذر از شهرستان چادگان بود. کشت نشاء به‌صورت دستی در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۷ انجام گرفت. محلول‌پاشی در سه مرحله انجام شد. اولین محلول‌پاشی یک ماه بعد از کشت نشاء و دو مرحله بعدی به فاصله ۲۰ روز از مرحله قبلی صورت گرفت. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه آسپارتیک اسید، تیروزین و پرولین (مرک آلمان) هر کدام با غلظت ۰/۲۵ گرم بر لیتر و اسید آمینه تجاری (مرک اسپانیا) با غلظت ۰/۵۰ گرم بر لیتر انجام شد. گیاهان شاهد بدون محلول‌پاشی و گیاهان تیمار آب‌مقطر نیز توسط آب‌مقطر محلول‌پاشی شدند.

جهت تعیین مقدار رطوبت خاک در طی فصل رشد گیاه آویشن دنایی و اعمال تنش آبی ۱۰ روز بعد از اولین مرحله از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه طبق تیمارهای آبیاری اقدام به اعمال تنش آبی شد و تا مرحله برداشت ادامه یافت. میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی (اعداد به‌دست آمده از دستگاه انعکاس سنج زمانی Time-domain reflectometer=TDR) که در زمان تنش اندازه‌گیری شد، محاسبه گردید. در طول آزمایش از کود یا آفت‌کش استفاده نشد و علف‌های هرز به‌صورت دستی کنترل شدند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



شکل ۱- آمبروترومیک دمای ماهانه و میزان نزولات آسمانی در طی دوره رشدونمو آویشن دنایی در سال ۱۳۹۷

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS/m)	درصد کربن آلی	درصد مواد خنثی شونده	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت
۳۰-۰	۰/۰۶	۱۷/۲۰	۳۹۱	۷/۸۱	۰/۵۹	۰/۶۲	-	۸۱	۹	۱۰
۶۰-۳۰	۰/۰۶	۱۷/۸۰	۷۴۶	۷/۹۱	۰/۵۴	۰/۶۶	-	۸۱	۹	۱۰

صفات مورد ارزیابی: در این آزمایش تنها یک چین در تاریخ ۱۳۹۷/۰۵/۲۰ برداشت شد و مورد مطالعه قرار گرفت. جهت تعیین صفات مورفولوژی شامل ارتفاع بوته و وزن تر و خشک و سطح برگ، در مرحله ۱۰ درصد گلدهی با حذف اثر حاشیه-ای (حذف دو خط کشت کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط) تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب شد. ارتفاع بوته توسط خط‌کش اندازه‌گیری و بعد از میانگین‌گیری به‌عنوان ارتفاع بوته ثبت شد. جهت تعیین وزن تر برگ، کل برگ‌های پنج بوته در آزمایشگاه جدا و توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۲ توزین و پس از میانگین‌گیری به‌عنوان وزن تر برگ ثبت و نسبت به هکتار محاسبه گردید.

جهت تعیین سطح برگ، سطح کل برگ‌های جداشده پنج بوته توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (Li-Cor, Model 7 Li-1300; USA) اندازه‌گیری و پس از میانگین‌گیری سطح برگ هر بوته یادداشت گردید.

جهت تعیین وزن خشک برگ، بعد از اندازه‌گیری سطح برگ پنج بوته، برگ‌ها داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و به‌مدت ۴۸ ساعت درون آون، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از توزین و میانگین‌گیری به‌عنوان وزن خشک برگ ثبت شد و نسبت به هکتار محاسبه گردید.

به‌منظور تعیین صفات فیزیولوژیک (کلروفیل کل، پرولین، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی شامل کاتالاز و گایکول پراکسیداز)، درصد اسانس و عملکرد اسانس برگ خشک (بعد از برداشت محصول و خشک‌کردن آن) پس از اعمال تیمارهای موردنظر در مرحله ۱۰ درصد گلدهی با حذف اثر حاشیه‌ای نمونه‌برداری از آخرین برگ‌های توسعه‌یافته صورت گرفت و داخل فویل‌های آلومینیومی قرار داده شد و در نیتروژن مایع (با دمای ۱۹۶- درجه سانتی‌گراد) فریزر و برای آنالیز صفات فیزیولوژیک در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

کلروفیل کل براساس روش Arnon (۱۹۶۷) و اصلاح‌شده Lichthentaler (۱۹۸۷)، به‌عنوان یک واکنش کوتاه‌مدت به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

تنش و معیاری از توان حفظ قدرت فتوسنتزی گیاه در شرایط تنش مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از عصاره استونی برگ (۰/۲ گرم با ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده و سانتریفوژ گردید) در طول‌موج‌های ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل Cary ساخت کشور آمریکا خوانده شد و بر طبق معادله (۱) بدست آمد.

معادله (۱)

کلروفیل کل = 7.15 A663.2 + 18.71 A646.8

جهت اندازه‌گیری پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد.

برای استخراج اسانس از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده گردید (Omidbeigi, 2015).

در مرحله استخراج اسانس ابتدا ۵۰ گرم نمونه خشک‌شده برگ (به‌صورت سایه خشک) از هر کرت آزمایشی که در مرحله ۱۰ درصد گلدهی جمع‌آوری شده بودند تهیه گردید و پس از آسیاب‌شدن، به بالون دستگاه منتقل شد و به آن آب‌مقطر اضافه گردید. بالن روی هیتر قرار گرفت و بعد از وصل‌شدن به دستگاه اسانس‌گیر حرارت داده شد. پس از به جوش آمدن، نمونه‌ها به‌مدت ۲/۵ ساعت حرارت داده شدند، در این مدت بعد از به جوش‌آمدن آب، فشار بخار افزایش یافته و تحت‌تأثیر آن اسانس از نمونه خشک آسیاب‌شده خارج و به‌همراه بخار آب وارد قسمت مبرد می‌شود. در مبرد عمل میعان صورت گرفته و قطرات اسانس زرد رنگ در درون آب به‌صورت دو فاز مشخص به سمت لوله مدرج حرکت می‌کنند و در آنجا به‌علت سبک‌تر بودن اسانس استخراج‌شده، روی آب قرار می‌گیرد و آب اضافی از طریق لوله رابط به بالن بر می‌گردد. در پایان بعد از ۱۰ تا ۱۵ دقیقه عمل استخراج، اندازه‌گیری درصد اسانس انجام گردید. عملکرد اسانس نیز بر اساس حاصل‌ضرب درصد اسانس و مقدار ماده خشک برگ محاسبه شد (Kapoor *et al*., 2004).

در تجزیه و تحلیل آماری، اثرات اصلی و برهمکنش عوامل مورد بررسی از تجزیه واریانس (ANOVA) با استفاده از روش مدل خطی عمومی (GLM) در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ تعیین شد. فرضیه‌های تجزیه واریانس با اطمینان از این که باقی مانده‌ها تصادفی، همگن و با توزیع نرمال هستند، مورد آزمایش قرار گرفت. برای مقایسه اثرات اصلی آزمون LSD (کمینه تفاوت معنی‌دار) بکار رفت. برای مقایسه اثرات متقابل از میانگین کمینه مربعات (LS Means) با گزینه‌ی Lines استفاده شد. در مواقعی که اثر متقابل دوگانه معنی‌دار شد، تنها از اثرات متقابل برای تفسیر بهتر نتایج استفاده شد. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای رسم شکل و جدول‌ها از Microsoft Office 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت اثر رژیم آبیاری ($P<0.05$) و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه ($P<0.01$) قرار گرفت، اما تغییر معنی‌داری نسبت به اثر متقابل این دو عامل نشان نداد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، ارتفاع بوته با کاهش آبیاری روندی کاهشی داشت، به‌طوری‌که در سطح تنش آبی شدید کاهش ۱۵/۸۱ درصدی و معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل نشان داد (شکل ۲A). نتایج نشان داد بیشترین ارتفاع بوته به تیمار محلول‌پاشی تیروزین تعلق داشت که با تیمارهای محلول‌پاشی پرولین و اسیدآمینه‌های تجاری تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. حداقل ارتفاع بوته نیز در تیمار بدون محلول‌پاشی دیده شد که با تیمارهای کاربرد آب‌مقطر و اسید آسپارتیک از نظر آماری مشابه بود (شکل ۲B). محلول‌پاشی اسیدآمینه تیروزین باعث افزایش ۱۲/۳۷ درصدی ارتفاع بوته نسبت به عدم محلول‌پاشی شد.

