View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Directory of Open Access Journals

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۸ شماره ۱/ بهار ۱۳۹۷

ارزیابی رشد، عملکرد و میزان ویتامین ث بامیه با کاربرد پوترسین و اسید هیومیک تحت تنش کم‌آبی

طاهر برزگر[1*]، پوریا مرادی[2]، زیبا حسن زاده[2]، زهرا قهرمانی[3]، جعفر نیکبخت[4]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۱٤

۱- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
٤- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
*مسئول مکاتبه: E-mail: barzegar.ta@gmail.com tbarzegar@znu.ac.ir

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر پوترسین و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و کیفیت غلاف بامیه تحت تنش کم-آبیاری در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ٦٦ و ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان عامل اصلی و تیمار محلول‌پاشی در هفت سطح محلول‌پاشی با آب مقطر به عنوان شاهد، پوترسین در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار و محلول‌پاشی اسید هیومیک در دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری، رشد و عملکرد و میزان ویتامین ث غلاف را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. محلول‌پاشی پوترسین و اسید هیومیک باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گردید. کاربرد اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پوتریسین یک میلی‌مولار در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد بیشترین تاثیر را بر شاخص‌های رشدی گیاه داشت. همچنین بیشترین عملکرد غلاف با کاربرد اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پوتریسین یک میلی‌مولار در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد به‌دست آمد. حداکثر مقدار ویتامین ث با کاربرد همه سطوح اسید هیومیک و پوترسین در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد و محلول‌پاشی پوترسین یک میلی‌مولار و اسید هیومیک ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر در آبیاری ٦٦ درصد حاصل گردید. با توجه به نتایج، کاربرد اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پوتریسین یک میلی-مولار جهت بهبود رشد و عملکرد بامیه پیشنهاد می‌گردد.

واژه های کلیدی: رشد گیاه، کم آبیاری، کاربرد برگی، عملکرد غلاف، ویتامین ث

Evaluation of Growth, Yield and Vitamin C Content of Okra with Application of Putrescine and Humic Acid Under Deficit Irrigation Stress

Taher Barzegar[1], Pouria Moradi[2], Ziba Hasanzadeh[2], Zahra Ghahremani[3], Jaefar Nikbakht[4]

Received: January 1, 2017 Accepted: March 7, 2018
1-MSc Student, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iiran
2-Assist. Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
3-Assist. Prof., Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
4-Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: tbarzegar@znu.ac.ir , barzegar.ta@gmail.com

Abstract

In order to study the effects of putrescine (Put) and humic acid (HA) on growth, yield and pod quality of okra *(Abelmoschus esculentus* L. 'Kano') under deficit irrigation stress, the field experiment was conducted in split plot based on randomized complete block design with three replications. Three different irrigation regimes (33, 66 and 100% ETc) and foliar application of Put (0, 0.5, 1 and 2 mM) and HA (0, 150 and 300 $mg.l^{-1}$) were conducted. The results showed that deficit irrigation significantly decreased growth, yield and vitamin C content. Significant ($P<0.05$) increase in growth and yield was observed with the application of both HA and Put. The highest plant growth was obtained whit application of HA 300 $mg.l^{-1}$ and Put 1mM under irrigation 100% ETc. Also, the maximum yield was observed whit foliar application of HA 300 $mg.l^{-1}$ and Put 1mM under irrigation 100% ETc. Application of Put and HA at irrigation 100% ETc and HA 150 and 300 $mg.l^{-1}$ and Put 1mM under deficit irrigation 66% ET_C had highest effects on vitamin C content. According to the results, application of HA 300 $mg.l^{-1}$ and Put 1mM can be proposed to improve growth and yield of okra.

Keywords: Deficit Irrigation, Foliar Application, Plant Growth, Pod Yield, Vitamin C.

مقدمه

بامیه با نام علمی *Abelmoschus esculentus* به تیره پنیرک تعلق دارد. بامیه یک سبزی مهم بوده و میوه آن دارای ارزش غذایی بالا و دارای کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها است (جاود و همکاران ۲۰۰۹). خشکی به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک است. خشکی نه تنها رشد و نمو گیاهان را کاهش می‌دهد، بلکه موجب تغییر در مسیر برخی از فرآیندهای متابولیسمی نیز می‌گردد. این تغییرات می‌تواند گیاه را در مقابل تنش متحمل سازد (اسمیت و اوسبورن ۱۹۹۳). در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری که کشت گیاه بامیه متداول است با محدودیت منابع آبی مواجه هستیم. برای بازده بالای

بامیه، تامین آب کافی و خاک نسبتا مرطوب در طول دوره رشد مورد نیاز است. در مطالعات انجام شده روی سطح آبیاری بامیه، صفاتی مانند وزن خشک برگ و ساقه و سطح برگ به طور معنی‌داری با افزایش میزان آب آبیاری، افزایش یافت و افزایش مشابهی در عملکرد غلاف نیز مشاهده شد (سینگ ۱۹۸۷). در گیاه بامیه تحت تنش خشکی، طول ریشه و ساقه، سطح کل برگ، وزن تر و خشک بوته کاهش یافت (سانکار و همکاران ۲۰۰۷). اعمال تنش کم‌آبی در دو مرحله گلدهی و پر کردن دانه، منجر به کاهش بیش از ۷۰ درصد عملکرد غلاف بامیه گردید، کمترین تاثیر تنش کم‌آبی بر کاهش عملکرد غلاف در مرحله رویشی گزارش گردید (احمد و همکاران ۲۰۰۳).

یکی از راهکارهای کاهش اثرات زیان‌آور تنش خشکی استفاده از ترکیباتی است که تحمل گیاهان را به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهند که از این ترکیبات می‌توان پلی‌آمین‌ها و اسید هیومیک را نام برد.

