روابط خاک و گیاه / سال دوازدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۰ / صفحات ۳۶-۱۹ مقاله پژوهشی

پیامد کاربرد اسید فولویک و اسید آمینه بر برخی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک خیار سوپر دامینوس (*Cucumis sativus* L.) در شرایط کم‌آبیاری

میثم نجفی[۱]، حسین آرویی[۱*] و محمد حسین امینی‌فرد[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۳)

چکیده

این پژوهش به‌منظور ارزیابی استفاده از کودهای آلی اسید فولویک و اسید آمینه (گلایسین و گلوتامیک اسید) در شرایط کم‌آبیاری برای افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش و عملکرد گیاه خیار در باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. عامل اول کوددهی در چهار سطح (شاهد، اسید فولویک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید به میزان ۶ لیتر در هکتار) و کاربرد توأم اسید فولویک (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید (۶ لیتر در هکتار) و عامل دوم دور آبیاری (۳، ۵ و ۷ روز) بود. نتایج نشان داد که افزایش دور آبیاری، وزن تازه و خشک گیاه، طول میانگره، طول ریشه و طول بوته، هدایت روزنه‌ای و محتوی کلروفیل در گیاه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. این در حالی است که کاربرد ترکیبی اسید فولویک و اسید آمینه در دور آبیاری هفت روز، طول ریشه، طول میانگره، سطح برگ، کلروفیل a و محتوی نسبی آب برگ را به‌ترتیب ۱۵۹، ۴۶/۹، ۸۴/۷، ۱۳۸، ۳۶ درصد در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در همان دور آبیاری افزایش داد. علاوه بر این، در دور آبیاری پنج روز افزایش ۷۰ درصدی وزن تازه گیاه و ۸۴ درصدی وزن میوه در تیمار ترکیبی اسید آمینه و اسیدفولویک مشاهده شد. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که کاربرد ترکیبی اسید آمینه و اسید فولویک منجر به بهبود شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک در شرایط کم‌آبیاری شد، این در حالی است که در بهبود عملکرد و تولید میوه در دور آبیاری هفت روز مؤثر واقع نشد؛ چرا که، اعمال دور آبیاری هفت روز در گیاه از تولید گل و میوه ممانعت کرد.

واژه‌های کلیدی: تنش محیطی، سطح برگ، خشکی، ترکیبات آلی، محتوی کلروفیل، میوه‌دهی

مقدمه

تنش آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک یکی از دلایل اصلی در کاهش شاخص‌های کمّی و کیفی گیاهان است (۳۳). تعریف دقیق و واضح تنش کم‌آبی و شرایط ایجادکننده این تنش کار دشواری است. به هر حال، زمانی که آب در دسترس گیاه کم‌تر از نیاز گیاه برای بیش‌ترین میزان رشد باشد، گیاه در شرایط تنش کم‌آبی قرار گرفته است. میزان حرکت آب در خاک به‌سمت ریشه گیاه، ارتباط بین پتانسیل آبی خاک و

۱- گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aroiee@um.ac.ir

پتانسیل آبی برگ و همچنین میزان تعرق، در ایجاد شرایط کم-آبی در گیاه مؤثرند (۴۷). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب در دسترس گیاهان، به‌دلیل کاهش میزان بارش و کمبود آب، به-طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (۳۴)؛ این در حالی است که بخش قابل توجهی از زمین‌ها در ایران در مناطق خشک و نیمه-خشک قرار دارند (۶۲). میانگین بارندگی سالانه ایران در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. با توجه به کاهش بارندگی و کمبود منابع آبی در کشور، قرارگیری گیاه در شرایط تنش کم‌آبی امری اجتناب‌ناپذیر است. در سال‌های اخیر، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و استفاده کم‌تر از کودهای آلی، منجر به کاهش قابل توجه مقدار ماده آلی خاک شده است (۳۹). در کشاورزی پایدار و ارگانیک، هدف اصلی کاربرد کودهای آلی و زیستی در افزایش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی است (۳۰). یکی از منابع مهم مواد آلی، اسیدهای آلی هستند (۳۹). مواد هیومیکی ترکیباتی پلیمری هستند که از منابع مختلفی در اثر فرآیندهای شیمیایی و فعالیت باکتریایی خاک حاصل می-شوند (۷۱). از آثار این ترکیبات بر خاک و گیاه می‌توان به افزایش نفوذپذیری غشاء سلولی، کارایی جذب و انتقال کودهای مصرفی، جذب عناصر غذایی کم‌مصرف توسط گیاه، کارایی فتوسنتز و کلاته کردن عناصر غذایی اشاره کرد (۵۵). همچنین این ترکیبات با چسباندن ذرات معدنی خاک و ایجاد خاکدانه‌های درشت‌تر سبب ایجاد محیط رشد بهینه برای جانداران خاکزی شده که در نتیجه آن، نفوذ هوا، آب و ریشه گیاه در خاک را افزایش داده (۷۲) و با کاهش تبخیر از سطح خاک شرایط رطوبتی آن را بهبود می‌بخشند (۸۱).

مواد هیومیکی از جمله اسید فولویک به‌عنوان مواد بهبوددهنده عملکرد و کیفیت انواع محصولات زراعی و درختان میوه شناخته شده‌اند (۷۳). اسید فولویک به‌عنوان اسید آلی بدون آثار مخرب زیست‌محیطی، ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک را بهبود بخشیده و به‌دلیل دارا بودن خاصیت هورمونی شاخص‌های کمّی و کیفی محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶۶). پژوهشگران بر این باورند که مشتقات اسید فولویک در گیاه نقش مهمی در فرآیندهای متابولیسمی سلول‌های زنده ایفا می‌کنند (۵۸). در گیاه آویشن (*Coriandrum sativum* L.) کاربرد کودهای اسید فولویک و اسید آمینه بر شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثر بود (۷). در گیاه شمعدانی کاربرد ترکیب اسید هیومیک و اسید فولویک شاخص مورفولوژیک گیاه را بهبود بخشید (۱). در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) استفاده از مواد هیومیکی تحت تنش شوری توانست شاخص‌های مورفولوژیک گیاه را بهبود بخشد (۷۸). در گیاه چای، استفاده از اسید فولویک در شرایط تنش خشکی از طریق افزایش متابولیسم آسکوربات، بهبود متابولیسم گلوتاتیون و سنتز فلاونوئید که منجر به افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه در برابر تنش خشکی می‌شود، بهبود مقاومت گیاه در این شرایط را در پی داشت (۷۷). در گیاه اطلسی کاربرد اسید فولویک در شرایط تنش خشکی با افزایش محتوی نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تجمع گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش داده و با بهبود پارامترهای فتوسنتزی مقاومت گیاه به تنش خشکی را سبب شد (۲۲).

آمینواسیدها جزء اصلی پروتئین‌ها بوده و یکی از انواع مختلف محرک رشد در گیاه هستند (۵۸). کاربرد اسیدهای آمینه مختلف به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در گیاه علاوه بر فعالیت‌های فیزیولوژیک؛ بر رشد و نمو گیاه نیز مؤثر است (۳۰). اسیدهای آمینه در ساختار گیاه، سوخت و ساز گیاه، تأمین نیتروژن گیاه و بیوسنتز هورمون‌ها نقش قابل توجهی دارند (۵۸). استفاده از اسیدهای آمینه از جمله پرولین، بتائین و کولین سبب افزایش تحمل گیاه به کم‌آبی می‌شوند و بدین ترتیب افزایش فاصله آبیاری را در پی دارد که در نتیجه آن مصرف آب در واحد زمان برای تولید محصول کاهش خواهد یافت (۲۰). 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 افزایش عملکرد و کیفیت محصول کند (۵۴). پژوهشگران بیان کرده‌اند که استفاده اسید آمینه در گیاهان گندم (۶۸)، جو (۶۴)، گشنیز (۶) و پسته (۶۰) شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه را بهبود بخشیده است.