کاهش ارتفاع بوته آویشن تحت تنش خشکی در بررسی دیگر گزارش شده است (Sharafi *et al*., 2021) که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. در بررسی‌هایی با اعمال تیمارهای آبیاری ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بر گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم‌گلی، همیشه‌بهار و بابونه معلوم شد که با تشدید تنش خشکی، وزن اندام هوایی و ارتفاع بوته در تمام گیاهان مورد بررسی کاهش یافت (Lebaschy and Ashoorabadi, 2004). به‌نظر می‌رسد تنش خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی در ساختار گیاه و تأثیر بر فرآیندهایفیزیولوژیکی متعدد مانند نفوذپذیری وپایداری غشای سلول بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Jaleel *et al*., 2009). همچنین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی، فیزیولوژیکی و درصد و عملکرد اسانس آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

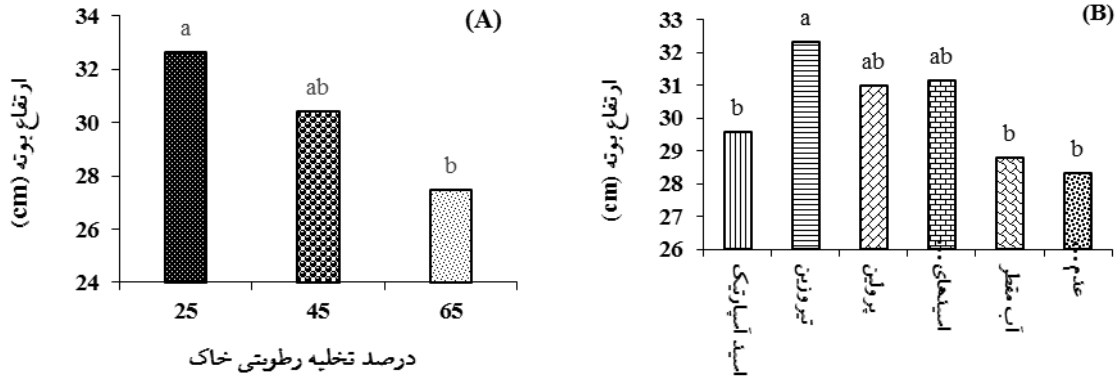
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد اسانس	درصد اسانس	وزن خشک	وزن تر برگ	ارتفاع بوته
بلوک (تکرار)	۲	۰/۳۸	۰/۱۴ ns	۵۷۹/۰۳ ns	۳۹۵۱/۸۰ ns	۶/ ۴۷ ns
آبیاری	۲	۷۸/۸۹ *	۴/۹۷ **	۱۸۶۶۳/۶۴ **	۶۶۶۵۰۳/۸۲ **	۱۲۰/۷۳ *
خطای اصلی	۴	۱/۱۳	۰/۰۷	۶۵۸/۱۳	۱۰۰۳۱/۵۱	۶/۷۶
محلول‌پاشی	۵	۱۲/۸۴ **	۰/۲۴ **	۸۷۳۷/۲۲ **	۱۶۴۱۵۳/۶۰ **	۲۱/۵۱ **
آبیاری × محلول‌پاشی	۱۰	۲/۵۸ *	۰/۱۱ **	۳۳۹۴/۳۶ **	۲۰۹۱۴/۰۴ **	۶/۳۰ ns
خطای فرعی	۳۰	۰/۹۲	۰/۰۳۵	۹۷۴/۸۷	۶۰۸۷/۷۲	۵/۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۴۰	۷/۲۲	۱۰/۶۴	۷/۷۴	۷/۴۲

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۲-

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		گایکول پراکسیداز	کاتالاز	پرولین	کلروفیل کل	سطح برگ در بوته
بلوک (تکرار)	۲	۰/۰۱ ns	۳۷۱/۹۸ ns	۳/۱۴ ns	۰/۰۱۲ ns	۱۲۹/۰۱ ns
آبیاری	۲	۶/۷۳ **	۳۱۲۱۱/۰۲ **	۳۱۳/۹۰ **	۰/۱۹ **	۱۲۷۴۷/۷۶ **
خطای اصلی	۴	۰/۰۱۴	۵۹۰/۹۹	۳/۲۲	۰/۰۱	۹۲/۴۷
محلول‌پاشی	۵	۲/۶۷ **	۴۳۳۰۶/۸۹ **	۷۲/۱۷ **	۰/۰۹۵ **	۷۷۱۳/۴۰ **
آبیاری × محلول‌پاشی	۱۰	۱/۰۷ **	۱۰۵۰۶/۲۵ **	۴۲/۵۶ **	۰/۰۱۶ **	۲۶۴۹/۷۴ **
خطای فرعی	۳۰	۰/۰۷۷	۹۹۰/۹۶	۲/۲۳	۰/۰۰۴	۵۰۹/۹۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۵/۰۳	۱۱/۵۳	۱۲/۶۲	۵/۳۳	۷/۶۲

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۲- مقایسه میانگین ارتفاع آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری (A) و تیمار محلول‌پاشی (B)

تنش خشکی تنظیم ژن‌های دخیل در توسعه دیواره‌های سلولی را مختل می‌کند و از این طریق رشد را کاهش می‌دهد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

(Ghassemian *et al*., 2008). طبق بررسی حاضر با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه، ارتفاع بوته افزایش داشت اما فقط تحت تیروزین این افزایش معنی‌دار بود. در بررسی‌هایی بر گزنه (*Urtica pilulifera*) ارتفاع بوته تحت محلول‌پاشی تیروزین افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت (Wahba *et al*., 2015) که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. همچنین(۲۰۰۵ ,*et al*.) و (2002) ,*et al*. دریافتند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل توجه ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، وزن تر و خشک گیاه بابونه می‌شود (Attoa *et al*., 2002; Karima *et al*., 2005).

سطح برگ در بوته طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، به‌طور معنی‌داری تحت رژیم آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، با کاهش آبیاری سطح برگ در بوته کاهش یافت و سطح برگ هر بوته با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در هر سه سطح آبیاری افزایش داشت. در شرایط آبیاری کامل آسپارتیک اسید، پرولین و اسید آمینه تجاری بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر سطح برگ داشت. تحت تنش آبی متوسط اسید آمینه تیروزین و تحت تنش آبی شدید اسید آمینه پرولین بیشترین تأثیر را بر سطح برگ داشتند و تا حدودی باعث جبران اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر سطح برگ هر بوته شدند (شکل ۳).

سطح برگ یکی از اندام‌های اصلی در گیاه دارویی آویشن است که ساخت اسانس در کرک‌های ترشحی سطح برگ صورت می‌گیرد که از نظر تولید اسانس دارای اهمیت اقتصادی زیادی است (Bigdelou *et al*., 2011). تحت شرایط خشکی ریزش برگ یا تولید سطح برگ کمتر یکی از واکنش‌های سازگاری متداولی برای زنده ماندن گیاهان در این شرایط است (Bahreynejad *et al*., 2013). طبق نتایج حاصل از پژوهش حاضر با کاهش آبیاری سطح برگ آویشن روندی کاهشی داشت. مناسب نبودن تورژسانس سلولی، کاهش تقسیم سلولی و کاهش هدایت روزنه‌ای یا بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و رشد گیاه را به‌همراه دارد که اینها از عوامل کاهشی سطح برگ هستند (Nohong and Nompo, 2015).

اسیدهای آمینه ترکیبات نیتروژن‌دار، با محلول‌پاشی، نیتروژن را به راحتی در اختیار گیاه قرار می‌دهند و تأمین نیتروژن کافی نقش مهمی در افزایش اسیدهای نوکلئیک، آمیدها و آمینواسیدها و درنتیجه تکثیر سلولی دارد (Ghazi Manas *et al*., 2013) که می‌تواند در افزایش سطح برگ نقش مهمی داشته باشد. یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر اثر مثبت محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر سطح برگ این مطالب را تأیید می‌کند. بررسی‌های دیگر نشان داد کاربرد سطوح مختلف اسیدهای آمینه اثرات مثبتی بر شاخص‌های رشد بومادران در شرایط مزرعه و گلخانه داشت (Shafie *et al*., 2021).

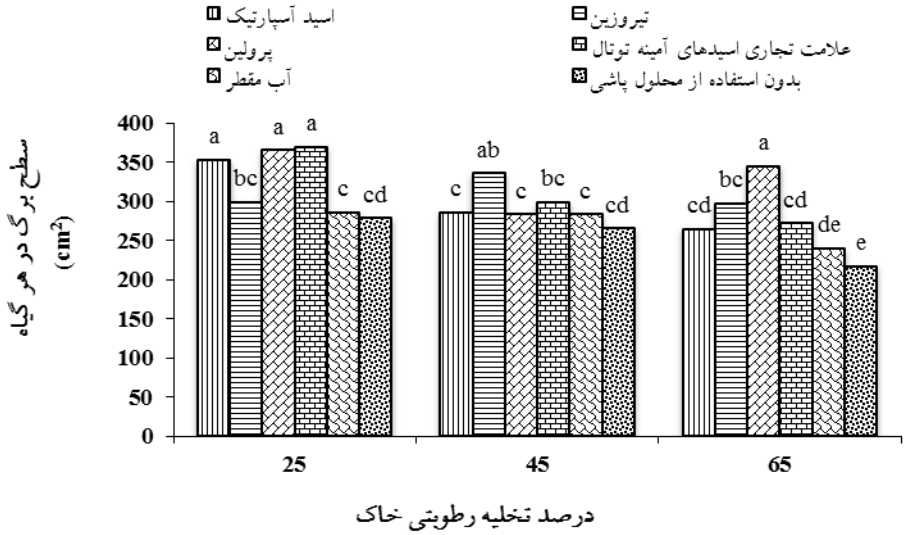
طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، وزن تر و خشک برگ واکنش معنی‌داری ($P<0.01$) نسبت به رژیم آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اثر متقابل این دو عامل نشان داد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر وزن تر برگ نشان داد در هر سطح از محلول‌پاشی و حتی تیمار شاهد با کاهش آبیاری وزن تر برگ کاهش داشت و این کاهش تحت تنش آبی شدید به‌طور معنی‌داری کمتر از آبیاری مطلوب بود. در هر سطح از آبیاری با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه وزن تر برگ افزایش معنی‌داری داشت. بیشترین وزن تر برگ اختصاص به محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تیروزین، پرولین و اسید آمینه تجاری در شرایط آبیاری کامل بود (شکل ۴).

براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر وزن خشک برگ، در هر سطح آبیاری با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه وزن خشک برگ افزایش داشت و در هر سطح محلول‌پاشی با کاهش آبیاری وزن خشک برگ از روندی کاهشی برخوردار بود. بیشترین مقدار وزن خشک برگ مربوط به بوته‌های تحت محلول‌پاشی پرولین و اسید آمینه تجاری در شرایط آبیاری کامل بود (شکل ۵).

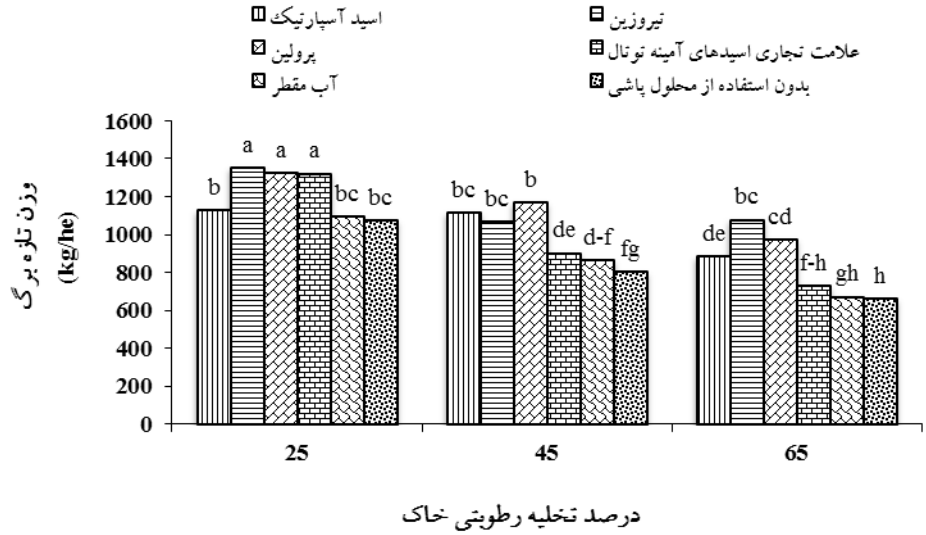
طبق نتایج پژوهش حاضر با کاهش آبیاری وزن تر و خشک برگ نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داشت. در بررسی‌های دیگر محققین نیز با کاهش آبیاری ماده خشک گیاه آویشن کاهش یافت (Bistgani *et al*., 2017) که با نتایج

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



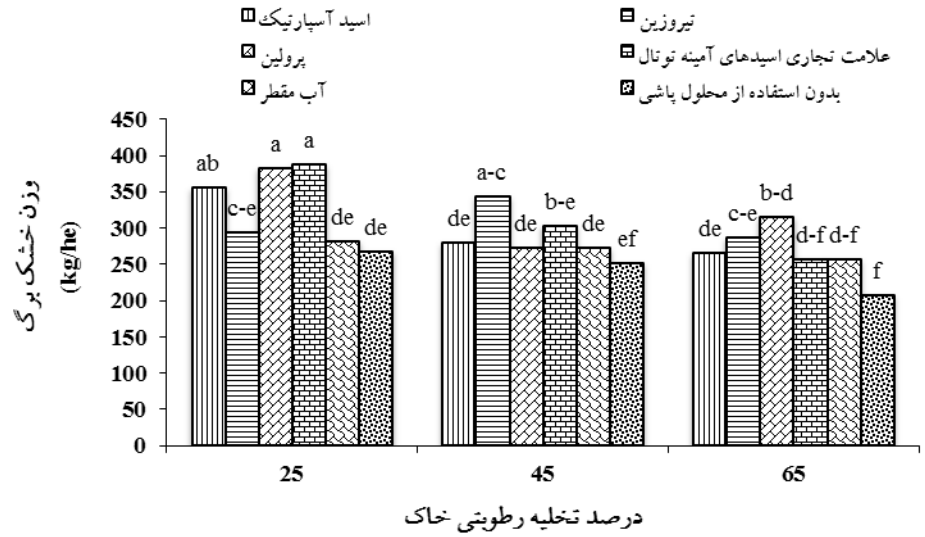
شکل ۳- مقایسه میانگین سطح برگ آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی



شکل ۴- مقایسه میانگین وزن تر برگ آویشن دنایی تحت رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

حاصل از این بررسی مطابقت دارد. کاهش وزن تر و خشک برگ ممکن است به کاهش تورگر سلولی نسبت داده شود که به نوبه خود باعث کاهش طول و توسعه سلولی می‌شود (Moein Alishah *et al*., 2006). علاوه بر این، تنش آبی در گیاه باعث بسته‌شدن روزنه‌ها، محدودیت تبادل گاز و به‌دنبال آن مهار متابولیسم، تجمع گونه‌های فعال اکسیژن و آسیب جدی به دستگاه فتوسنتزی می‌شود (Fathi and Tari, 2016). محققین طی بررسی‌هایی نشان دادند تحت تنش خشکی، سطح برگ و فتوسنتز کاهش یافته که نتیجه آن کاهش در تولید ماده خشک بود (Boldaji *et al*., 2012). با توجه به نتایج پژوهش حاضر با کاربرد اسیدهای آمینه وزن تر و خشک برگ افزایش یافت. در مطالعاتی محققین نشان دادند وزن خشک کل عدس تحت محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تجاری و اسید آسپارتیک افزایش داشت (Heidarzadeh and Modaress-Sanavy, 2021). در تحقیقی روی کینوا کاربرد خارجی پرولین باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام رویشی گیاه شد (Yaqoob *et al*., 2019). اسیدهای آمینه از نظر بیولوژیکی ترکیبات آلی مهمی هستند که از گروه‌های عاملی آمین و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



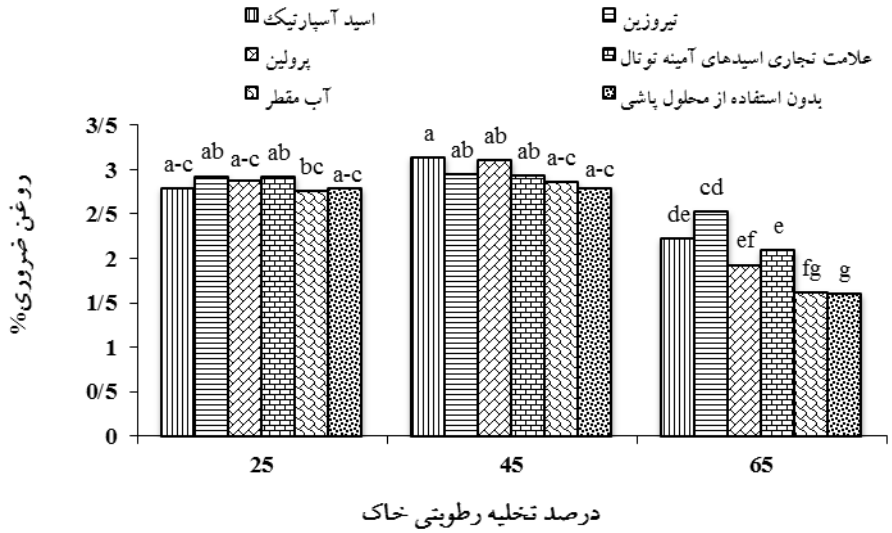
شکل ۵- مقایسه میانگین وزن خشک برگ آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم آبیاری و محلول‌پاشی

کربوکسیلیک اسید تشکیل شده‌اند. آمینواسیدها در گیاهان عملکردهای مختلفی دارند. به‌طوری‌که برای سنتز پروتئین‌ها حیاتی هستند یا برای پیش‌سازهای متابولیت‌های مختلف با عملکردهای متعدد در رشدونمو گیاه مانند هورمون‌ها، اجزای دیواره سلولی و گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه استفاده می‌شوند. اسیدهای آمینه در سنتز پروتئین‌های حیاتی و ساختمانی گیاه نقش دارند می‌توانند موجب رشدونمو گیاه شده و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه را افزایش دهند. همچنین گیاهان، اسیدهای آمینه را برای مقابله با تنش با عمل در نقش‌های فیزیولوژیکی خاص مانند تنظیم اسمزی، تنظیم انتقال یون، بیان ژن، متعادل‌سازی فرآیند اکسیداسیون و احیا و بازشدن روزنه‌ها جمع‌آوری می‌کنند (Patterson *et al*., 2009; Rai, 2002; Karamanos, 1995) و بدین‌وسیله از توقف رشد گیاه در تنش خشکی جلوگیری می‌نمایند.