در طول سال‌های گذشته، کاربرد برگی تنظیم کننده-های رشد گیاهی و مولکول‌های زیستی به‌عنوان روشی جدید در افزایش عملکرد و کیفیت محصول در شرایط تنش غیر زنده مورد توجه قرار گرفته است (نایار و همکاران ۲۰۰۵). اسید هیومیک یک ترکیب پلیمری طبیعی آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به وجود می‌آید که می‌تواند جهت افزایش محصول و کیفیت آن به‌کار گرفته شود (آیکن و همکاران ۱۹۸۵). تاثیر اسید هیومیک بر رشد گیاه ممکن است به صورت مستقیم (افزایش کل وزن خشک گیاه) و یا به صورت غیرمستقیم (افزایش راندمان مصرف کود و کاهش فشردگی خاک) باشد. اسید هیومیک با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و همچنین ایفای نقش بر روی نفوذپذیری غشاء به‌عنوان ناقل پروتئین، فعال کردن تنفس، چرخه کربس، فتوسنتز و تولید آمینو اسید و آدنوزین تری فسفات باعث افزایش رشد گیاهان شود (موسکولو و همکاران ۲۰۱۳).

کاربرد اسید هیومیک باعث کاهش آبیاری، بهبود بهره‌وری آب مصرفی و کاهش اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاه گردید (حقیقی و همکاران ۲۰۱۱). کاربرد برگی اسید هیومیک به میزان یک گرم در لیتر ، تعداد شاخه در بوته، میانگین سطح برگ، عملکرد کل، میانگین وزن تر غلاف و محتوای فسفر را در گیاه لوبیا افزایش داد (زکی و همکاران ۲۰۰۶).

گیاهان در شرایط نامناسب محیطی با تجمع مواد اسمولیتی با وزن مولکولی کم مانند پلی‌آمین‌ها به آن پاسخ می‌دهند. پلی‌آمین‌ها دسته‌ای از ترکیبات طبیعی با وزن مولکولی کم و دارای گروه‌های نیتروژن‌دار خطی هستند که تقریبا در همه موجودات زنده یافت می‌شوند و در طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی در گیاهان، جانوران و میکروارگانیزم‌ها نقش ایفا می‌کنند (گروپا و بناویدس ۲۰۰۸). کاربرد خارجی پوترسین در دو رقم گندم تحمل گیاه را در برابر تنش‌های غیر زنده بهبود بخشید (چکمک و آتیسی ۲۰۰۹). در گیاه سویا، پوترسین و اسپرمیدین اثرات مضر ناشی از تنش خشکی را کاهش و صفاتی مثل طول ریشه و ساقه را در شرایط تنش کم آبی افزایش دادند (نایار و همکاران ۲۰۰۵). کاربرد پوترسین در شرایط تنش خشکی بر روی گیاه گندم، تعداد خوشه، وزن خوشه و عملکرد را افزایش داد (گوپتا و همکاران ۲۰۱۲).

بیشتر پژوهش‌های انجام شده در رابطه با اثر تنش کم‌آبی بر گیاه بامیه مربوط به خارج از کشور و به-خصوص قاره آفریقا است، مسلما با توجه به تفاوت شرایط اقلیمی ایران، این پژوهش‌ها قابل تعمیم برای کشور ما نیست و مطالعات کمی در مورد اثر تنش کم-آبیاری بر رشد و عملکرد و کیفیت میوه گیاه بامیه انجام شده است. بنابراین هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی اثر پوترسین و اسید هیومیک بر رشد،

عملکرد و کیفیت میوه گیاه بامیه و بهبود عملکرد و کیفیت میوه تحت تنش کم‌آبیاری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال ۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. جدول ۱ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد. هدایت الکتریکی با ECمتر و واکنش خاک با pHمتر در عصاره گل اشباع ، فسفر با دستگاه اسپکتروفتومتر، نیتروژن با دستگاه کجلدال، پتاسیم با فلیم فتومتر و آهن با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. تیمارهای مورد بررسی شامل آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ٦٦ و ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان عامل اصلی و تیمار محلول‌پاشی در هفت سطح محلول‌پاشی با آب مقطر به عنوان شاهد، پوترسین در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار و محلول‌پاشی اسید هیومیک در دو سطح ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در هر کرت آزمایشی، چهار ردیف به طول ۲۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و فاصله ردیف‌ها ٦۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف کاشت، ۳۰ سانتی‌متر بود. کاشت بذور بامیه رقم پاکوتاه "کانو"[1] به‌صورت دستی انجام شد. پس از سبز شدن بذور و رشد گیاهچه‌ها، عمل تنک کردن بوته‌ها انجام گردید. پس از استقرار اولیه گیاهان در مرحله پنج برگی اولین مرحله محلول پاشی پوترسین و اسید هیومیک صورت گرفت. محلول‌پاشی‌های بعدی هر ۱۰ روز یک بار در طول دوره رشد گیاه انجام گرفت. اعمال تیمارهای آبیاری (تنش کم‌آبی) پس از اولین محلول‌پاشی (مرحله پنج برگی) صورت گرفت.

مقدار نیاز آب آبیاری تیمار شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) با استفاده از میانگین بلند مدت داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک زنجان و رابطه ۱محاسبه گردید (وزیری و همکاران ۲۰۰۹).