تنش‌های غیرزیستی یکی از مؤثرترین عوامل در کاهش عملکرد گیاهان است. متأسفانه با توجه به شرایط جغرافیایی و آب و هوایی ایران پدیده خشکسالی در کشور ما بیشتر نمود پیدا می‌کند؛ از این‌رو شناسایی روش‌هایی کارآمد برای بهبود رشد و افزایش مقاومت گیاه، در این شرایط لازم و ضروری است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ترکیبات آلی اسید فولویک و اسید آمینه بر عملکرد و مقاومت گیاه خیار در شرایط تنش خشکی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش

به‌منظور بررسی پاسخ گیاه خیار به کاربرد ترکیبات آلی اسید آمینه و اسید فولویک تحت تنش کم‌آبی، آزمایشی در مکان باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شمالی در ارتفاع ۹۸۹ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۵-۹۴ طراحی و اجرا شد. میانگین بارندگی سالیانه در این شهر حدود ۲۵۵/۲ میلی‌متر است. شهر مشهد از نظر شرایط آب و هوایی در گروه مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار می‌گیرد. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. عامل اول کوددهی در چهار سطح (شاهد، اسید فولویک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید به مقدار ۶ لیتر در هکتار و ترکیب اسید فولویک (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و اسید آمینه گلایسین و گلوتامیک اسید (۶ لیتر در هکتار) و عامل دوم دور آبیاری (۳، ۵ و ۷ روز) بود. میزان آب مورد استفاده در هر تیمار بر اساس نیاز آبی گیاه ۶۰ لیتر بود. از عمق شصت سانتی‌متری خاک باغ تحقیقاتی، برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری شد. اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تحقیقاتی گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. خاک مورد استفاده در آزمایش دارای بافت لومی و غلظت نیتروژن کل، فسفر قابل دسترس و پتاسیم قابل دسترس آن به‌ترتیب ۱۴۹۸، ۵۶/۶ و ۴۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. همچنین pH عصاره اشباع خاک برابر ۷/۵ و رسانایی الکتریکی آن برابر ۳/۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. کشت گیاه در خاک به‌صورت مستقیم انجام گرفت بدین صورت که در ابتدا جوی‌هایی به فاصله ۲ متر از یکدیگر حفر شد. این جوی‌ها دارای عمق ۴۰، عرض ۵۰ و طول ۲۰ متر بودند. پس از آبیاری اولیه زمین، در امتداد داغ آب، در یک طرف پشته‌ها بذرهای خیار در فاصله ۵۰ سانتی‌متری از یکدیگر به‌صورت کپه‌ای کشت شدند. استفاده از انواع مختلف کودهای آلی از طریق آبیاری و همزمان با آن انجام شد. پیش از شروع آزمایش هیچگونه ترکیب کودی به خاک افزوده نشد. تیمارهای مختلف تنش کم‌آبیاری نیز با توجه به تفاوت تعداد روز در آبیاری صورت گرفت. آبیاری به‌صورت جوی‌پشته‌ای انجام شد.

پس از اعمال تیمارهای مختلف مورد مطالعه و در انتهای آزمایش، شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک گیاه اندازه‌گیری شد. طول ریشه، طول بوته، طول میانگره و همچنین قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ در گیاه از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل Li-COR_1300 ساخت کشور آمریکا استفاده شد. وزن تازه و خشک بوته گیاه نیز با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. وزن خشک بوته پس از قرار دادن گیاه در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. شاخص‌های فیزیولوژیک مورد بررسی همچون محتوی نسبی آب برگ (۳۷)، نشت الکترولیت (۴۸)، محتوی کلروفیل برگ (۱۸)، فنل کل (۴۹)، قند محلول (۱۸)، آنتی‌اکسیدان (۲) و پرولین (۱۲) نیز در انتهای آزمایش اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای برگ از دستگاه

اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای[1] مدل SC-1 ساخت کشور انگلستان استفاده شد. شاخص سبزینگی در گیاه نیز با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502 (Konica- Minohta- Tokyo, Japan) قرائت شد. وزن خشک و تازه میوه با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم، میانگین طول و قطر میوه با استفاده از کولیس دیجیتالی و سفتی بافت میوه (Facchini- 48011 Alfonsine, Italy) در انتهای آزمایش اندازه‌گیری شد. عملکرد گیاه با برداشت میوه به‌صورت یک روز در میان و توزین خیارهای برداشت شده در طول دوره از هر تیمار و در پایان دوره با تقسیم کردن میانگین وزن خیار بر تعداد بوته محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار JMP-8 صورت گرفت. همچنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD (در سطح احتمال ۵ درصد) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش دور آبیاری به‌ترتیب منجر به کاهش ۳۱/۶، ۵۹/۸ و ۵۵/۴ درصد طول ریشه، طول بوته و طول میانگره نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). کاهش رشد گیاه به هنگام تنش، یکی از سازوکارهای گیاه برای بقاء در شرایط تنش است. با بسته شدن روزنه‌های برگ به‌منظور ممانعت از هدرروی آب گیاه و کاهش سطح برگ و به‌دنبال آن کاهش میزان فتوسنتز در گیاه، میزان کربوهیدارت‌های غیرساختمانی ذخیره شده و مواد پرورده در گیاه کاهش یافته که در پی آن رشد گیاه نیز کاهش می‌یابد (۳۵، ۳۸ و ۴۷). در این پژوهش نیز افزایش دور آبیاری رشد گیاه را کاهش داده و همچنین منجر به کاهش وزن خشک و تازه گیاه شد. احتمالاً این موضوع با کوچک شدن برگ‌ها، کاهش کلروفیل‌سازی در گیاه، کاهش سطح برگ و کاهش میزان تجمع مواد ذخیره‌ای در اندام‌های رویشی مرتبط است (۴۴). کاربرد اسید فولویک و اسید آمینه به‌تنهایی در دور آبیاری پنج روز، طول ریشه را به‌ترتیب ۱۲ و ۱۴ درصد در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در دور آبیاری ۵ روز افزایش داد (جدول ۲). استفاده ترکیبی از اسید فولویک و اسید آمینه طول بوته را به میزان ۸۲ درصد در دور آبیاری پنج روز در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در دور آبیاری پنج روز و ۱۵۹ درصد در دور آبیاری هفت روز در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در دور آبیاری هفت روز افزایش داد (جدول ۲). افزایش هدایت روزنه‌ای، افزایش میزان فتوسنتز در گیاه، افزایش تورژسانس سلولی و افزایش طویل شدن سلول‌های گیاه در پی کاربرد اسید آمینه، منجر به افزایش طول بوته در گیاه می‌شود (۶۵). علاوه بر این، نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد ترکیبی اسید فولویک و اسید آمینه در هر دور آبیاری طول میانگره را افزایش داد. میزان افزایش طول میانگره در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در هر سطح، در دور آبیاری ۳ روز ۲۹/۴ درصد، در دور آبیاری پنج روز ۲۶/۳ درصد و در دور آبیاری هفت روز ۴۶/۹ درصد بود (جدول ۲). سطح برگ در گیاه نیز در تیمار کاربرد ترکیبی اسید فولویک و اسید آمینه در تمامی دورهای آبیاری افزایش یافت. این افزایش در دور آبیاری سه روز ۷/۲ درصد، در دور آبیاری پنج و هفت روز به‌ترتیب ۸۴/۴ و ۸۴/۷ درصد بود. در دور آبیاری پنج روز نیز وزن تازه گیاه در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در همان دور آبیاری ۷۰ درصد افزایش داشت (جدول ۲). ترکیبات آلی با تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات خاک، ترشح هورمون‌های رشدی و سیدروفور و اسیدهای آلی مقاومت گیاه در شرایط تنش کم‌آبی را افزایش می‌دهند (۲۵). آزادسازی و حل شدن عناصر تثبیت شده در خاک‌های شور و قلیایی از کارایی و ویژگی‌های مهم ترکیبات هیومیکی از جمله اسید فولویک است (۱۳). مواد هیومیکی از جمله اسید فولویک سازوکاری شبیه هورمون‌های گیاهی دارند. این احتمال وجود دارد که این ترکیبات از طریق افزایش جذب عناصر غذایی در شرایط تنش (۸۴ و ۸۵) و افزایش غلظت هورمون اکسین (۱۰)، رشد و ارتفاع گیاه را

1. Leaf porometer

جدول ۱. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در آزمایش.

Table 1. Analysis of variance (mean squares) of morphological and physiological traits measured in the experiment.