درصد اسانس با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) تحت رژیم آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی اسیدهای آمینه قرار گرفت (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، درصد اسانس برگ در هر سطح آبیاری با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه افزایش داشت و این افزایش تحت آبیاری کامل و تنش آبی متوسط غیرمعنی‌دار و تحت تنش آبی شدید نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد درصد اسانس برگ در هر سطح از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تحت تنش آبی متوسط افزایش غیرمعنی‌دار و تحت تنش آبی شدید کاهش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل داشتند (شکل ۶).

با توجه به نتایج بررسی حاضر با کاهش آبیاری تا سطح تنش آبی متوسط درصد اسانس برگ افزایش غیرمعنی‌دار و با کاهش بیشتر آبیاری تا سطح تنش آبی شدید کاهش معنی‌داری داشت. به‌نظر می‌رسد با کاهش آبیاری به‌دلیل کاهش سطح برگ و تراکم بیشتر غدد روغنی در سطح برگ، تولید اسانس در برگ تحریک شده است (Simon *et al*., 1992). همچنین تحریک تولید اسانس در شرایط تنش آبی می‌تواند به‌دلیل تولید ترپن بیشتر در شرایط تنش خشکی باشد (Bahreynejad *et al*., 2013). افزایش درصد اسانس تحت تنش آبی نوعی سازگاری برای جلوگیری از اکسیداسیون غشای سلولی است (Hernandez *et al*., 2004). تصور بر این است که با محدودیت بیشتر آبیاری درصد اسانس افزایش یابد اما در این بررسی با کاهش آبیاری تا سطح تنش آبی شدید درصد اسانس کاهش معنی‌داری داشت. کاهش درصد اسانس تحت تنش بیشتر نوعی محافظت از گیاه در مقابل مخاطرات محیطی است. زیرا کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

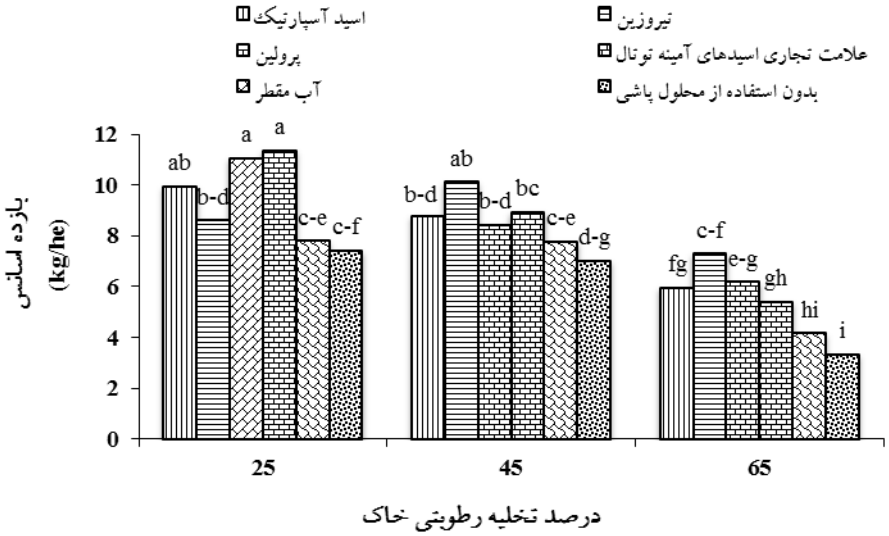


شکل ۶- مقایسه میانگین درصد اسانس برگ آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم‌شدن ذخیره کربن و کاهش درصد اسانس است. محققین در بررسی‌هایی نشان دادند عملکرد اسانس گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) تحت تنش کم آبی کاهش داشت که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد (Rezapor *et al.*, 2011). تأثیر اسیدهای آمینه به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد در گیاهان توسط پژوهشگران مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (Yunsheng, *et al.*, 2015). در شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens*) استفاده از اسیدآمینه گلایسین بتائین در شرایط تنش، شرایط نامطلوب رشد در گیاه را کاهش داد (Naiebzadeh *et al.*, 2019). اکنون مشخص شده است که گیاهان قادرند از اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (El-Naggar, 2009). اسیدهای آمینه در وضعیت آزاد همچون ذرات باردار عمل می‌کنند و وقتی در شرایط مناسب وارد گیاه شوند وارد سلول شده و به‌دلیل خلوص بالا، در فرآیندهای متابولیکی گیاه استفاده می‌شوند (Thornton and Robinson, 2005). نقش اسیدهای آمینه در تأمین نیتروژن گیاه در مزارعی که فعالیت میکروبی آن کم است، قابل‌توجه است. همچنین این ترکیبات می‌توانند به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد، فعالیت‌های متابولیکی گیاه را تحت‌تأثیر قرار دهند. اسیدهای آمینه روی جذب نیتروژن از خاک تأثیر گذاشته و باعث کاهش یا افزایش آن می‌شوند. این ترکیبات همچنین روی فعالیت آنزیم‌های مؤثر در اسیمیلاسیون نیتروژن در گیاه تأثیر گذاشته و منجر به کاهش تجمع نیترات در گیاه می‌شوند. اسیدهای آمینه با تأثیر بر افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و درنتیجه تأثیر بر فتوسنتز بر رشد و عملکرد و متابولیت‌های ثانویه گیاهان مؤثر واقع می‌شوند.

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد اسانس به‌طور معنی‌داری تحت رژیم آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه ($P<0.01$) و اثر متقابل این دو عامل ($P<0.05$) قرار گرفت (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، بیشترین عملکرد اسانس به‌ترتیب به میزان ۱۱/۳۴ و ۱۱/۰۷ کیلوگرم در هکتار به بوته‌های تحت محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تجاری و پرولین در شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت. نتایج نشان داد در هر سطح آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه اثر افزایشی بر عملکرد اسانس برگ داشت و در شرایط تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید اسید آمینه تیروزین بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد اسانس داشت اما در شرایط آبیاری کامل پرولین و اسیدآمینه تجاری بیشترین تأثیر را روی عملکرد اسانس داشتند. نتایج همچنین نشان داد با کاهش آبیاری تا سطح تنش آبی شدید عملکرد اسانس کاهش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل داشت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



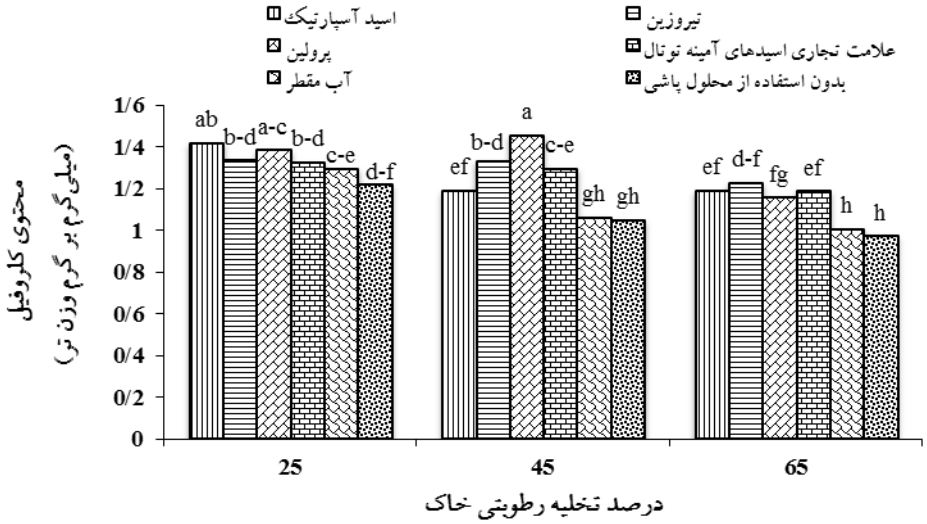
شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد اسانس برگ آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

(شکل ۷).