۱) $ETc = Kc \times ET_0$

ET_0: تبخیر-تعرق گیاه مرجع (mm/day) که با استفاده از رابطه فائو-پنمن-مانتیث (وزیری و همکاران ۱۳۸۸) برآورد شد، ETc: نیاز آبی گیاه بامیه (mm/day) و Kc: ضریب گیاهی بامیه (بدون واحد). مقادیر Kc در دوره رشد گیاه استخراج (وزیری و همکاران، ۱۳۸۸) و با توجه به هر یک از ٤ مرحله دوره رشد گیاه (ابتدایی، توسعه، میانی و نهایی) مقدار آن اعمال گردیده و ETc به دست آمد. پس از محاسبه مقادیر ETc، بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری (۳ روزه) مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه بامیه (با در نظر گرفتن ۹۰ درصد راندمان آبیاری) برآورد و سپس در هر نوبت آبیاری به گیاه داده شد. برای محاسبه نیاز آبی به ازای هر بوته، مجموع آب داده شده در طول دوره رشد به هر بوته محاسبه گردید که در این صورت مقدار نیاز آبی هر بوته برای تیمار شاهد برآورد شد. نیاز آبی سایر تیمارها (تیمارهای تنش کم‌آبیاری) بر اساس نیاز آبی تیمار شاهد و درصد تنش کم‌آبیاری (٦٦ و۳۳ درصد)، برآورد و توزیع شد.

صفات مورد ارزیابی

در آخر فصل رشد طول بوته بر حسب سانتی‌متر و قطر ساقه، طول و قطر میوه با استفاده از کولیس بر حسب میلی‌متر ثبت گردید. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج (مدل VM-900E/K) بر حسب سانتی-مترمربع محاسبه شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک غلاف و ساقه و برگ، نمونه‌ها با وزن معین در دمای ٦۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شدند و پس از توزین نمونه‌ها وزن خشک آن‌ها بدست آمد. به منظور ارزیابی عملکرد و وزن متوسط غلاف،

1. Kano Dwarf

غلاف‌ها پس از برداشت با ترازوی دیجیتال وزن شدند. وزن متوسط غلاف بر حسب گرم و عملکرد کل بر حسب کیلوگرم در هکتار برآورد شد. در هر واحد آزمایشی در دو بوته جداگانه، غلاف‌ها روی بوته رسیده و کاملا خشک شوند، سپس وزن نهایی غلاف با ترازوی دیجیتالی، طول و قطر نهایی غلاف با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. بذرهای داخل غلاف‌های رسیده خشک شمارش شده و میانگین تعداد بذر در هر غلاف برآورد شد. شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل سنج مدل (Spad Minolta, CO. LTd .Japan) اندازه‌گیری شد. میزان ویتامین ث غلاف به روش یدومتریک (مستوفی و نجفی ۲۰۰۵) بر حسب میلی گرم ویتامین ث در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره میوه محاسبه گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS v9 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

هدایت الکتریکی (ds/m)	pH	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	ماده آلی (٪)	کربنات کلسیم (٪)	نوع بافت
۱/۱۲	۷/۲	۰/۸	٤/٦	۱٥٤	۱/۸	۱/۱۱	۱٤/۰۹	لوم رس شنی

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲و۳) تاثیر سطوح مختلف آبیاری بر روی تمامی شاخص‌های رشد، عملکرد و کیفیت غلاف، به غیر از وزن خشک برگ و ساقه، تاثیر معنی‌داری داشت. تیمار محلول‌پاشی برگی اسید هیومیک و پوترسین به‌طور معنی‌داری رشد و عملکرد و میزان ویتامین ث غلاف را تحت تاثیر قرار داد. اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی بر صفات ارتفاع بوته، طول و قطر غلاف، درصد وزن خشک غلاف، عملکرد بوته و کل، تعداد بذر در غلاف و وزن هزار دانه تاثیر معنی‌داری نشان داد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر مواد آلی (پوترسین و اسید هیومیک) بر شاخص‌های رشدی و عملکرد بامیه تحت سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	سطح برگ	درصد وزن خشک برگ	درصد وزن خشک ساقه	طول غلاف	قطر غلاف
بلوک	۲	۳/٤۳^{ns}	۲/۳۸**	۰/۲٤^{ns}	۱٦/٦٦^{ns}	۱٤٦٥۰/٤٦**	۲۹/۷۷*	۰/۱۹^{ns}	٥/۱۸*	۰/٤۸^{ns}
آبیاری	۲	۲۳۲۳/٦**	۱۱٦/٥٥**	٦/۳۲**	۳۷۰۱/۲۸**	٥۳۲۱۹۷٥/٤**	٦/٥۸^{ns}	۱۳۰/٦۸^{ns}	۷۷٥/۱۹**	۲۰/۲۹**
خطای کرت اصلی	٤	۸/۱۱	۱/۲۳	۰/٥۲	٥٥/۸۹	۹٦۹۳/۸٦	۲/۱٦	۱/۰٤	۷/۸٥	۰/۹۹
مواد آلی	٥	۷۳/۱۷**	۸/٦٥**	۱/۲۳**	۱۲۹/۳۷**	۳۳۳۸٦/۸۲**	۷/۱۸^{ns}	۷/۱۲^{ns}	٤۹/٤٤**	۱/٤۳**
آبیاری× مواد آلی	۱۰	٥/۲۱*	۰/۲۱^{ns}	۰/۱٤^{ns}	٥/۰۳^{ns}	۱۲٥۷٥/۹۰**	۳/۷۲^{ns}	٥/۲٤^{ns}	۳/۲۲*	۰/٥۹**
خطای کرت فرعی	۳۰	۲/۳۱	۰/۲۱	۰/۲٥	٦/۳۷	۱٦۲۸/۹۹	٦/۹۷	٦/۳٤	۱/۲۰	۰/۱۹
ضریب تغییرات (٪)		٤/۳٥	۳/۲۱	۲۰/۳۸	۹/۰۷	٤/۹۸	۱٥/۲٤	۹/۳۳	۲/٦۹	۳/٤٥