CV	خطا Error	دور آبیاری × ترکیبات آلی Stress × Treatment	ترکیبات آلی Organic compounds (OC)	دور آبیاری Irrigation intervals (II)	بلوک Block	منبع تغییرات S.O.V
	22	6	3	2	2	درجه آزادی df
26.98	0.96	22.3**	15.4**	381.1**	0.11ns	طول ریشه Root length
33.98	18.81	246.45**	3336.82**	6478.31**	7.540ns	ارتفاع Height
34.77	0.63	0.67ns	15.95**	20.52**	0.02ns	تعداد شاخه فرعی Branch number
31.40	0.41	1.88*	73.44**	956.64**	0.34ns	طول میانگره Internode length
3.07	0.17	0.60*	1.40**	0.19ns	0.02ns	تعداد میانگره Internode number
27.98	0.34	0.86ns	1.99**	146.18**	0.06ns	قطر ساقه Stem diameter
31.28	4.83	6.24ns	1131.01**	300.26**	32.84*	وزن خشک گیاه Shoot dry weight
38.20	465.5	1378.9*	10353.4**	24304.7**	54.25ns	وزن تازه گیاه Shoot fresh weight
71.37	20.73	1212.62**	968.68**	46905.3**	50.64ns	سطح برگ Leaf area
48.96	1.42	51.59**	353.65**	19934.1**	0.82ns	محتوی نسبی آب برگ Leaf relative water content
9.35	18.21	95.54*	239.3**	402.4**	2.469ns	نشت الکترولیت Electrolyte leakage
48.99	0.203	1.17**	4.88**	14.09**	0.14ns	کلروفیل a Chlorophyll a
49.61	0.52	1.80*	29.58**	699.25**	1.58ns	پرولین Proline
29.31	0.42	4.41**	23.13**	36.75**	1.00ns	ظرفیت آنتی‌اکسیدان Antioxidant
63.08	0.05	0.81**	1.83**	8.68**	0.0007ns	کلروفیل b Chlorophyll b
52.52	0.06	0.56**	2.09**	8.66**	0.07ns	کارتنوئید Carotenoid
25.97	0.02	0.001ns	0.006ns	3.470**	0.004ns	فنل برگ Leaf phenol
24.31	0.01	0.03ns	0.58**	1.43**	0.01ns	قند محلول Soluble sugar
31.20	10.33	3.75ns	93.29**	2140.52**	43.19*	شاخص سبزینگی SPAD index
32.10	0.95	4.28**	19.21**	127.36**	0.02ns	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌دار شدن

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-significant

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر برهمکنش کاربرد تیمارهای کودی و دور آبیاری بر طول ریشه، ارتفاع گیاه، سطح برگ، تعداد و طول میانگره و وزن تازه گیاه.

Table 2. Mean comparisons of the interaction effect of fertilizer treatments and irrigation intervals on root length, height, leaf area, internode number, shoot fresh weight and internode length.

دور آبیاری Irrigation intervals (day)	ترکیبات آلی Organic compounds	طول ریشه Root length (cm)	ارتفاع Height (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2/plant)	تعداد میانگره Internode number	وزن تازه گیاه Shoot fresh weight (g/plant)	طول میانگره Internode length (mm)
3	شاهد Control	21.41^{cd}	81.33^{d}	127.61^{c}	19.00^{c}	124.66^{def}	28.65^{d}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	23.83^{b}	92.30^{c}	127.40^{c}	19.00^{c}	201.66^{b}	35.33^{b}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	29.30^{a}	106.33^{b}	186.02^{a}	19.33^{bc}	154.33^{cd}	33.02^{c}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	22.01^{c}	114.46^{a}	136.82^{b}	19.00^{c}	249.33^{a}	37.09^{a}
5	شاهد Control	19.75^{de}	63.32^{f}	44.97^{g}	19.00^{c}	103.66^{fgh}	22.77^{g}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	22.08^{c}	84.53^{d}	74.07^{e}	19.33^{bc}	152.33^{cde}	26.24^{e}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	22.57b^{c}	70.96^{e}	53.93^{f}	19.00^{c}	131.66^{def}	25.08^{f}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	19.64^{e}	115.50^{a}	83.10^{d}	20.00^{b}	176.33^{bc}	28.76^{d}
7	شاهد Control	14.36^{f}	32.67^{i}	14.99^{j}	18.66^{c}	68.66^{h}	12.77^{k}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	15.19^{f}	54.29^{g}	24.69^{hi}	19.33^{bc}	117.33^{efg}	16.24^{i}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	10.37^{h}	40.31^{h}	17.98^{ij}	18.66^{c}	85.21^{gh}	15.08^{j}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	12.58^{g}	84.85^{d}	27.70^{h}	20.33 ^{a}	99.10^{fgh}	18.76^{h}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means with at least one common letter in a column are not significantly different (LSD, $P < 0.05$).

بهبود می‌بخشند. کاربرد اسید آمینه گلایسین استحکام و پایداری ساختارها و فعالیت آنزیمی و ترکیبات پروتئینی در گیاه را سبب می‌شود (۲۸). همچنین پایداری دیواره سلولی در برابر آثار منفی انواع تنش‌های زیستی، حفظ و تنظیم اسمزی، حفظ ساختمان چهارم پروتئین، تسهیل انتقال الکترون، محافظت از فعالیت پروتئین‌ها و چربی غشائ تیلاکوئیدی نیز از سایر مزایای کاربرد اسید آمینه گلایسین در گیاه در شرایط تنش است (۲۸). در سایر پژوهش‌ها نیز بهبود ارتفاع گیاه گوجه فرنگی (۳۲) و فلفل (۷۶)، وزن تازه و خشک اندام هوایی در گیاه فلفل (۲۹) در شرایط مصرف اسید فولویک و بهبود ارتفاع گیاه در ریحان (۶۵) در شرایط مصرف اسید آمینه تأیید شده است.

با افزایش دور آبیاری در گیاه از سه به هفت روز مقدار کلروفیل a و b نسبت به تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی در هر دور آبیاری کاهش یافت؛ در مقابل مقدار کلروفیل b در برگ در تیمار کاربرد ترکیبی اسید فولویک و اسید آمینه در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی در هر دور آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش مقدار کلروفیل b در دور آبیاری ۵ روز ۴۷ درصد و در دور آبیاری هفت روز ۱۳۸ درصد بود

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر برهمکنش کاربرد تیمارهای کودی و دور آبیاری بر مقدار کارتنوئید، کلروفیل a، کلروفیل b، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای، نشت الکترولیت برگ و ظرفیت آنتی‌اکسیدان برگ.

Table 3. Mean comparisons of the interaction effect of organic compounds and irrigation intervals on carotenoids (Car), chlorophyll a and b (Chl a and b), leaf relative water content (RWC), stomatal conductance (SC), proline (P), electrolyte leakage (EL) and antioxidant capacity (Anti).

دور آبیاری Irrigation intervals (day)	ترکیبات آلی Organic compounds	کارتنوئید Car (mg/g FW)	کلروفیل a Chl a (mg/g FW)	کلروفیل b Chl b (mg/g FW)	محتوی نسبی آب برگ RWC (%)	هدایت روزنه‌ای SC (mmol CO_2/ m^2/s)	پرولین P (µm/g DW)	نشت الکترولیت EL (%)	ظرفیت آنتی-اکسیدان Anti (%)
3	شاهد Control	0.97^{de}	3.00^{bcd}	1.33^{cd}	90.28^{c}	13.27^{b}	7.00^{g}	93.71^{ab}	6.66^{de}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	0.74^{e}	5.66^{a}	3.64^{a}	93.82^{b}	15.59^{a}	5.00^{h}	74.85^{d}	6.66^{de}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	1.03^{de}	2.42^{cde}	1.73^{c}	100.0^{a}	9.30^{d}	4.66^{h}	98.80^{a}	5.33^{f}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	0.69^{e}	3.28^{b}	2.65^{b}	100.0^{a}	11.67^{bc}	5.00^{h}	86.41^{c}	5.33^{f}
5	شاهد Control	2.50^{b}	2.72^{bcd}	1.06^{de}	76.87^{d}	12.19^{bc}	16.66^{d}	95.46^{a}	10.00^{b}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	2.19^{bc}	3.09^{bc}	1.41^{cd}	88.49^{c}	12.03^{bc}	14.00^{e}	87.05^{bc}	7.66^{cd}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	0.99^{de}	2.04^{def}	1.34^{cd}	99.45^{a}	9.08^{d}	12.33^{f}	100.00^{a}	7.33^{cd}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	1.28^{d}	2.66^{bcd}	1.56^{c}	100.0^{a}	11.51^{c}	11.66^{f}	83.99^{c}	6.00^{ef}
7	شاهد Control	3.32^{a}	1.52^{fg}	0.36^{g}	19.21^{g}	6.62^{e}	23.66^{a}	100.00^{a}	13.00^{a}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	3.01^{a}	1.89^{ef}	0.71^{efg}	22.12^{f}	6.57^{e}	21.00^{b}	99.65^{a}	8.33^{c}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	1.79^{c}	0.84^{g}	0.64^{fg}	25.10^{e}	5.59^{e}	19.33^{c}	100.00^{a}	10.00^{b}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	2.10^{bc}	1.46^{fg}	0.86^{ef}	26.14^{e}	6.40^{e}	18.66^{c}	99.01^{a}	6.66^{de}

میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means with at least one common letter in a column are not significantly different (LSD, $P < 0.05$).