طبق بررسی حاضر با کاهش آبیاری، عملکرد اسانس روندی کاهشی داشت. کاهش عملکرد اسانس برگ آویشن در نتیجه کاهش رطوبت خاک، می‌تواند به‌دلیل اثر کاهشی تنش آبی بر رشد و توسعه برگ باشد. از آنجا که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد برگ‌های خشک و سرشاخه‌های گلدار است، هر تغییری در این دو صفت به‌طور مستقیم عملکرد اسانس را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش آب بافت‌ها و کاهش کلروفیل تحت تنش آبی،کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و به‌تبع آن کاهش سطح برگ و فتوسنتز و تولید ماده خشک را در پی دارد که درنهایت باعث کاهش عملکرد اسانس می‌گردد. محققین در مطالعه‌ای نشان دادند که درصد و عملکرد اسانس مرزه تحت محلول‌پاشی پرولین نسبت به عدم محلول‌پاشی افزایش یافت (Mohammadi *et al.*, 2020). زیست محرک‌هایی نظیر اسیدهای آمینه و الیگوپپتیدهای فعال زیتی با جذب از طریق برگ و ریشه روی فرآیندهای مختلف رشدونمو گیاهان و مقاومت در برابر تنش‌ها و شرایط نامناسب محیطی از جمله سرما و گرمای شدید، خشکی و شوری تأثیر می‌گذارد؛ کاربرد اسیدهای آمینه این امکان را برای گیاه فراهم می‌آورد تا انرژی ذخیره شده را صرف رشد بیشتر، افزایش علکرد و کیفیت محصول نماید (Thomas *et al.*, 2009). اسیدهای آمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشدونمو گیاه مؤثر هستند (Faten *et al.*, 2010). تغذیه برگی اسیدهای آمینه آزاد می‌تواند یک منبع مهم برای سنتز پروتئین باشد (Raeisi, 2014). در واقع اسیدهای آمینه، زنجیره اصلی ساختار پروتئین‌ها بوده و به نوبه خود در رشد گیاه مؤثر هستند (Hounsome *et al.*, 2008). Naghdi badi و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که کاربرد محرک‌های زیستی با پایه اسیدهای آمینه به همراه ۲۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی آویشن باغی شد. محلول‌پاشی پرولین در شرایط تنش خشکی به‌طور قابل‌توجهی درصد و عملکرد اسانس در ریحان و بابونه را افزایش داد (Karima *et al.*, 2005).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد مقدار کلروفیل برگ تغییر معنی‌داری ($P<0.01$) نسبت به رژیم آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اثر متقابل این دو عامل داشت (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در محلول‌پاشی اسیدهای آمینه، بیشترین مقدار کلروفیل کل (۱/۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به بوته‌های تحت تنش آبی متوسط و محلول‌پاشی پرولین مربوط بود که تفاوت معنی‌داری با آبیاری کامل نداشت. نتایج نشان داد در هر سطح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



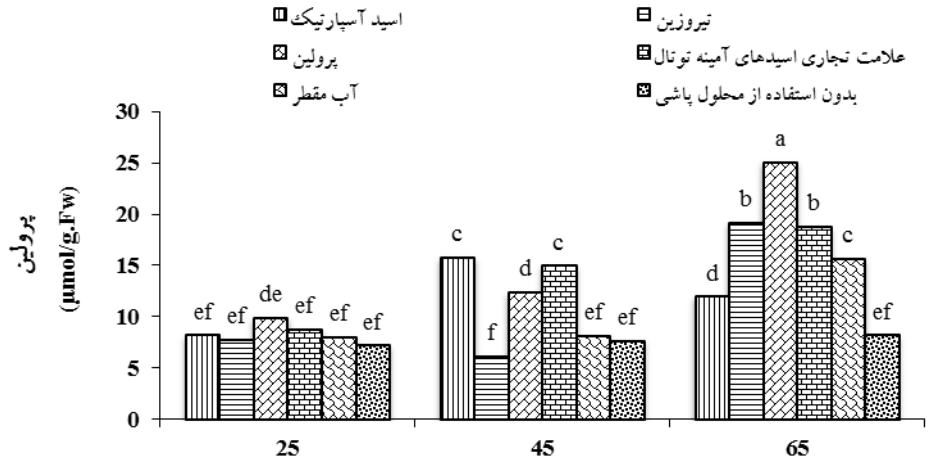
شکل ۸- مقایسه میانگین کلروفیل کل آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با کاهش آبیاری تا سطح تنش آبی شدید مقدار کلروفیل کل کاهش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل داشت و در هر سطح آبیاری با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مقدار کلروفیل کل افزایش یافت. این افزایش در شرایط تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید معنی‌دار بود (شکل ۸).

کلروفیل یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی متأثر از تنش خشکی است. در بررسی حاضر مقدار کلروفیل کل تحت شرایط تنش روندی کاهشی نسبت به شرایط بدون تنش خشکی داشت. بررسی‌های متعددی کاهش محتوای کلروفیل را تحت تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Chavoushi *et al*., 2020; Ahmadizadeh, 2013)، که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. کاهش کلروفیل تحت تنش خشکی را می‌توان به‌علت از بین‌رفتن آنزیم‌های بیوسنتزی رنگدانه‌های فتوسنتزی (به‌خصوص آنزیم گلوتامات لیگاز) و همچنین القای تجزیه شدن یا مهار سنتز آنها در شرایط تنش نسبت داد (Dalal and Tripathy, 2012). همچنین تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آنها با اکسیژن یکتایی و اختلالات هورمونی از دیگر دلایل کاهش کلروفیل تحت تنش خشکی است (Naghavi *et al*., 2015). طی بررسی‌هایی بر چهار گونه آویشن، با کاهش آبیاری مقدار کلروفیل کل برگ کاهش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل داشت (Sepahvand *et al*., 2021). طبق بررسی حاضر با محلول‌پاشی بوته‌های آویشن توسط اسیدهای آمینه مقدار کلروفیل افزایش یافت و اسیدآمینه پرولین بیشترین تأثیر را بر مقدار کلروفیل کل داشت. طی یافته‌های دیگر محققین نیز تحت محلول‌پاشی اسیدآمینه پرولین مقدار کلروفیل برگ افزایش یافت (El-Saadony *et al*., 2017). در پژوهشی دیگر کاربرد پرولین به‌طور قابل‌توجهی مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی را تحت تنش سرما بهبود بخشید (Yaqoob *et al*., 2019). طی بررسی‌هایی کاربرد سطوح مختلف اسیدهای آمینه تجاری اثر مثبتی بر محتوای کلروفیل برگ بومادران در شرایط مزرعه و گلخانه داشت (Shafie *et al*., 2021). به‌نظر می‌رسد اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن، در تولید پروتئین گیاهی و سبزینه کلروفیل مؤثر باشند (Ghazi Manas *et al*., 2013).

مقدار پرولین برگ با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها به‌طور معنی‌داری ($P<0.01$) تحت‌تأثیر رژیم آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اثر متقابل این دو عامل قرار گرفت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نشان داد در هر سطح از محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و آب‌مقطر با کاهش آبیاری مقدار پرولین برگ افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد در شرایط تنش آبی شدید با محلول‌پاشی بوته‌ها توسط اسیدهای آمینه مقدار پرولین برگ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



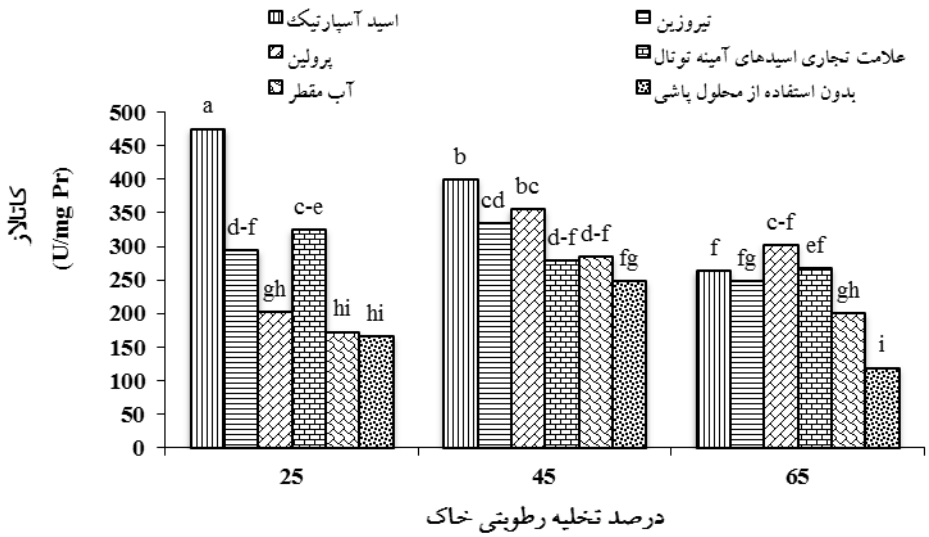
شکل ۹- مقایسه میانگین محتوای پرولین برگ آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. تحت تنش آبی متوسط نیز محلول‌پاشی اسیدهای آمینه اثری افزایشی و معنی-داری (بجز تیروزین) بر مقدار پرولین برگ داشت. بیشترین مقدار پرولین برگ (۲۵/۰۲ میکرومول بر گرم وزن تر) مربوط به بوته‌های آویشن تحت محلول‌پاشی پرولین در شرایط تنش آبی شدید بود (شکل ۹).