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد و یک درصد می باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر مواد آلی (پوترسین و اسید هیومیک) بر عملکرد و اجزای عملکرد و ویتامین ث بامیه تحت سطوح مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد وزن خشک غلاف	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بوته	عملکرد کل	تعداد بذر در غلاف	وزن هزار دانه	کلروفیل	ویتامین ث
بلوک	۲	۱٤/٥۱*	۱۷/۱۷*	٦٥/۲۲^{ns}	۱٦۳۰۰۸/۸۱^{ns}	۲۸/۷٦^{ns}	۰/۹۷^{ns}	۱٤۷/۷۷*	۰/۱۲^{ns}
آبیاری	۲	۲۹/۱٦**	۱۲٥/۱۸**	۳٥۷٦/۹٦**	۸۹٤۱۷۲۷/۲۲**	۷۳۳/۹۸**	۲۰۰٥/۹۳**	٤۲۷/۱۸**	٦/۱٤**
خطای کرت اصلی	٤	٥/٥۳	۷/۲۷	٤٥/٥۱	۱۱۳۷۸٥/۷۲	۱۷/۲۷	٥/۷٥	۱۲۳/۷٤	۰/۱۳
مواد آلی	٥	۳/٦۸**	٥/۷۰*	۲۸٥/۷۹**	۷۱٤٥۳۲/۱۱**	۱۸۹/۷٤**	٥٦/۷۹**	٤٦/۷۹**	۰/٤٦**
آبیاری×مواد آلی	۱۰	۲/۸٦*	۲/۸٦^{ns}	۷۳/۳۰**	۱۸۳۲٥٥/۲۰**	۲٤/۱۱*	۲۱/۸٥**	۲/۱۷^{ns}	۰/۱٤^{ns}
خطای کرت فرعی	۳۰	۰/۸۰	۱/۹۷	۲۳/۸۰	٥۹٤۹٥/۰۷	۸/۹٤	٤/۰۳	٤/۰۲	۰/۱۰
ضریب تغییرات (٪)		٦/۷۹	۱٤/٥۸	۱٤/۹۸	۱٤/۹۸	٥/٥۸	٥/۱٦	٥/۲۱	۲/۷۲

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد و یک درصد می باشد.

ارتفاع بوته، وزن خشک و قطر ساقه و تعداد شاخه جانبی

تنش کم‌آبیاری باعث کاهش رشد گیاه گردید و کمترین ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه جانبی در کم‌آبیاری ۳۳ درصد حاصل شد (جدول ٤). مقایسه میانگین سطوح مختلف تیمار مواد آلی (جدول ٤) نشان داد که بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته و قطر ساقه در اثر محلول‌پاشی پوترسین یک میلی مولار و اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. بیشترین تعداد شاخه جانبی نیز در تیمار یک میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد اما از نظر آماری با تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت.

اثر متقابل تیمار مواد آلی و آبیاری بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲) به‌طوری که بیش‌ترین ارتفاع بوته با کاربرد پوترسین یک میلی‌مولار و اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد مشاهده شد (جدول ٦). حداکثر قطر ساقه در آبیاری ۱۰۰ درصد با محلول‌پاشی غلظت یک میلی مولار پوترسین حاصل شد (جدول٦). تیمار آبیاری و کاربرد مواد آلی تاثیر معنی‌داری بر درصد وزن خشک ساقه نداشت (جدول ۲).

بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد با پوترسین یک میلی مولار و اسید هیومیک ۳۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد اما از نظر آماری با سایر غلظت‌های پوترسین و اسید هیومیک در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و غلظت یک میلی‌مولار پوترسین در سطح آبیاری ٦٦ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٦). مواد آلی مانند اسید هیومیک غیر سمی هستند و در غلظت‌های مناسب می‌تواند سبب محافظت از گیاه در برابر تنش‌های محیطی شود. این فرآیند توسط دخالت در فعالیت‌های متابولیک و فرآیند فتوسنتز از طریق تنظیم اسمزی، حذف رادیکال‌های اکسیژن، تثبیت نمودن غشاء سلول ، حفاظت از آنزیم‌ها و پروتئین‌ها و مشارکت در باز و بسته شدن روزنه‌ها

انجام می‌گیرد (بوهنرت و جنسن ۱۹۹۶، فاوق و همکاران ۲۰۰۹). این ماده می‌تواند به تحریک ساقه و رشد ریشه و بهبود مقاومت در برابر تنش‌های محیطی در گیاهان کمک کند (گوآتلی و اسمید ۱۹۹۰). همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود که سبب افزایش رشد گیاه می‌گردد (دلفین و همکاران ۲۰۰۵). پلی‌آمین‌ها از جمله پوترسین در تقسیم و بزرگ شدن سلول دخالت دارند و چون یک منبع نیتروژنی هستند می‌توانند رشد گیاه را تحریک کنند (طلعت و همکاران ۲۰۰۵).

تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک برگ

اعمال تنش کم‌آبیاری باعث کاهش تعداد برگ و سطح برگ گردید و کاربرد اسید هیومیک و پوترسین به‌طور معنی‌داری تعداد و سطح برگ را افزایش داد (جدول ٤). به‌طوری که حداکثر تعداد و سطح برگ در آبیاری ۱۰۰ درصد با محلول‌پاشی پوترسین یک میلی-مولار حاصل شد (جدول٦). تیمار آبیاری و کاربرد مواد آلی تاثیر معنی‌داری بر درصد وزن خشک برگ نشان نداد (جدول ۲).