(جدول ۳). ناپایداری کمپلکس‌های پروتئینی، تخریب کلروفیل در اثر افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز، افزایش تولید رادیکال‌های آزاد و صدمه اکسیداتیو لیپیدهای کلروپلاست رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها نیز از دلایل کاهش محتوی کلروفیل در شرایط کم‌آبیاری است (۳۶، ۶۱، ۷۰، ۷۵ و ۸۰). کاهش محتوی کلروفیل در گیاه کتان (۶۱) و بادمجان (*Solanum melongena*) (۴۶) نیز گزارش شده است. در شرایط کم‌آبیاری، مولکول کلروفیل به یک عامل محافظت‌کننده نوری نیاز دارد (۷۹). در پی کاربرد اسید آمینه گلایسین در گیاه به‌صورت کود آبیاری این احتمال وجود دارد که این ماده پیش‌ماده کولین در برگ را افزایش داده و از تخریب کلروفیل در گیاه جلوگیری کرده است (۵۱). ترکیبات هیومیکی با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو،

فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهند (۵۹). اسید فولویک با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه بر محتوای کلروفیل گیاه و تبادلات گازی در گیاه مؤثر است (۸). با توجه به اهمیت نیتروژن در ساختار اسیدهای آمینه و آنزیم‌ها، افزایش آن در گیاه با مصرف انواع مواد هیومیکی و بهبود میزان آمونیوم و آنزیم‌های گلوتامات سنتتاز و گلوتامین سنتتاز که در ساخت کلروفیل دخالت دارند، میزان کلروفیل برگ نیز افزایش می‌یابد (۱۵).

افزایش دور آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار محتوی نسبی آب برگ (RWC) نسبت به تیمار شاهد (دور آبیاری سه روز) شد (جدول ۳). کاهش RWC تحت تنش کم‌آبی به بسته شدن روزنه‌های گیاه در پی افزایش تجمع هورمون آبسیزیک اسید در برگ و کاهش رطوبت خاک مرتبط است (۴۲). در سطوح مختلف دور آبیاری (۵ و ۷ روز) کاربرد ترکیب اسید آمینه و اسید فولویک توانست RWC را به‌ترتیب ۳۰ و ۳۶ درصد در دور آبیاری پنج و هفت روز در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در هر دور آبیاری افزایش دهد (جدول ۳). نشت الکترولیت در گیاه با افزایش دور آبیاری به‌شدت افزایش یافت. در دور آبیاری ۵ روز کاربرد اسید فولویک و اسید آمینه در ترکیب با یکدیگر توانست نشت الکترولیت در گیاه را به میزان ۱۲ درصد در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی در دور آبیاری پنج روز کاهش دهد (جدول ۳). آثار مثبت ترکیبات آلی در بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان از طریق آزادسازی عناصر غذایی، افزایش فراهمی نیتروژن و بهبود شرایط رطوبتی و ویژگی‌های خاک در سایر پژوهش‌ها نیز تأیید شده است (۴۲). ترکیبات آلی با تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک افزون بر بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه، نگهداری رطوبت در خاک را افزایش می‌دهند (۵۰). همچنین اسید فولویک با حل کردن ترکیباتی همچون ایزوآنزیم‌ها، ویتامین‌ها و هورمون‌ها در خود بر صفات رشدی گیاه تأثیر می‌گذارد (۶۹). علاوه بر این، با وجود اسید آمینه آزاد در دسترس گیاه، نیاز تولید این ترکیبات در گیاه به صفر رسیده و انرژی تولید اسید آمینه در گیاه ذخیره می‌شود و انرژی موجود صرف سایر نیازهای گیاه می‌شود؛ این موضوع در بهبود رشد و شرایط رشدی گیاه مؤثر است (۵۷).

اعمال تنش خشکی هدایت روزنه‌ای برگ را کاهش داده و مقدار پرولین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه را افزایش داد (جدول ۳). یکی از پاسخ‌های گیاه به هنگام مواجهه با انواع مختلف تنش‌های زیستی، پاسخ آنتی‌اکسیدانی است. این پاسخ به‌دلیل حفاظت گیاه در برابر آسیب‌های اکسیداتیو ناشی از تنش صورت می‌گیرد (۵۲). همچنین، افزایش غلظت اسید آمینه پرولین به‌عنوان مخزن ذخیره‌ای نیتروژن و ماده محلول کاهش‌دهنده پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم، تحمل گیاه در برابر تنش را افزایش می‌دهد (۳۱). در مقابل، استفاده از ترکیب اسید فولویک و اسید آمینه در دور آبیاری پنج روز مقدار پرولین برگ را ۳۰ درصد در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در همان دور آبیاری کاهش داد. در دور آبیاری هفت روز نیز کاهش ۲۱ درصدی در مقدار پرولین برگ مشاهده شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برگ نیز در دور آبیاری پنج روز به میزان ۴۰ درصد و در دور آبیاری هفت روز به میزان ۴۸ درصد در تیمار کاربرد ترکیبی اسید فولویک و اسید آمینه در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی (شاهد) در همان دور آبیاری کاهش یافت. ترکیبات آلی با افزایش محتوی نیتروژن در گیاه، سنتز کلروفیل و فتوسنتز را افزایش داده (۴۳) و از طریق ایجاد کمپلکس‌های پایدار با عناصر غذایی مختلف از جمله عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی و همچنین به‌عنوان ترکیب شبه-هورمونی، سرعت و مقدار جذب عناصر غذایی را افزایش می-دهند (۸۲). به‌طور کلی، این ترکیبات با بهبود شرایط فیزیولوژیک گیاه، رشد آن را بهبود می‌بخشند (۴۱). این ترکیبات به‌علت تماس با پروتئینی که دارای یک لایه جذب آب است، رشد سلول‌ها را تحریک می‌کنند (۹). در پژوهشی گزارش شد که کاربرد اسید آمینه گلایسین، تجمع گلایسین بتائین در درون سلول‌های گیاه را افزایش داده و پتانسیل اسمزی را متعادل کرده است (۲۶).

جدول ۴. تأثیر کاربرد ترکیبات آلی و بر شاخص سبزینگی (SPAD)، قند محلول برگ، وزن خشک بوته، تعداد ساقه فرعی و قطر ساقه.

Table 4. effect of organic compounds on SPAD index, soluble sugar, shoot dry weight, branch number and stem diameter.

ترکیبات آلی Organic compounds	قطر ساقه Stem diameter	تعداد ساقه فرعی Branch number	وزن خشک گیاه Shoot dry weight (g)	قند محلول Soluble sugar (mg/g FW)	شاخص سبزینگی SPAD index
شاهد Control	10.11^{c}	3.33^{c}	23.15^{d}	1.80^{a}	33.64^{c}
اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	10.93^{ab}	5.33^{b}	34.86^{b}	1.73^{a}	40.49^{a}
اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	10.42^{bc}	4.88^{bc}	31.99^{c}	1.23^{c}	37.16^{b}
اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	11.14^{a}	6.55^{a}	50.08^{a}	1.53^{b}	40.30^{ab}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means with at least one common letter in a column are not significantly different (LSD, $P < 0.05$).

جدول ۵. اثر دور آبیاری بر شاخص سبزینگی، قند محلول برگ، وزن خشک شاخساره، قطر ساقه و تعداد ساقه فرعی و مقدار فنل برگ.

Table 5. Effect of irrigation intervals on SPAD index, leaf soluble sugar, shoot dry weight, stem diameter, branch number and leaf phenol.

دور آبیاری irrigation intervals (day)	فنل برگ Phenol (mg/g FW)	تعداد شاخه فرعی Branch number	قطر ساقه Stem diameter (mm)	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight (g)	قند محلول Soluble sugar (mg/g FW)	شاخص سبزینگی SPAD index
3	1.45b	6.50a	13.65a	39.94a	1.24c	48.10a
5	1.49b	4.58b	11.47b	35.19b	1.54b	42.81b
7	2.40a	4.00b	6.82c	29.94c	1.93a	22.78c

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند.

The means with different letters in a column are significantly different (LSD, $P < 0.05$).