در بررسی‌هایی محققین نشان دادند تجمع پرولین در برگ‌های توت‌فرنگی تحت تنش خشکی بیشتر از برگ‌های گیاهان شاهد بود (Sun *et al*., 2015) که با نتایج حاصل از این بررسی مبنی بر افزایش پرولین تحت تنش آبی مطابقت دارد. افزایش پرولین در دوره تنش ممکن است نتیجه تجزیه پروتئین‌ها و کاهش استفاده از آنها به‌دلیل کاهش رشد گیاه باشد. براساس یافته‌های محققین محتوای پرولین در گیاه همیشه‌بهار با افزایش تنش کم آبی ابتدا افزایش و با بیشترشدن شدت تنش کاهش یافت (Jafarzadeh *et al*., 2013). در بررسی‌هایی روی ذرت، مقدار پرولین برگ تحت تنش خشکی افزایش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل نشان داد (Ahmad *et al*., 2019). طبق یافته‌های تحقیق حاضر بیشترین مقدار پرولین برگ مربوط به بوته‌های تحت محلول‌پاشی اسیدآمینه پرولین بود. در بررسی‌های دیگر محققین نیز مقدار پرولین برگ همیشه‌بهار (*Calendula officinalis*) تحت محلول‌پاشی پرولین افزایش معنی‌داری نشان داد (Soroori *et al*., 2021) که هم‌راستا با بررسی حاضر بود. Hoque و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی که روی تنباکو انجام دادند، دریافتند که استفاده از پرولین به‌علت افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، نقش مهمی در کاهش اثرات تنش ایفا می‌کند. افزایش پرولین به‌دلیل نقش این اسیدآمینه در تنظیم فشار اسمزی است و به خاطر ایجاد پیوند با پروتئین‌های غشاء، سبب پایداری ساختار آن در زمان تنش می‌شود (Forde and Lea, 2007; Biancucci *et al*., 2015). کاربرد خارجی پرولین سبب افزایش قابل‌توجه پرولین آزاد در برگ‌ها می‌شود. هم‌چنین گزارش شده است که کاربرد خارجی پرولین سبب طویل شده ریشه گیاه شده که این امر نیز در مقاومت گیاهان به شرایط تنش بسیار حائز اهمیت است (Cambri *et al*., 2008; Biancucci *et al*., 2015).

کاتالاز و گایکول پراکسیداز از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی بودند که طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها واکنش معنی‌داری ($P<0.01$) نسبت به رژیم آبیاری، محلول‌پاشی اسیدهای آمینه و اثر متقابل این دو عامل نشان دادند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم‌های آبیاری در محلول‌پاشی نشان داد که با محلول‌پاشی بوته‌ها توسط تیروزین، پرولین، آب‌مقطر و شاهد با کاهش آبیاری تا سطح تنش آبی متوسط فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش و با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



شکل ۱۰- مقایسه میانگین آنزیم کاتالاز برگ آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

کاهش بیشتر آبیاری کاهش داشت. با محلول‌پاشی بوته‌ها توسط آسپارتیک اسید و اسیدآمینه تجاری فعالیت آنزیم کاتالاز از روندی کاهشی برخوردار بود. نتایج همچنین نشان داد در هر سطح آبیاری با محلول‌پاشی بوته‌ها توسط اسیدهای آمینه فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت و در هر سطح واکنش گیاه آویشن به اسیدهای آمینه مختلف متفاوت بود. بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز به بوته‌های تحت محلول‌پاشی با آسپارتیک در شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت (شکل ۱۰).

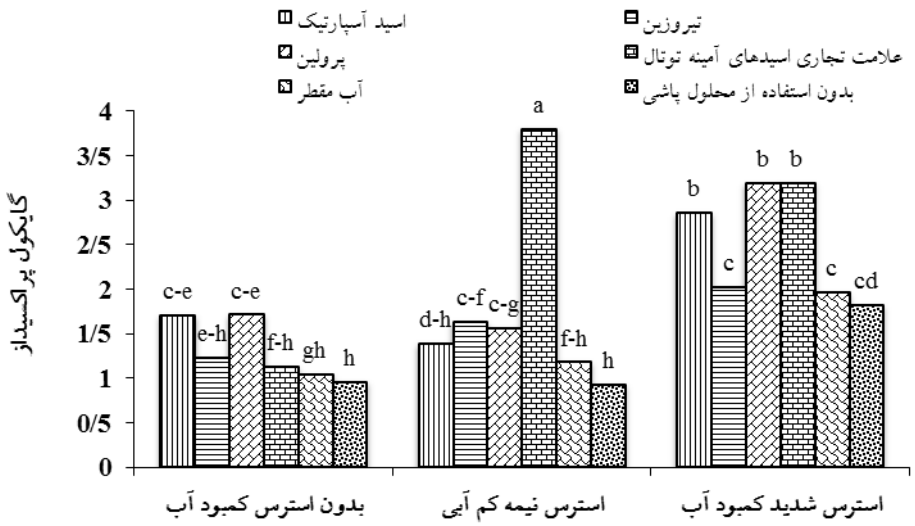
فعالیت آنزیم گایکول پراکسیداز نیز طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل، در هر سطح رژیم‌های محلول‌پاشی با کاهش آبیاری فعالیت این آنزیم روندی افزایشی داشت فقط تحت محلول‌پاشی اسیدآمینه تجاری با کاهش آبیاری تا سطح تنش آبی متوسط افزایش و با کاهش بیشتر آبیاری کاهش معنی‌داری نشان داد. بیشترین فعالیت آنزیم گایکول پراکسیداز به بوته‌های تحت محلول‌پاشی اسیدآمینه تجاری در شرایط تنش آبی متوسط اختصاص داشت (شکل ۱۱).

در بررسی‌های محققین تحت تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز برگ‌های توت‌فرنگی افزایش داشت (Sun *et al.*, 2015) که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقت دارد. همچنین محققین نشان دادند که افزایش فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی در مقابل تنش خشکی نقش مهمی در کاهش آسیب‌های اکسیداتیو دارد (Rostami and Rahemi, 2013). در پژوهشی دیگر محققین نشان دادند که گیاه توت‌فرنگی با تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و سطوح متابولیت‌های اسمزی فعال به تنش خشکی پاسخ می‌دهد. این تغییرات پاسخ بیوشیمیایی می‌تواند باعث سازگاری به تنش خشکی شود و ظرفیت گیاهان را برای تحمل شرایط کم آبی بهبود بخشد (Sun *et al.*, 2015).

آنزیم گایکول پراکسیداز از مهمترین آنزیم‌های گروه پراکسیداز است که گایکول را به‌عنوان یک سوبسترای کاهنده، اکسید می‌کند و گایکول در واکنش با پراکسید هیدروژن منجر به تولید ترکیبی به نام تتراگایاکول کوئینون می‌شود (Amiri *et al.*, 2010). افزایش فعالیت آنزیم گایکول پراکسیداز تحت تنش خشکی در گندم (Hassan *et al.*, 2020) و کلم (Bhuiyan *et al.*, 2019) گزارش شده است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

طبق بررسی حاضر با محلول‌پاشی اسیدهای آمینه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی افزایش داشت. اسیدهای آمینه اجزای مهم سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان هستند. عمل این مولکول‌ها شامل کاهش رادیکال‌های آزاد و محافظت از اسمز می‌شود (Rennenberg and Herschbach, 2014). در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]



شکل ۱۱- مقایسه میانگین آنزیم گایکول پراکسیداز برگ آویشن دنایی تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و تیمار محلول‌پاشی

بررسی‌هایی محققین گزارش دادند که کاربرد پرولین در گیاهان نخود تحت تنش خشکی، باعث بهبود فعالیت کاتالاز شد (Osman, 2015). نتایج مشابه توسط محققین روی کینوا گزارش شده است (Elewa *et al*., 2017). کاربرد پرولین خارجی با کمک به جذب نیتروژن و تعدیل تقسیم سلولی و طویل‌شدن سلول به‌گونه‌ای که زیست‌توده و بنیه گیاهی بالا تولید شود، می‌تواند برای تحمل به تنش و همچنین افزایش فعالیت سطح آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی مفید باشد (Celik *et al*., 2017). در بررسی دیگری محققین نشان دادند که محلول‌پاشی پرولین روی گل‌های شاخه بریده گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) باعث کاهش اتلاف آب و نشت یون و افزایش فعالیت آنزیم‌های گایکول پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و فنیل‌آلانین آمونیاکلاز شد اما فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز را کاهش داد (Alipour *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان داد با کاهش آبیاری تا سطح تنش آبی شدید (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ، سطح برگ، کلروفیل کل، درصد و عملکرد اسانس کاهش و گایکول پراکسیداز و پرولین افزایش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) نشان دادند. فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تنش آبی متوسط افزایش و تحت تنش آبی شدید کاهش داشت. نتایج نشان داد محلول‌پاشی اسیدهای آمینه اثر افزایشی مثبتی بر صفات مورد بررسی داشت. بیشترین عملکرد اسانس (حدود ۱۱/۲۰ کیلوگرم در هکتار) به بوته‌های تحت محلول‌پاشی پرولین و اسیدآمینه تجاری در شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت. براساس نتایج کلی محلول‌پاشی پرولین با افزایش غلظت اسمولیت‌هایی نظیر پرولین در شرایط تنش کم آبی توانست با کمک به حفظ فشار اسمزی در تحمل تنش آبی به گیاه کمک کرده و باعث جبران بخشی از کاهش رشد و وزن خشک شود. بنابراین مصرف این نوع اسیدآمینه در شرایط تنش برای کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی توصیه می‌شود. در شرایط عدم تنش نیز محلول‌پاشی این نوع از اسیدهای آمینه بیشترین تأثیر را بر رشد و عملکرد گیاه داشت.