تنش کم‌آبیاری با کاهش جذب نیتروژن و استفاده آن توسط گیاه، مانع بزرگ شدن سلول‌ها شده و سطح برگ و فتوسنتز را کاهش می‌دهد (سارکر و همکاران ۲۰۰۵). در اثر کمبود آب، حجم سلول، تقسیم سلولی و دیواره‌سازی سلول به عنوان فاکتورهای اصلی رشد کاهش می‌یابند. با کاهش رشد سلول اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از اندازه کوچکتر برگ‌ها تشخیص داد، علاوه بر این کاهش جذب مواد و عناصر غذایی نیز در شرایط کمبود آب، رشد و توسعه برگ‌ها را محدود می‌کند (ماهاجن و تاتجا ۲۰۰۵).

طول، قطر و درصد وزن خشک غلاف

نمو غلاف به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تنش کم-آبیاری قرار گرفت. کمترین طول و قطر غلاف و درصد وزن خشک غلاف در شرایط کم‌آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی حاصل شد (جدول ٤ و ٥). مقایسه میانگین سطوح مختلف تیمار مواد آلی نشان داد که بیش‌ترین طول غلاف در اثر محلول‌پاشی پوترسین یک میلی مولار و اسید هیومیک ۳۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد. بیش-ترین قطر غلاف با کاربرد پوترسین یک میلی مولار مشاهده شد (جدول ٤). بیشترین میزان درصد وزن خشک غلاف در تیمارهای ۰/۵ و ۲ میلی مولار پوترسین مشاهده شد اما از نظر آماری با تیمار اسید هیومیک ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٥).

اثر متقابل تیمار مواد آلی و تنش کم‌آبیاری بر طول و قطر و درصد وزن خشک غلاف معنی‌دار بود (جدول۲) به‌طوری که بیشترین میزان طول غلاف در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد با محلول‌پاشی پوترسین ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ٦). بیشترین مقدار قطر غلاف در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد با محلول‌پاشی غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار پوترسین مشاهده شد اما با تیمار اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٦). بیشترین میزان درصد وزن خشک غلاف در تیمار شامل کم‌آبیاری ٦٦ درصد با کاربرد پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۷).

تعداد و عملکرد غلاف

تنش کم‌آبیاری تعداد غلاف و عملکرد بوته را کاهش داد. بیش‌ترین تعداد غلاف در بوته در هر سه غلظت پوترسین و غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک مشاهده شد اما از نظر آماری با تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین مقدار عملکرد غلاف در بوته و عملکرد کل با کاربرد پوترسین یک میلی‌مولار و اسید هیومیک ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد و کمترین مقدار در گیاهان شاهد مشاهده گردید (جدول٥).

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و غلاف بامیه در سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین (Put) و هیومیک اسید (HA)

تیمارها	ارتفاع (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)	طول غلاف (mm)	قطر غلاف (mm)
سطوح آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه)							
۱۰۰ درصد	٤٨/٠٠ a	١٦/٩٢ a	٣/١٦ a	٤٤/٣٢ a	١٤٢٧/٤١ a	٤٧/٧٥ a	١٣/٨١ a
٦٦ درصد	٢٩/٥٥ b	١٣/٤٢ b	٢/١٦ b	٢٠/٨٩ b	٦٠٥/٢٤ b	٣٩/٦٠ b	١٢/٤٢ b
٣٣ درصد	٢٧/٢٨ c	١١/٩٧ c	٢/١١ b	١٨/٢٨ c	٣٩٩/٨٦ c	٣٤/٧٦ c	١١/٧٢ c
پوترسین (میلی مولار) و هیومیک اسید(میلی‌گرم در لیتر)							
Put ٠/٥	٣٤/٧٥ b	١٤/٠٩ bc	٢/٣٢ bc	٢٨/٤٨ b	٨٣٧/٠٢ b	٤٠/٩٥ b	١٢/٧٥ b
Put ١	٣٨/٥٠ a	١٥/٢٧ a	٣/٠٢ a	٣٣/٩١ a	٩١٥/٢٦ a	٤٣/٢٧ a	١٣/٢٨ a
Put ٢	٣٣/٧٢ b	١٣/٦٦ c	٢/٣٧ bc	٢٥/٨٥ c	٧٧٤/٤٧ cd	٣٩/٤٩ c	١٢/١٣ c
HA ١٥٠	٣٤/٩٤ b	١٤/١٦ b	٢/٣٨ bc	٢٦/٨١ bc	٧٨٤/٣٤ c	٤٠/٦٣ b	١٢/٤٢ bc
HA ٣٠٠	٣٧/٣٥ a	١٤/٩٥ a	٢/٧٩ ab	٢٩/٣٣b	٨١٣/٢٨ bc	٤٢/٩٧ a	١٢/٨٤ b
شاهد(٠)	٣٠/٤٠ c	١٢/٥١ d	١/٩٨ c	٢٢/٦١ d	٧٤٠/٦٤ d	٣٦/٩٣ d	١٢/٤٧ bc

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ٥ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- جدول مقایسه میانگین اثر مستقل سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی پوترسین (Put) و هیومیک اسید (HA) بر شاخص‌های کمی و کیفی بامیه