کاربرد ترکیبات آلی اسید آمینه و اسید فولویک در ترکیب با یکدیگر منجر به ثبت بیش‌ترین قطر ساقه در گیاه نسبت به تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی شد (جدول ۴). تیمار ترکیبی اسید آمینه و اسید فولویک قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک گیاه و شاخص سبزینگی را به‌ترتیب ۱۰، ۹۶/۶، ۱۱۶/۳ و ۱۹/۷ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۴). علاوه بر این، نتایج آزمایش نشان داد که افزایش دور آبیاری منجر به کاهش شاخص سبزینگی، وزن خشک گیاه، قطر ساقه و افزایش مقدار ترکیبات فنلی و قند محلول در گیاه شد (جدول ۵). تأثیر مثبت اسید فولویک در افزایش تعداد شاخه جانبی در رازیانه (۵۳) و ریحان (۲۳) دیده شده است که احتمالاً ناشی از افزایش میزان عناصر معدنی (۲۳)، افزایش جذب ریشه و افزایش آب قابل دسترس (۳۴) برای گیاه است. علاوه بر این، ترکیبات آلی با افزایش میزان گسترش ریشه و قابلیت جذب آب و مواد غذایی نیز بر سایر شاخص‌های گیاه از جمله قطر ساقه و وزن خشک گیاه مؤثرند (۱۵). استفاده از اسید آمینه در گیاه نیز با افزایش سنتز پروتئین و جذب نیتروژن بر تقسیم سلولی و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی مؤثر بوده که در نهایت بهبود شاخص‌های رویشی گیاه را در پی دارد (۶۷). آثار مثبت اسید آمینه و اسید فولویک در افزایش وزن خشک و تازه اندام هوایی در سایر پژوهش‌ها نیز تأیید شده است (۴، ۲۲، ۴۷ و ۸۵).

جدول ۶. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های زراعی اندازه‌گیری شده در آزمایش.

Table 6. Analysis of variance (mean squares) of agronomic traits measured in the experiment.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک میوه Fruit dry weight	وزن تازه میوه Fruit fresh weight	سفتی بافت میوه Fruit tissue firmness	عملکرد میوه Fruit yield	مواد جامد محلول Total suspended solids TSS	قطر میوه Fruit diameter	طول میوه Fruit length
بلوک Block	2	0.31^{ns}	2.34^{ns}	0.55^{ns}	0.12^{ns}	0.005^{ns}	0.11^{ns}	0.0006^{ns}
دور آبیاری Irrigation intervals (II)	1	1.12^{ns}	445.48^{**}	3.60^{**}	3.15^{**}	0.000^{ns}	0.70^{**}	22.93^{**}
ترکیبات آلی Organic compounds (OC)	3	0.81^{ns}	398.57^{**}	2.50^{**}	4.55^{**}	0.0105^{ns}	1.66^{**}	15.83^{**}
تیمار × ترکیبات آلی II × OC	3	3.55^{**}	1263.19^{**}	0.75^{ns}	0.02^{ns}	0.006^{ns}	0.71^{**}	5.14^{**}
خطا Error	14	0.40	33.53	0.25	0.06	0.01	0.03	0.28
C.V		27.43	29.14	19.87	16.21	2.01	17.84	16.81

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌دار شدن

**Significant at 1% level of probability, * Significant at 5% level of probability, ns: Non-significant

با توجه به نتایج این پژوهش مشخص شد که آثار ساده و برهمکنش تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های مورد بررسی معنی‌دار بودند (جدول ۶). این نکته قابل ذکر است که افزایش دور آبیاری به ۷ روز منجر به کاهش رشد گیاه شد؛ به‌طوری که از تولید میوه در گیاه ممانعت به عمل آورد. در نتیجه اثر بر این شاخص‌های تنها در دو سطح آبیاری ۳ و ۵ روز بررسی شد. افزایش دور آبیاری در گیاه وزن تازه و خشک میوه را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد؛ این در حالی است که استفاده از اسید آمینه در دور آبیاری پنج روز وزن میوه را در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کاربرد ترکیبات آلی در دور آبیاری سه روز ۱۳۱ درصد و دور آبیاری پنج روز ۸۴ درصد افزایش داد (جدول ۷). همچنین استفاده از تیمار ترکیبی اسید آمینه و اسید فولویک و تیمار اسید آمینه به‌تنهایی طول و قطر میوه را در دور آبیاری ۵ روز در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیبات آلی در همان دور آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۷). کاهش وزن، طول و قطر میوه با افزایش دور آبیاری به‌دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی صورت می‌گیرد (۵۶). افزایش دور آبیاری از سه به پنج روز سفتی بافت میوه و عملکرد گیاه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۸). نتایج نشان داد استفاده از تیمار ترکیبی اسید آمینه و اسید فولویک عملکرد گیاه را در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد ترکیبات آلی) در همان دور آبیاری به میزان ۴۱ درصد افزایش داد (جدول ۹). کاربرد انواع مختلف ترکیبات آلی در شرایط کم‌آبی، رشد ریشه و سطح برگ را افزایش داده که این موضوع افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در گیاه را پیش از گلدهی سبب می‌شود؛ در نتیجه در

جدول ۷. مقایسه میانگین تأثیر برهم‌کنش دور آبیاری و ترکیبات آلی بر طول، قطر و وزن تازه و خشک میوه.

Table 7. Mean comparisons of the interaction effect of irrigation intervals and organic compounds on fruit dry and fresh weights, fruit diameter and fruit length.

دور آبیاری Irrigation intervals (day)	ترکیبات آلی Organic compounds	وزن خشک میوه Fruit dry weight (g/plant)	وزن تازه میوه Fruit fresh weight (g/plant)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	طول میوه Fruit length (cm)
3	شاهد Control	1.82^{c}	32.63^{e}	3.26^{cd}	11.60^{c}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	3.66^{ab}	46.39^{d}	2.56^{e}	9.81^{d}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	3.27^{ab}	55.07^{cd}	4.06^{b}	14.10^{b}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	4.14^{a}	68.54^{ab}	4.50^{a}	14.51^{a}
5	شاهد Control	4.19^{a}	59.64^{bc}	2.96^{d}	9.83^{d}
	اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	4.15^{a}	68.69^{ab}	3.16^{cd}	10.30^{d}
	اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	3.51^{ab}	74.91^{a}	3.40^{c}	11.46^{c}
	اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	2.76^{bc}	33.85^{e}	3.50^{c}	11.50^{c}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means with at least one common letter in a column are not significantly different (LSD, $P < 0.05$).

جدول ۸. مقایسه میانگین اثر ساده دور آبیاری بر عملکرد گیاه و سفتی بافت میوه.

Table 8. Mean comparisons of the effect of irrigation intervals intervals on fruit yield and fruit tissue firmness.

دور آبیاری irrigation intervals (day)	سفتی بافت میوه Fruit tissue firmness (N/m^2)	عملکرد میوه Fruit yield (kg/plant)
3	4.85^{a}	5.83^{a}
5	4.07^{b}	5.10^{b}

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند.

The means with different letters in a column are significantly different (LSD, $P < 0.05$).

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر ساده ترکیبات آلی مختلف بر عملکرد گیاه و سفتی بافت میوه.

Table 9. Mean comparisons of the effect of different organic compounds on fruit yield and fruit tissue firmness.

ترکیبات آلی Organic compounds	سفتی بافت میوه Fruit tissue firmness (N/m^2)	عملکرد میوه Fruit yield (kg/plant)
شاهد Control	4.28^{b}	4.76^{c}
اسید فولویک Fulvic acid (200 mg/l)	5.41^{a}	5.31^{b}
اسید آمینه Amino acid (6 l/ha)	4.00^{b}	5.06^{bc}
اسید آمینه × اسیدفولویک Fulvic acid (200 mg/l) × Amino acid (6 l/ha)	4.15^{b}	6.73^{a}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means with at least one common letter in a column are not significantly different (LSD, $P < 0.05$).