منابع

Ahmad, S., Kamran, M., Ding, R., Meng, X., Wang, H., Ahmad, I. and Han, Q. (2019) Exogenous melatonin confers drought stress by promoting plant growth, photosynthetic capacity and antioxidant defense system of maize seedlings. PeerJ 7: e7793.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

Ahmadizadeh, M. (2013) Physiological and agro-morphological response to drought stress. Middle-East Journal of Scientific Research 13: 998-1009.

Alipour, S., Farahmand, F. and Nasibi, F. (2016) Influence of proline treatment on some physiological morphological characteristics and postharvest life of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). Plant Process and Function 4: 106-114.

Amiri, D. A. S., Parsa, M., Nezami, A. and Ganjeali, A. (2010) The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1: 69-84.

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

Askary, M., Parsa, S., Behdani, M. A., Jami Al-Ahmadi, M. and Mahmoodi, S. (2021) Evaluation of quantitative yield of two thyme species affected as different levels of drought stress and the manure application. Journal of Medicinal plants and By-products. Article in Press.

Attoa, G. E., Wahba, H. E. and Frahat, A. A. (2002) Effect of some amino acids and sulphur fertilizers on growth and chemical composition of *Iberis amara* L. plant. Egyptian Journal of Horticultural 29: 17-37.

Bahreynejad, B., Razmjoo, J. and Mirza, M. (2013) Influence of water stress on morpho physiological and phytochemical traits in (*Thymus daenensis*). International Journal of Plant Production 7: 152-166.

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

Bhuiyan, T. F., Ahamed, K. U., Nahar, K., Al Mahmud, J., Bhuyan, M. B., Anee, T. I. and Hasanuzzaman, M. (2019) Mitigation of PEG-induced drought stress in rapeseed (*Brassica rapa* L.) by exogenous application of osmolytes. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 20: 101197.

Biancucci, M., Mattioli, R., Moubayidin, L., Sabatini, S., Costantino, P. and Trovato, M. (2015) Proline affects the size of the root meristematic zone in Arabidopsis. BMC Plant Biology 15: 1-14.

Bigdelou, M., Nazeri, V. and Hadian, J. (2011) Evaluation of morphological, genetic and phytochemical diversity of *Thymus caramanicus*. M.Sc. Thesis, University of Tehran.

Bistgani, Z. E., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A. G. and Hashemi, M. (2017) Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak. The Crop Journal 5: 407-415.

Boldaji, S. H., Khavari-Nejad, R. A., Sajedi, R. H., Fahimi, H. and Saadatmand, S. (2012) Water availability effects on antioxidant enzyme activities, lipid peroxidation, and reducing sugar contents of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Acta Physiologiae Plantarum 34: 1177-1186.

Cambri, D., Filippini, L., Apone, F., Arciello, S., Colucci, G. and Portoso, D. (2008) Effect of Aminoplant on expression of selected genes in *Arabidopsis thaliana* spinach (*Spinacia oleracea* L.). Folia Horticulturae 22: 9-13.

Celik, O., Ayan, A. and Atak, C. (2017) Enzymatic and non-enzymatic comparison of two different industrial tomato (*Solanum lycopersicum*) varieties against drought stress. Botanical Studies 58: 1-13.

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.

Dalal, V. K. and Tripathy, B. C. (2012) Modulation of chlorophyll biosynthesis by water stress in rice seedlings during chloroplast biogenesis, Plant, Cell and Environment 35: 1685-1703.

Darvizheh, H., Zavareh, M. and Ghasmanjad, M. (2017) Effect of proline spraying on biochemical properties of *German chamomile* in water stress conditions (*Matricaria chamomilla* L). Journal of Applied Research in Plant Ecophysiology 4: 35-60.

El-Naggar, A. H. (2009) Response of *Dianthus caryophyllus* L. plants to foliar nutrition. World Journal of Agricultural Sciences 5: 622-630.

El Shayeb, N. S., Hassan, R. H. and Mohaseb, M. I. (2021) Impact of nano-chitosan rate and glutamine acid concentration on growth, yield and volatile oil production of coriander plants. Journal of Bio-agriculture 1: 15-24.

Elewa, T. A., Sadak, M. S. and Saad, A. M. (2017) Proline treatment improves physiological responses in quinoa plants under drought stress. Bioscience Research 14: 21-33.

El-Saadony, F. M., Nawar, D. A. and Zyada, H. G. (2017) Effect of foliar application with salicylic acid, garlic extract and proline on growth, yield and leaf anatomy of pea (*Pisum sativum* L.) grown under drought stress. Middle East Journal of Applied Science 7: 633-650.

Faten, S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A. and Mahmoud, A. R. (2010) Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science 6: 583-588.

Fathi, A. and Tari, D. B. (2016) Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10: 1-6.

Forde, B. G. and Lea, P. J. (2007) Glutamate in plants: Metabolism, regulation, and signaling. Journal of Experimental Botany 58: 2339-2358.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

Ghasemi Pirbalouti, A., Rahmani Samani, M., Hashemi, M. and Zeinali, H. (2014) Salicylic acid affects growth, essential oil and chemical compositions of thyme (*Thymus daenensis* Celak.) under reduced irrigation. Plant Growth Regulation 72: 289-301.

Ghassemian, M., Lutes, J., Chang, H. S., Lange, I., Chen, W., Zhu, T. and Lange, B. M. (2008) Abscisic acid-induced modulation of metabolic and redox control pathways in *Arabidopsis thaliana*. Phytochemistry 69: 2899-2911.

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

Hassan, N., Ebeed, H. and Aljaarany, A. (2020) Exogenous application of spermine and putrescine mitigate adversities of drought stress in wheat by protecting membranes and chloroplast ultra-structure. Physiology and Molecular Biology of Plants 26: 233-245.

Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J. and Ahmad, A. (2012) Role of proline under changing environments: A review. Plant Signaling and Behavior 7: 1456-1466.

Heidarzadeh, A. and Modarres-Sanavy, S. A. M. (2021) Effect of made of application and type of amino acids on the activity of antioxidant enzymes, proline content and seed yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture) 44: 381-394.

Helaly, A. A. E. and Ibrahim, F. R. (2019) Influence of iron, zinc and tyrosine acid on growth, yield components and chemical constituents of *Hibiscus sabdariffa* L. plant. Chemical Analysis 44: 21-30.

Hernandez, I., Alegre, L. and Munne-Bosch, S. (2004) Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. Tree Physiology 24: 1303-1311.

Hoque, M. A., Okuma, E., Banum, M. N. A., Nakamura, Y., Shimoishi, Y. and Murata, N. (2007) Exogenous proline mitigates the detrimental effects of salt stress more than exogenous betaine by increasing antioxidant enzyme activities. Journal of Plant Physiology 164: 553-561.

Hounsome, N., Hounsome, B., Tomos, D. and Edwards-Jones, G. (2008) Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. Journal of Food Science 73: 48-65.

Jafarzadeh, L., Omidi, H. and Bostani, A. A. (2013) Effect of drought stress and bio-fertilizer on flower yield, photosynthesis pigments and proline content of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29: 180-193.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2009) Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agricultural Biology 11: 100-105.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K. G. (2004) Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Karamanos, A. J. (1995) The involvement of proline and some metabolites in water stress and their importance as drought resistance indicators. Bulgarian Journal of Plant Physiology 21: 98-110.

Karima, A., Gamal El-Din, K. M. and Abdel-Wahed, M. S. A. (2005) Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile plant. International Journal of Agriculture and Biology 7: 376-380.

Karimi, S., Abbaspour, H., Sinai Jafar, M. and Makarian, H. (2012) Effects of water deficit and chitosan spraying on osmotic adjustment and soluble protein of cultivars castor bean (*Ricinus communis* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry 8: 160-169.

Kleinwachter, M., Paulsen, J., Bloem, E., Schnug, E. and Selmar, D. (2015) Moderate drought and signal transducer induced biosynthesis of relevant secondary metabolites in thyme (*Thymus vulgaris*), greater celandine (*Chelidonium majus*) and parsley (*Petroselinum crispum*). Industrial Crops and Products 64: 158-166.