تیمارها	درصد وزن خشک غلاف	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بوته (g)	عملکرد کل ($kg.ha^{-1}$)	تعداد بذر در غلاف	وزن هزار دانه (g)	کلروفیل (SPAD)	ویتامین ث ($mg.100ml^{-1}$ juice)
سطوح آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه)								
۱۰۰ درصد	١٤/٥٩ a	١٢/٥٨ a	٤٨/٦٦ a	٢٤٣٣/١٣ a	٥٩/٤٤ a	٤٩/٨٨ a	٤٣/٢٣ a	١٢/٢١ a
٦٦ درصد	١٢/٨٩ b	٨/٧٣ b	٢٦/٦٣ b	١٣٣١/٩٢ b	٥٤/٥٢ b	٣٧/٩٤ b	٣٨/٨٧ b	١١/٨١ b
٣٣ درصد	١٢/١٠ c	٧/٥٣ c	٢٢/٤٠ c	١١٢٠/٤٣ c	٤٦/٧٧ c	٢٨/٨٣ c	٣٣/٥١ c	١١/٠٦ c
پوترسین (میلی مولار) و هیومیک اسید(میلی‌گرم در لیتر)								
Put ٠/٥	١٣/٩٥ a	٩/٧٤ a	٣٢/٤١ b	١٦٢٠/٦ b	٥٧/١٧ ab	٤٠/٣٢ b	٣٨/٥٨ bc	١١/٨٠ ab
Put ١	١٢/٨٦ b	١٠/٤٦ a	٤٠/٣٩ a	٢٠١٩/٨ a	٥٨/٦٦ a	٤٢/٦٠ a	٤٠/٨٦ a	١١/٩٥ a
Put ٢	١٣/٩٩ a	٩/٨٩ a	٣٠/١٣ b	١٥٠٦/٧ b	٥٢/٠١ c	٣٦/٨٢ cd	٣٨/١٦ c	١١/٥٦ bc
HA ١٥٠	١٣/١٩ ab	٩/٣٣ ab	٣٠/٣٨ b	١٥١٩/٠ b	٥٣/٥٩ c	٣٧/٨٨ c	٣٨/٩٧ bc	١١/٦٧ ab
HA ٣٠٠	١٢/٥١ b	١٠/٠٧ a	٣٧/٤٥ a	١٨٧٢/٨ a	٥٤/٤٣ bc	٣٩/٨٦ b	٤٠/٤٠ ab	١١/٨٥ ab
شاهد(٠)	١٢/٦٧ b	٨/١٨ b	٢٤/٦٤ c	١٢٣٢/٠ c	٤٥/٦١ d	٣٥/٨١ d	٣٤/٤٣ d	١١/٣٣ c

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ٥ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

اثر متقابل تیمار مواد آلی و آبیاری بر تعداد و عملکرد غلاف معنی‌دار بود (جدول۲) به‌طوری که بیشترین تعداد غلاف، عملکرد غلاف در بوته و عملکرد کل در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد با محلول پاشی پوترسین یک میلی‌مولار بدست آمد (جدول ۷).

تنش‌های زنده و غیر زنده از مهمترین عواملی هستند که تولید گیاهان و امنیت غذایی در جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به‌طوری که میانگین عملکرد گیاهان در شرایط تنش ۱۰ تا ۲۰ درصد کمتر از پتانسیل واقعی آن‌ها گزارش شده است ماهاجن و تاتجا ۲۰۰۵). در طول دوره تنش سطح کل برگ برای هر گیاه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و کاهش سطح برگ در اثر تنش آبی، دلیل اصلی کاهش عملکرد می‌باشد (ساهو و همکاران ۲۰۰۸). از آنجایی که برای انجام فتوسنتز (توسعه سطح برگ) و تبادلات گازی، باز بودن روزنه‌ها ضروری است بنابراین در اثر کمبود آب و بسته شدن روزنه‌ها تبادلات گازی کاهش یافته، دی‌اکسید کربن کمتری در دسترس گیاهان قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد. کاهش فتوسنتز منجر به کاهش رشد و عملکرد تولیدی در گیاهان خواهد شد (ردی و همکاران ۲۰۰٤). با توجه به نتایج آزمایش، با کاهش تعداد غلاف در بوته، کاهش وزن غلاف‌ها و همچنین کاهش کلروفیل کل در شرایط تنش شدیدتر، عملکرد نیز کاهش می‌یابد. بر اساس مطالعاتی که بر روی خربزه صورت گرفته، در شرایط کمبود آب، میوه‌ها کوچکتر شده و عملکرد کاهش می‌یابد (برزگر و همکاران ۱۳۹۰، شاه و کلسیگ ۱۹۹۱).

کاهش وزن غلاف‌ها احتمالا به دلیل کاهش رشد گیاه و فتوسنتز همراه با پیری برگ‌ها در اثر تنش به گیاه می‌باشد (سارکر و همکاران ۲۰۰۵). کاربرد برگی هیومیک اسید منجر به افزایش رشد گیاه، میوه بستن و بهبود تولید میوه خیار شد (ال–نمر و همکاران ۲۰۱۲). در هندوانه نیز کاربرد برگی هیومیک اسید عملکرد میوه را افزایش داد (سلمان و همکاران ۲۰۰۵). طبق نظر برخی محققین، اسید هیومیک، رشد گیاهان را از طریق تغییر فیزیولوژی گیاه و با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تغییر می‌دهد (بالاکون‌باهان و راجامانی ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد اسید هیومیک سبب دوام بافت‌های فتوسنتز کننده می‌شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد و نیز از طریق تاثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد که این نتایج با یافته‌های نادری و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت داشت. همچنان که شریف و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند اسید هیومیک سبب افزایش عملکرد دانه در ذرت شد که دلیل آن تاثیر مثبت اسید هیومیک در بهبود فتوسنتز و افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه بود که این نتایج یافته‌های حاصل از این تحقیق را تایید می‌کنند.