مرحله پس از گلدهی در گیاه مواد فتوسنتزی دوباره از منبع به مخزن انتقال یافته و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشند (۱۴). علاوه بر این، این اسیدهای آلی به‌دلیل تأثیر مثبت بر روابط آبی گیاه، سبب بهبود فراهمی عناصر غذایی در خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد گیاهان می‌شوند (۳). در گیاه سیر، سیب‌زمینی، خیار، کدو و فلفل‌شیرین استفاده از اسید آمینه عملکرد گیاه را بهبود بخشیده است (۵، ۱۱، ۱۹ و ۴۰). احتمالاً افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف در گیاهان و اثر محرک اسیدهای آمینه بر رشد سلول‌های گیاهی به‌ویژه در اوایل رشد از دلایل افزایش عملکرد در گیاهان است (۵۴ و ۷۴). در گیاه گل کلم چینی (*Brassica oleracea* L.) نیز افزایش عملکرد تحت تأثیر استفاده از اسید آمینه گزارش شده است (۱۶).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که گیاه خیار سوپردامینوس به‌شدت تحت تأثیر افزایش دور آبیاری، دچار کاهش عملکرد و رشد می‌شود. شاخص‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک مورد بررسی در آزمایش در دور آبیاری هفت روز یک‌بار، به‌شدت کاهش یافت. این در حالی است که استفاده از ترکیب اسید آمینه و اسید فولویک در دور آبیاری پنج و هفت روز منجر به بهبود شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک در مقایسه با تیمار عدم کاربرد ترکیب آلی (شاهد) در هر دور آبیاری شد. این نکته نیز قابل ذکر است که استفاده از ترکیب اسید آمینه و اسید فولویک در دور آبیاری هفت روز یک‌بار تأثیر مثبتی بر تولید میوه و افزایش عملکرد در گیاه نداشت؛ با این‌حال، در دور آبیاری پنج روز استفاده از ترکیب اسید آمینه و اسید فولویک منجر به افزایش عملکرد در گیاه شد. به‌طور کلی، استفاده از اسید فولویک و اسید آمینه به‌صورت توأم با یکدیگر بیش‌ترین تأثیر را در بهبود رشد و افزایش عملکرد در گیاه داشت. کاربرد اسید فولویک و اسید آمینه به‌تنهایی نیز در بهبود شاخص‌های رشدی مورد مطالعه نقش داشتند، اما کاربرد توأم این دو کود با یکدیگر از طریق بهبود شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک توانست بیش‌ترین تأثیر را در رشد گیاه در شرایط افزایش دور آبیاری (اعمال تنش خشکی) داشته باشد. در نتیجه کاربرد توأم این دو کود با یکدیگر در شرایط کم‌آبیاری برای گیاه خیار توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abaszadeh Faruji, R., Shoor, M., TehraniFar, A., Abedi, B., Safari, N., 2018. Effects of humic acid and fulvic acid on some morphological characteristics of Geranium. *Journal of Horticultural Science* 32(1): 35–50. (In Persian with English abstract)
2. Abe, N., Murata, T., Hirota, A., 1998. Novel 1,1-diphenyl-2-picryhy- drazyl- radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 62: 661–662.
3. Aghababi, F., Raisi, F., Nadian, H., 2011. Influence of mycorrhizal symbiosis on the uptake of nutrients in some commercial genotypes of almond in a sandy loam soil. *Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences)* 25(2): 137–147. (In Persian with English abstract)
4. Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., Nassiri Mahallati, M., 2014. Evaluation of the effects of organic, biological and chemical fertilizers on vegetative indices and essential oil content of coriander. *Journal of Agricultural Ecology* 6(3): 425–443. (In Persian with English abstract)
5. Al-Said, M. A., Kamal, A. M., 2008. Effect of folair spray with folic acid and some amino acids and some amino acids on flowering yield and quality of sweet pepper. *Journal of Agriculture Science Mansoura University* 33(10): 7403–7412.
6. Aminifard, M.H. Gholami, M., Bayat, H. Moradi Nezhad, F., 2020. The effect of fulvic acid and amino acid application on physiological characteristics, growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a medicinal plant. *Journal of Agroecology* 12(3): 373–388.
7. Aminifard, M.H., Gholami, M., Bayat, H., Moradinezhad, F., 2019. Effect of fulvic acid and amino acid on phenol, flavonoids, antioxidant activity and pigments of coriander medicinal plant (*Coriandrum sativum* L.). *Eco-phytochemical*

Journal of Medicinal Plants 7(1): 25–39 (In Persian with English abstract)
8. Anjum, S. A., Wang, L., Farooq, M., Xue, L., Ali, S., 2011. Fulvic acid application improves the maize performance under well□watered and drought conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science* 197(6): 409–417.
9. Arakawa, T., Timasheff, S.N., 1983. Preferential interactions of proteins with solvent components in aqueous amino acid solutions. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 224: 169–177.
10. Atiyeh, R.M., Lee, S.S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J., 2002. The influence of humic acid derived from earthworm processed organic waste on plant growth. *Bioresource Technology* 8: 7–14.
11. Awad, E. M., Abd El-Hameed, A. M., Shall, Z. S., 2007. Effect of glycine, lysine and nitrogen fertilizer rates on growth, yield and chemical composition of potato. *Journal of Agriculture Science Mansoura University* 32(10): 8541–8551.
12. Bates, L., Waldren, R., Teare, I., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39(1): 205–207.
13. Bohloli, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., Razmjoo, J., 2019. Effect of humic acid, mycorrhizal fungi and madder residue on some growth characteristics and nutrient uptake of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) under salt stress. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 20 (2): 221–234. (In Persian with English abstract)
14. Boomsma, C. R., Vyn, T. J., 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through *arbuscular mycorrhizal* symbiosis. *Field Crops Research* 108: 14–31.
15. Boveiri Dehsheikh, A., Mahmoodi Sourestani, M., Zolfaghari, M., Enayatizamir, N., 2016. The effect of plant growth promoting rhizobacteria, chemical fertilizer and humic acid on morpho-physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* var. thyrsiflorum). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 26(4): 129–140. (In Persian with English abstract)
16. Cao, J.X., Peng, Z.P., Huang, J.C., Yu, J.H., Li, W.N., Yang, L.X., Lin, Z.J., 2010. Effect of foliar application of amino acid on yield and quality of flowering Chinese cabbage. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 26: 162–165.
17. Carrol, H.V., Longley, R.W., Roe, J.H., 1956. The determination of glycogen in liver and muscle by use of anthrone reagent. *The Journal of Biological Chemistry* 220: 583–593.
18. Dere, S., Gines, T., Sivaci, R., 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid content of some algae species using different solvents. *Turkish Journal of Botany* 22: 13–17.
19. El-Shabasi, M. S., Mohamed, S. M., Mahfouz, S. A., 2005. Effect of foliar spray with amino acids on growth, yield and chemical composition of garlic plants. The 6th Arabian Conference for Horticulture. Ismailia, Egypt.
20. Entezari, S., Khalatbari, M., Nosri, M., Zakeri Mohammadabadi, A., 2008. The effect of amino acid spraying on water deficit in wheat in Varamin condition. *Plant and Ecosystem* 4(14): 64–76. (In Persian with English abstract)
21. Fallahi, H.R., Aminifard, M.H., Jorkesh, A., 2018. Effects of thiamine spraying on biochemical and morphological traits of basil plants under greenhouse conditions. *Journal of Horticulture and Postharvest Research* 1(1): 27–36.
22. Fang, Z., Wang, X., Zhang, X., Zhao, D., Tao, J., 2020. Effects of fulvic acid on the photosynthetic and physiological characteristics of *Paeonia ostii* under drought stress. *Plant Signaling & Behavior* 15(7): 1774714.
23. Fatemi, H., Ameri, A., Amini Fard, M.H., Honey, H., 2011. Effect of humic acid on essences and vegetative properties of basil. The First National Conference on Modern Topics in Agriculture. Saveh, Islamic Republic of Iran Islamic Azad University, Iran. pp. 43–53. (In Persian)
24. Faten, S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A., 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(5): 583–588.
25. Ghasemi, S., Siavoshi, K., Chokan, R., Khavazi, K., Rahmani, A., 2011. Effect of phosphate biofertilizer on grain yield and its components in maize (*Zea mays* L.) single cross 704 under drought stress conditions 2-27(2): 219–233.
26. Gibon, Y., A. Bessieres M., Larher F., 1997. Is glycinebetaine a non-compatible solute in higher plants do not accumulate it? *Plants, Cell and Environment* 20: 329–340.
27. Good, A.G., Zaplachiniski, S.T., 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. *Physiological Plantarum* 90: 9–14.
28. Gorham, J., 1995. Betaines in higher plants biosynthesis and role in stress metabolism. In: Wallsgrove, R.M. (Ed.), Amino Acids and Their Derivatives in Higher Plants. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 171–203.
29. Gulser, F., Sonmez, F., Boysan, S., 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. *Journal of Environmental Biology* 31(5): 873–879.
30. Haj Seyyedhadi, S.M., Rezai Ghale, H., 2016. the effect of different amounts of vermicompost and spraying of amino and urea acids on the quantitative and qualitative yield of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 31(6): 1058–1070. (In Persian with English abstract)