Lebaschy, M. H. and Sharifi Ashoorabadi, E. (2004) Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 20: 249-261.

Lichthentaler, H. K. (1987) Chlorophyll and carotenoids-pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Maeda, H. and Dudareva, N. (2012) The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants. Annual Review of Plant Biology 63: 73-105.

Moein Alishah, H., Heidari, R., Hassani, A. and Asadi Dizaji, A. (2006) Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple Basil (*Ocimum basilicum* L.) Journal of Biology Science 6: 763-767.

Mohammadi, K. Z., Abbasifar, A. R., Khadivi, A. and Akramian, M. (2020) The effect of proline and 24-epibrassinolide on growth indices and biochemical characteristics of the summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 32: 925-940.

Naghavi, M. R., Toorchi, M., Moghaddam, M. and Shakiba, M. R. (2015) Evaluation of diversity and traits correlation in spring wheat cultivars under drought stress. Notulae Scientia Biologicae 7: 349-354.

Naghdi Badi, H., Labbafi, M. R., Qavami, N., Qaderi, A., Abdossi, V., Agharebparast, M. R. and Mehrafarin, A. (2015) Responses of quality and quantity yield of garden thyme (*thymus vulgaris* L.) to foliar application of bio-stimulator

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

based on amino acids and methanol. Journal of Medicinal Plants 14: 146-194.
Naiebzadeh, M., Haakimi, L. and Khalighi, A. (2019) Investigating the effect of glycine betaine and humi-forthi on morpho-physiological and biochemical properties *Pelargonium graveolens* under water stress. Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources) 26: 37-56.
Nohong, B. and Nompo, S. (2015) Effect of water stress on growth, yield, proline and soluble sugars contents of signal grass and napier grass species. American Merican-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 9: 14-21.
Olasehinde, G. I., Ayanda, O. I., Ajayi, A. A. and Nwabueze, A. P. (2012) In-vivo antiplasmodial activity of crude n-hexane and ethanolic extracts of *Moringa oleifera* (LAM.) seeds on *Plasmodium berghei*. International Journal of Medicinal Plant Research 1: 50-54.
Omidbeigi, R. (2015) Production and Processing of Medicinal Plants with a Complete Review. 8th Ed. Astan Quds Razavi Publications.
Osman, H. S. (2015) Enhancing antioxidant–yield relationship of pea plant under drought at different growth stages by exogenously applied glycine betaine and proline. Annals of Agricultural Sciences 60: 389-402.
Pal, M., Szalai, G. Janda, T. (2015) Polyamines are important in abiotic stress signaling. Plant Science 237: 16-23.
Patterson, J. H., Newbigin, E., Tester, M., Bacic, A. and Roessner, U. (2009) Metabolic responses to salt stress of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars, Sahara and Clipper, which differ in salinity tolerance. Journal of Experimental Botany 60: 4089-4103.
Pirbaloutl, A. G. (2009) Medicinal plants used in Chaharmahal and Bakhtyari districts of Iran. Herba Polonica 55: 69-77.
Raeisi, M., Farahani, L. and Palashi, M. (2014) Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. International Jornal of Biosciences 4: 463-468.
Rai, V. (2002) Role of amino acids in plant responses to stresses. Biologia Plantarum 45: 481-487.
Rennenberg, H. and Herschbach, C. (2014) A detailed view on sulphur metabolism at the cellular and whole-plant level illustrates challenges in metabolite flux analyses. Journal of Experimental Botany 65: 5711-5724.
Rezapor, A. R., Heidari, M., Galavi, M. and Ramrodi, M. (2011) Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3: 384-396.
Rostami, A. A. and Rahemi, M. (2013) Screening drought tolerance in caprifig varieties in accordance to responses of antioxidant enzymes. World Applied Sciences Journal 21: 1213-1219.
Seleiman, M. F., Refay, Y., Al-Suhaibani, N., Al-Ashkar, I., El-Hendawy, S. and Hafez, E. M. (2019) Integrative effects of rice-straw biochar and silicon on oil and seed quality, yield and physiological traits of *Helianthus annuus* L. grown under water deficit stress. Agronomy 9: 637.
Sepahvand, A., Jafari, A., Sefidkon, F. and Kalatejari, S. (2021) Effects of water stress on seedling growth and physiological traits in four thyme species. Journal of Rangeland Science 11: 7-19.
Shafie, F., Bayat, H., Aminifard, M. H. and Daghighi, S. (2021) Biostimulant effects of seaweed extract and amino acids on growth, antioxidants, and nutrient content of yarrow (*Achillea millefolium* L.) in the field and greenhouse conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis 52: 964-975.
Sharafi, G. A., Changizi, M., Rafiee, M., Gomarian, M. and Khagani, S. (2021) Effect of drought stress and vermicompost biofertilizer on morphophysiological traits of *Thymus vulgari*s L. Journal of Plant Process and Function 10: 147-160.
Simon, J. E., Reiss-Bubenheim, D., Joly, R. J. and Charles, D. J. (1992) Water stress-induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 4: 71-75.
Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., Moghadam, A. L. and Garmsar, I. (2021) Effect of foliar application of proline on morphological and physiological traits of *Calendula officinalis* L. under drought stress. Journal of Ornamental Plants 11: 13-30.
Sun, C., Li, X., Hu, Y., Zhao, P., Xu, T., Sun, J. and Gao, X. (2015) Proline, sugars, and antioxidant enzymes respond to drought stress in the leaves of strawberry plants. Horticultural Science and Technology 33: 625-632.
Thornton, B. and Robinson, D. (2005) Uptake and assimilation of nitrogen from solutions containing multiple N sources. Plant Cell and Environment 28: 813-821.
Thomas, J., Mandal, A. K. A., Raj Kumar, R. and Chordia, A. (2009) Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of Tea (*Camellia* sp.). International Journal of Agricultural Research 4: 228-236.
Wahba, H. E., Motawe, H. M. and Ibrahim, A. Y. (2015) Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. Journal of Mater Environment Science 6: 499-506.
Yaqoob, H., Akram, N. A., Iftikhar, S., Ashraf, M., Khalid, N., Sadiq, M. and Ahmad, P. (2019) Seed pretreatment and foliar application of proline regulate morphological, physio-biochemical processes and activity of antioxidant enzymes in plants of two cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Plants 8: 588.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

Yunsheng, L., El-Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F. and El-Awadi, M. E. (2015) Effect of foliar spray of glutamine on growth, yield and quality of two snap bean varieties. Journal of Agriculture Science and Engineering 1: 39-45.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]

Effect of amino acid foliar application on morphophysiological characteristics and thyme essential oil under different irrigation regimes

Ali Kazempour[1], Younes Sharghi[2*], Sayed Ali Mohammad Modarres Sanavi[3], Hossein Zahedi[4] and Fatme Sefid Kon[5]

[1] Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Islamshahr Branch, Iran
[2, 4] Department of Agriculture and Integrated Cropping Research Center, Islamshahr Branch, Islamic Azad University, Islamshahr, Iran
[3] Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[5] Department of Agriculture and Integrated Cropping Research Center, Islamshahr, Iran
(Received: 15/04/2022, Accepted: 27/06/2022)

Abstract

In order to study foliar application of amino acids on morphophysiological properties and thyme essential oil under different irrigation regimes, an experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete block design with three replications in the Research Farm of Tarbiat Modares University Faculty of Agriculture in the year 2020 crop season. Experimental factors were irrigation regimes at three levels including normal irrigation, moderate water stress, severe water stress (withholding irrigation until 25%, 45% and 65% of soil available water depletion in the root zone respectively and then irrigation up to field capacity from plant establishment to harvest time), were randomized to the main plot units and spraying at 6 kinds (aspartic acid, tyrosine, proline, commercial amino acids, distilled water and without spraying) were located in subplot units. The results showed that with reduction of irrigation to the level of severe water stress, plant height, fresh and dry weight of leaves, leaf area, total chlorophyll, percentage of essential oil decreased, whereas glycol peroxidase and proline showed a significant increase compared to the optimal irrigation. Catalase activity also increased under moderate water stress but decreased under severe water stress. Foliar application of amino acids had a positive additive effect on the studied traits. The highest essential oil yield (about 11.20 kg/ha) was assigned to plants under commercial and proline amino acid foliar application under full irrigation conditions. Based on the general results of proline foliar application, increasing the concentration of osmolites such as proline under water stress conditions was able to help the plant withstand drought stress by helping to maintain osmotic pressure and compensate for part of the reduction in growth and dry weight. Therefore, consumption of this type of amino acid under stress conditions is recommended to reduce the effects of drought stress. Under non-stress conditions, foliar application of this type of amino acid had the greatest effect on plant growth and yield.

Keywords: Antioxidant enzymes, Commercial of amino acids, Essential oil yield, Proline

Corresponding author, Email: Younes.Sharghi@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-30]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.53.5.3]