مهم‌ترین پلی‌آمین‌های آزاد شامل اسپرمیدین، تری آمین، اسپرمین، دی آمین، تترا آمین و پوترسین است که از جمله ترکیبات آلی نیتروژن‌دار با وزن ملکولی پایین هستند و به منزله مواد تنظیم کننده رشد گیاهی در محدوده وسیعی از فرآیندهای رشد و نمو، شامل تقسیم سلولی، رویان‌زایی، ریخت‌زایی، گلدهی، رسیدن میوه‌ها، تکوین ریشه، تاخیر پیری، پایداری غشاها، جمع‌آوری رادیکال‌های فعال و تحمل تنش‌های مختلف مشارکت دارند و در پاسخ گیاه به تنش خشکی به منزله تعدیل کننده اثر تنش عمل می‌کنند (کائور ساونی و همکاران ۲۰۰۳ و کوسانو و همکاران ۲۰۰۸).

جدول ۴- ترکیبات تیماری تنش کم‌آبیاری و کاربرد پوترسین (Put) و اسید هیومیک (HA) برای صفات کمی و کیفی بامیه

سطوح آبیاری (درصد نیاز آبی گیاه)	پوترسین (میلی مولار) و هیومیک اسید(میلی‌گرم در لیتر)	ارتفاع (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	سطح برگ (cm^2)	طول غلاف (mm)	قطر غلاف (mm)
۱۰۰	Put ۰/۵	٤٧/٦٦ab	١٦/٧٥b	٣/٠٢ab	٤٦/٥٣ab	١٥١٠/٩٢b	٤٨/١٧a	١٤/٤٠a
	Put ١	٤٩/٧٦a	١٧/٩٩a	٣/٦٥a	٥١/٣٠a	١٦٥١/٢٩a	٤٩/٣٩a	١٤/٧٠a
	Put ٢	٤٧/٥٦ab	١٦/٦٦b	٢/٩٤ab	٤١/٢٢bc	١٣٤٢/٤٣c	٤٧/١٦ab	١٢/٩٧bc
	HA ١٥٠	٤٨/٠٦ab	١٧/٢٥ab	٢/٩٤ab	٤٢/٣٣bc	١٣٥٦/٣٥c	٤٧/٥٥ab	١٣/١٢bc
	HA ٣٠٠	٤٩/١٣a	١٧/٥٦ab	٣/٦٦a	٤٤/٤٤bc	١٣٦١/٢٢c	٤٩/٠٣a	١٣/٨٧ab
	شاهد(٠)	٤٥/٨٠b	١٥/٣٣c	٢/٧٥abc	٤٠/١٠c	١٣٤٢/٢٢c	٤٥/٢٠b	١٣/٧٨ab
٦٦	Put ۰/۵	٢٩/٦٢ef	١٣/٤٥d	٢/١٠bcde	٢١/٦٦de	٦٠٤/٢٩de	٣٩/٨٨cde	١٢/٥٣cd
	Put ١	٣٤/٠١c	١٤/٧٥c	٣/٠٠ab	٢٦/٧٦d	٦٥٧/٢٤d	٤١/٣٩cd	١٣/٠٥bc
	Put ٢	٢٨/٠٣fg	١٢/٦٧def	٢/٠٤bcde	١٩/١١ef	٥٨٩/٥٥de	٣٨/٣٢fe	١٢/٢٩cde
	HA ١٥٠	٢٨/٩٣ef	١٣/١٢de	٢/٠٦bcde	٢٠/١٦ef	٦٠٠/٦١de	٣٩/٦٨cde	١٢/٢٥cde
	HA ٣٠٠	٣٢/٨٢cd	١٤/٤٠c	٢/٠٦bcde	٢٣/٤٣de	٦٥٨/٩٤d	٤٢/١٦c	١٢/١٢cdef
	شاهد(٠)	٢٣/٩٠hi	١٢/١٥ef	١/٦٧de	١٤/١٩f	٥٢٠/٧٩ef	٣٦/١٨f	١٢/٣١cde
٣٣	Put ۰/۵	٢٦/٩٧fg	١٢/٠٨ef	١/٨٣cde	١٧/٢٤ef	٣٩٥/٨٤g	٣٤/٨١gh	١١/٣٤ef
	Put ١	٣١/٧٣ced	١٣/٠٦de	٢/٤١bcde	٢٣/٦٦de	٤٣٧/٢٥fg	٣٩/٠٢e	١٢/١٠cdef
	Put ٢	٢٥/٥٦gh	١١/٦٥f	٢/١٣bcde	١٧/٢٢ef	٣٩١/٤٣g	٣٢/٩٩h	١١/١٤f
	HA ١٥٠	٢٧/٨٣fg	١٢/١٠ef	٢/١٣bcde	١٧/٩٣ef	٣٩٦/٠٥g	٣٤/٦٦gh	١١/٩٠ef
	HA ٣٠٠	٣٠/١٠def	١٢/٨٨de	٢/٦٤abcd	٢٠/١٢ef	٤١٩/٦٧g	٣٧/٧١ef	١٢/٥٢cd
	شاهد(٠)	٢١/٥٠i	١٠/٠٥g	١/٥٢e	١٣/٥٢f	٣٥٨/٩٠g	٢٩/٤١i	١١/٣١ef

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

تعداد بذر و وزن هزار دانه

تنش کم‌آبیاری تعداد بذر در غلاف و وزن هزار دانه را کاهش داد. کاربرد مواد آلی باعث افزایش تعداد بذر و وزن هزار دانه گردید و بیشترین تعداد بذر و وزن هزار دانه با کاربرد پوترسین یک میلی‌مولار و کمترین مقدار این صفات در گیاهان شاهد بدست آمد (جدول۵).