31. Heuer, B., 1994. Osmoregulatory role of proline in water stress and salt-stressed plants. In: Pessarkli, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop stress. Marcel Dekker Pub, New York. pp. 363–481.
32. Hye Young, S., Kil Sun, Y., Sang Gon, S., 2014. Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 55(6): 455–461.
33. Jahan, M., Ghalaa Nawi, S., Khamoushi, A., Amiri, M., 2015. Investigation of agro-ecological characteristics of basil under the influence of superabsorbent application of moisture, acidification and irrigation periods. *Journal of Horticultural Research* 2: 242–254. (In Persian with English abstract)
34. Jahan, M., Sorabi, R., Doayee, F., Amiri, M.B., 2013. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mashhad (Iran). *Journal of Agro-ecology* 3(2): 71–90.
35. Jalilian, J., Heydarzadeh, S., 2015. Effect of cover crops, organic and chemical fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of safflower (*Carthamus Tinctorius*). *Journal of Agricultural Science* 25(4): 71–85. (In Persian with English abstract)
36. Kalantar Ahmadi, S.A., Ebadi, A., Daneshian, J., Siadat, S.A., Jahanbakhsh, S., 2017. Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401*). Iranian Journal of Crop Sciences* 18(3): 196–217. (In Persian with English abstract)
37. Kamali, M., Shoor, M., Salahvarzi, Y., 2012. Studying the effect of salt stress on physio-morphological characteristics of C_4 plants *Gomphrena globosa L* and *Amaranthus tricolor* under different levels of carbon dioxide. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English abstract)
38. Karami, A., Sepehri, A., 2013. Effects of application of nitroxin and biophosphate on the nutrient use efficiency and harvest index of *Borago officinalis* L. under water deficit stress. *Agriculture Science and Sustainable Production* 73(3): 144–156. (In Persian with English abstract)
39. Karimi, E., Tadayyon, A., Tadayyon, M.R., 2016. The effect of humic acid on some yield characteristics and leaf proline content of safflower under different irrigation regimes. *Agricultural Crop Management* 18(3): 609–623. (In Persian with English abstract)
40. Karuppaiah, P., Manivonnar, K., Andrasakaron, S. V., Kuppusamy, G., 2000. Responses of cucumber to foliar application of nutrients on light mine spoil. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 49(1): 150–153.
41. Khaled, H., Fawy, H., 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research* 6(1): 21–29.
42. Khan, H.U., Link, W., Hhocking, T., Stoddard, F., 2007. Evaluation of physiological traits for improving drought tolerance in fababean (*vicia faba* L.). *Plant and Soil* 292: 205–217.
43. Khattab, M., Shaban, A., El-Shrief, H.A., ElDeen Mohamed, A., 2012. Effect of humic acid and amino acids on pomegranate trees under deficit irrigation. I: growth, flowering, and fruiting. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants* 4(3): 253–259.
44. Lamm, F. 2004. Corn production as related to sprinkler irrigation capacity. 16th Annual Central Plains Irrigation Conference, Kearney, Nebraska. 17–18 Febuary
45. Li, K.R., Wang, H.H., Han, G., Wang, Q.J., Fan, J., 2007. Effects of brassinolide on the survival, growth and drought resistance of *Robinia pseudoacacia* seedlings under water- tress. *New Forests* 27: 158–161.
46. Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E., Navari–Izzo, F., 1999. Antioxidative defense system pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant Physiology* 119: 1091–1100.
47. Mandal, A., Patra, A. K., Singh, D., Swarup, A., Ebhin Masto, R., 2007. Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages. *Bioresource Technology* 98: 3585–3592.
48. Marcum, K.B., 1998. Cell membrane thermostability and whole-plant heat tolerance of Kentucky. *Crop Science* 38: 1214–1218.
49. McDonald, S., Prenzler, P.D., Autolovich, M., Robards, K., 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry* 73: 73–84.
50. Metwally, R.A., Abdelhameed, R.E., 2018. Synergistic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and physiology of salt-stressed *Trigonella foenum-graecum* plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 16: 538–544.
51. Miri, H.R., Zamai moghadam, A., 2015. External application of glycine betaine to reduce the effects of drought stress on maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 14(4): 704–717 (In Persian with English abstract)
52. Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., Vanbreusegem, F., 2004. Reactive oxygen network of plants. *Trends Plant Science* 9: 490–498.
53. Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., Lakzian, A., 2007. The effect of application of organic

and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(2): 625–635. (In Persian with English abstract)
54. Naghdi Badi, H., Labbafi, M.R., Qavami, N., Qaderi, A., Abdossi, V., Agharebparast M.R., Mehrafarin, A., 2015. Responses of quality and quantity yield of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) to foliar application of bio-stimulator based on amino acids and methanol. *Journal of Medicinal plant* 14(2-54): 146–194. (In Persian with English abstract)
55. Nasirpour, M., Khoshghalb, H., Nemati, S.H., 2015. Investigation of humic acid, calcium and boron on the chemical and qualitative properties of tomatoes. Second National Conference on Engineering and Agricultural Management of Environment and Sustainable Natural Resources, Tehran, Iran. 11th March.. (In Persian)
56. Nikneshan, P., Tadyon, A., Rafialhosseini, M., Bahreyninezhad, B., 2015. Responses of different caster bean ecotypes to limited irrigation stress in Isfahan and Shahrekord. *Agricultural Crop Management* 17(4): 1015–1033. (In Persian with English abstract)
57. Raeisi, M., Farahani, L., Palashi, M., 2014. Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biological Macromolecules* 4(1): 463–46.
58. Rafie, M.R., Sohi, M., Javadzadeh, M., 2020. Study the effect of plant growth biostimulants application on quantitative and qualitative characteristics of wheat in a calcareous soil (Case study in Khuzestan). *Journal of Soil Management and Sustainable Production* 10(2): 69–88.
59. Rahbari, A., Masoud Sinaki, J., Damavandi, A., Rezvan, S., 2019. Responses of castor (*Ricinus communis* L.) to foliar application of zinc nano-chelate and humic acid under limited irrigation. *Agriculture Science and Sustainable Production* 29(2): 153–171. (In Persian with English abstract)
60. Rahdari, P., Mozafari, A., and Panahi, B., 2013. Evaluation of foliar treatment of free amino acids effect on some of quantitative and qualitative parameters in pistachio (*Pistachia vera* L.) Ohadi (Fandoghi) cultivar. *Iranian Journal of Biology* 25(4): 606–617.
61. Rahimzadeh, S., Pirzad, A., 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas* in reduce drought stress damage in flax (*Linum usitatissimum* L.): a field study. Mycorrhiza 27(6): 537–552. (In Persian)
62. Rahmani, F., Seyfzade, S., Jabbari, H., Valadabadi, A., Hadidi Masouleh, E., 2020. Effects of drought stress and zinc foliar application on physiological and agronomic traits in safflower cultivars. *Scientific Journal of Crop Physiology* I.A.U. 12(47): 27–43.
63. Reza, S. H., Athar, H. U. R., Ashraf, M., 2006. Influence of exogenously applied glycinebetaine on the photosynthetic capacity of two differently adopted wheat cultivars under salt stress. *Pakistan Journal of Botany* 38: 241–251.
64. Roozbahani, A., Ghorbani, S., Mirzaee, M., Oroujnia, S., 2013. The effect of soil application of humic acid and fluvic acid on yield and yield component of barley (*Hurdeum vulgare* L.). *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 9(2): 25–33.
65. Saburi, M., Haj Seyed Hadi, M.R., Darzi, M.T., 2014. Effects of amino acids and nitrogen fixing bacteria on quantitative yield and essential oil content of basil (*Ocimum basilicum*). *Journal of Agriculture and Rural Development* 3(8): 265–268. (In Persian with English abstract)
66. Sabzevari, S., Khazaie, H.R., Kafi, M., 2010. Study on the effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticun aestivum* L.). *Journal of Iranian Field Crop Research* 8(3): 473–480. (In Persian with English abstract)
67. Saikia, P., Devdutt Chaturvedi, D., Goswami, A., Rao, P., 2010. Artemisinin and its derivatives: a novel class of anti-malarial and anti-cancer agents. *Chemical Society Reviews* 26: 15–24.
68. Salwa, A.R.H., Osama, A.M.A., 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. *Annals Agricultural Sciences* 59(1): 133–145.
69. Samavat, S., Malakooti, M., 2005. The necessity of using organic acids to increase the quality and quantity of agricultural products. *Technical Journal* 463: 1–15. (In Persian with English abstract)
70. Sanjari-Mijani, M., Siroosmehr, A., Fakheri, B., 2015. The effects of drought stress and humic acid on some physiological characteristics of Roselle. *Journal of Agricultural Crop Management* 17(2): 403–414. (In Persian with English abstract)
71. Sardashti, A., Alidost, M., 2008. Determination and identification of humic acid compounds of forest soils in northern Iran. In: 15th Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran. Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 2nd February. (In Persian)
72. Shahhosseini, Z., Gholami, A., Asghari, H.R., 2012. Effect of arbuscular mycorrhizae and humic acid on water use efficiency and physiological growth indices of maize under water deficit condition. *Scientific and Research Journal Arid Biome* 2(1): 39–56. (In Persian with English abstract)
73. Sharif, M. Khattak, R.A. Sarir, M. S., 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth

of maize plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33: 3567–3580.
74. Shehata, S.M., Abdel-Azem, H.S., Abou El- Yazied, A. El-Gizawy, A.M., 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of Celeriac plant. *European Journal Scientific Research* 58(2): 257–65.
75. Sheteawi, S.A., Tawfik, K.M., 2007. Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on Mungbeen (*Vigna radiat*) growth and yield. *Journal of Applied Sciences Research* 3(3): 251–262.
76. Stephen, O.D., 2005. Taking stock of herbicide-resistant crops ten years after introduction. *Pest Management Science* 61: 211–218.
77. Sun, J., Qiu, Ch., Ding, Y., Wang, Y., Sun, L., Fan, K., Gai, Zh., Dong, G., Wang, J., Li, X., Song, L., Ding, Z., 2020. Fulvic acid ameliorates drought stress induced damage in tea plants by regulating the ascorbate metabolism and flavonoids biosynthesis. *BMC Genomics* 24: 411.
78. Taheri, G.H., Rostami, M., 2013. The effect of humic acid on vegetative growth and proline content of basil (*Ocimum basilicum* L.) in different salinity conditions. In: The First National Conference on Salinity Stress in Plants and Developing Strategies for Saline Agriculture. Tabriz, Azarbaijan Shahid Madani University, Iran, September 12–13.
79. Takamiya, K. I. T., Tsuchiya, H. Ohta. D., 2000. Degradation pathway (s) of chlorophyll: What has gene cloning revealed? *Trends Plant Science* 5: 426–431.
80. Tambussi E.A., Bartoli C.G., Beltrano J., Guiamet J.J., Araus J.L., 2000. Oxidative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiologia Plantarum* 108: 398–404.
81. Veysel, S., Alpaslan, K., Kagan, K., 2011.The effect of different replications of humic acid fertilization on yield performances of common vetch (*Vicia sativa* L.). *African Journal of Biotechnology* 10(29): 5587–5592.
82. Yildirim, E., 2007. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil Plant Science* 57: 182–186.
83. Younesian, A., 2011. Review of nutritional management in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) cultures. MSc Thesis, Faculty of Agro-Agnostics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian)
84. Yunesi, A., Moradi, A., 2016. Evaluation of antioxidant enzymes activity in response to mycorrhizal inoculation in wheat under salinity stress. *Journal of Crops Improvement*. 18(1): 21–30.
85. Zhang, T., Hu, Y., Zhang, K., Tian, C., Guo, J., 2019. *Arbuscular mycorrhizal* fungi improve plant growth of *Ricinus communis* by altering photosynthetic properties and increasing pigments under drought and salt stress. *Indian Crop Production*. 117: 13–19.

Effects of Folic Acid and Amino Acid Application on Some Morphophysiological Characteristics of *Cucumis sativus* L. under Deficit Irrigation Conditions

M. Najafi[1], H. Arouiee[1]* and M.H. Aminifard[2]

(Received: 26 August 2021; Accepted: 24 December 2021)

Abstract

The present study was aimed to evaluate the effect of organic fertilizers of folic acid and amino acids (glycine and glutamic acid) on the plant resistance to stress and yield of cucumber under deficit irrigation conditions. The study was carried out as a factorial in randomized complete blocks with 3 replications. The first factor was fertilization at four levels as control, 200 mg/l folic acid, amino acid glycine and glutamic acid (6 liters per ha), and folic acid + amino acids (glycine and glutamic acid). The second factor was irrigation interval (3, 5 and 7 days). The results showed that an increase in irrigation interval caused a significant reduction in plant dry and fresh weights, internode length, root and shoot lengths, stomatal conductance and chlorophyll contents. Furthermore, combined use of folic acid and amino acid and 7 day irrigation interval increased root length, internode length, leaf area, chlorophyll a and relative leaf water content by 159, 46.9, 84.7, 138 and 36%, respectively, when compared with the control at the same irrigation interval. In addition, a 70% increase in plant fresh weight and 84% increase in fruit weight were observed in irrigation interval of five days and combined treatment of amino acid and folic acid. In general, it can be concluded that the combined application of amino acids and folic acid improved the morphophysiological characteristics of cucumber under deficit irrigation conditions, while it was not effective in improving yield and fruit production with the seven-day irrigation interval.

Keywords: Chlorophyll content, Fruiting, Organic compounds, Drought, Leaf area, Stress.

Background and Objective: It is difficult to clearly define drought stress and conditions creating dehydration. However, when soil available water to plant is less than the plant water requirement for maximum growth, plant is exposed to water stress. Several studies have shown that increasing soil water availability can increase nutrient uptake by plants. In addition, increasing the cation exchange capacity due to the presence of organic matter in the soil improve the physical, chemical, and biological properties of soil. Generally, these factors increase the sustainability of agricultural production under adverse growing conditions, including a variety of environmental stresses. The current study was aimed to assess the effect of organic fertilizers of folic acid and amino acids on the plant resistance to stress and yield of Superdaminus cucumber under deficit irrigation conditions.

1- Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
2- Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Birjand University.
* Corresponding Author, Email: Ansary@um.ac.ir

Methods: Plants' seeds were sown directly in soil. Different types of organic fertilizers were applied through irrigation at the same time. The irrigation treatments were applied by different irrigation intervals (i.e., 3, 5 and 7 days). Then, plant morphological traits including root length, shoot length, internode length and stem diameter were measured using a digital caliper. Moreover, leaf area, plant fresh and dry weights, leaf stomatal conductance and physiological traits such as leaf relative water content, electrolyte leakage, leaf chlorophyll content, total phenol, soluble sugar, antioxidant and proline were measured at the end of the experiment. Agronomic traits such as fruit dry and fresh weights, mean fruit length and diameter, firmness of fruit tissue and plant yield were evaluated at the end of the experiment.

Results: Increasing irrigation interval from three to seven days caused a significant decrease in the some studied physiological traits. Increasing irrigation interval resulted in a significant reduction in leaf relative water content, chlorophyll content and leaf stomatal conductance, while it led to an increase in leaf proline content and antioxidant capacity. Interestingly, the use of folic acid and amino acid organic fertilizers under long irrigation interval (i.e., 5 day) could alleviate the negative effects of deficit irrigation and improve the plant growth. Use of these compounds together with water stress conditions could increase the plant growth by using their own mechanisms and improved the growth traits by improving environmental conditions. Reducing growth is one of the mechanisms that plant uses to survive under stress conditions. Closing the leaf stomata for preventing plant water loss, reducing leaf area, and consequently reducing photosynthesis in plant bring about a reduction in the amount of non-structural carbohydrates stored and nutrients in the plant, which in turn reduce plant growth. Following the reduction of nutrients in plant, the production of flowers and fruits and finally plant yield decrease (1). Following the physical, chemical, microbial and biological changes in soil, biological compounds increase both soil water retention and nutrient uptake (2).

Conclusions: The results of the present study showed that the growth and yield of Superdaminus cucumber plants reduced under longer irrigation intervals. In general, although the use of folic acid and amino acids solely played a role in improving the growth characteristics, the combined application of these compounds had greater effect on improving growth and increasing plant yield under drought stress conditions. Taken together, the combined use of these two fertilizers under deficit irrigation conditions is recommended.

References:

1. Jalilian, J., Heydarzadeh, S., 2015. Effect of cover crops, organic and chemical fertilizer on the quantitative and qualitative characteristics of safflower (*Carthamus tinctorius*). *Journal of Agricultural Science*. 25(4): 71–85. (In Persian with English abstract)

2. Metwally, R.A., Abdelhameed, R.E., 2018. Synergistic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and physiology of salt-stressed *Trigonella foenum-graecum* plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 16: 538–544.