اثر متقابل تیمار مواد آلی و تنش کم‌آبیاری بر تعداد بذر و وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول۲). به‌طوری که بیشترین تعداد بذر در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد با محلول پاشی پوترسین یک میلی‌مولار بدست آمد (جدول ۷). همچنین بیشترین وزن هزار دانه با محلول-پاشی پوترسین با غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌مولار تحت شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد به دست آمد (جدول ۷). در شرایط عدم وجود تنش، مواد فتوسنتزی بیشتری در اندام‌هایی همچون ساقه و برگ ذخیره شده که موجب رشد بهتر گیاه شده و این مواد با انتقال به دانه‌ها موجب افزایش وزن هزار دانه شده‌اند. در شرایط تنش، جذب آب و مواد غذایی در گیاه مختل می‌شود که نتیجه آن کاهش رشد گیاه و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی از برگ و سایر اندام‌ها به دانه‌ها می‌شود که کاهش وزن هزار دانه را در پی دارد (چمانی و همکاران ۱۳۹۱).

جدول ۵- ترکیبات تیماری تنش کم‌آبیاری و کاربرد پوترسین و اسید هیومیک برای صفات کمی و کیفی بامیه

سطوح آبیاری (درصد نیاز آبی)	پوترسین (میلی مولار) و هیومیک اسید(میلی-گرم در لیتر)	درصد و زن خشک میوه	تعداد غلاف در بوته	عملکرد بوته (g)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	تعداد بذر در غلاف	وزن هزار دانه (g)	کلروفیل (spad)	ویتامین ث ($mg.100ml^{-1}$) (^{1} juice)
۱۰۰	Put ۰/۵	۱۱/۸۳de	۱۳/۳۳ab	۵۳/۵۹ab	۲۶۷۹/۷ab	۶۲/۳۵ab	۵۵/۴۴a	۴۳/۰۷ab	۱۲/۳۵a
	Put ۱	۱۱/۸۴de	۱۴/۳۷a	۶۰/۹۵a	۳۰۴۷/۵a	۶۴/۱۶a	۵۷/۰۰a	۴۵/۹۰a	۱۲/۴۱a
	Put ۲	۱۲/۵۶de	۱۳/۵۰ab	۴۸/۴۸abc	۲۴۲۴/۳bc	۵۷/۵۴bcde	۴۷/۲۳b	۴۳/۳۸ab	۱۲/۰۵a
	HA ۱۵۰	۱۲/۶۰de	۱۰/۹۲bcd	۳۹/۹۰cd	۱۹۹۴/۹cd	۵۸/۹۴abc	۴۶/۳۹b	۴۳/۰۷ab	۱۲/۱۵a
	HA ۳۰۰	۱۲/۵۶de	۱۱/۸۶abc	۴۶/۵۴bc	۲۳۲۶/۹bc	۵۷/۸۱bcde	۴۸/۳۶b	۴۳/۹۷ab	۱۲/۱۵a
	شاهد(۰)	۱۱/۲۵e	۱۱/۵۱abc	۴۲/۵۱cd	۲۱۲۵/۴cd	۵۵/۸۴cdef	۴۴/۸۶b	۳۹/۵۲abcd	۱۲/۱۶a
۶۶	Put ۰/۵	۱۶/۵۸a	۸/۲۹defg	۲۲/۸۱gh	۱۱۴۰/۶gh	۵۸/۵۰abcd	۳۶/۸۸de	۳۸/۹۱abcd	۱۱/۹۴ab
	Put ۱	۱۳/۴۰cde	۹/۳۶cdefg	۳۳/۶۱def	۱۶۸۰/۵def	۶۰/۵۰abc	۳۹/۴۷cd	۴۰/۱۳abcd	۱۲/۱۲a
	Put ۲	۱۵/۶۰ab	۸/۳۰defg	۲۱/۳۹gh	۱۰۶۹/۷gh	۵۲/۱۶efgh	۳۵/۵۶e	۳۸/۴۷abcd	۱۱/۸۴abc
	HA ۱۵۰	۱۴/۰۷bcd	۹/۷۶cdef	۲۹/۳۴efg	۱۴۶۷/۴efg	۵۲/۸۳defg	۳۹/۲۱cde	۳۸/۸۰abcd	۱۱/۹۵a
	HA ۳۰۰	۱۳/۰۳cde	۱۰/۰۲cde	۳۶/۳۱de	۱۸۱۵/۴de	۵۵/۱۶cdef	۴۰/۹۸c	۴۱/۲۵abc	۱۲/۰۱a
	شاهد(۰)	۱۴/۸۹abc	۶/۶۴fg	۱۶/۳۶h	۸۱۸/۰h	۴۸/۰۰gh	۳۵/۵۱e	۳۵/۶۸cde	۱۱/۰۱d
۳۳	Put ۰/۵	۱۳/۴۴cde	۷/۶۱efg	۲۰/۸۳gh	۱۰۴۱/۵gh	۵۰/۶۶fgh	۲۸/۶۵fg	۳۳/۷۶cde	۱۱/۱۰d
	Put ۱	۱۳/۳۶cde	۷/۶۶efg	۲۶/۶۳fg	۱۳۳۱/۵fg	۵۱/۳۳fgh	۳۱/۳۳f	۳۶/۵۶bcd	۱۱/۳۳cd
	Put ۲	۱۳/۸۰bcd	۷/۸۹defg	۲۰/۵۲gh	۱۰۲۶/۲gh	۴۶/۳۳h	۲۱/۶۷fg	۳۲/۶۴de	۱۰/۷۹d
	HA ۱۵۰	۱۲/۸۹cde	۷/۳۳efg	۲۱/۸۹gh	۱۰۹۴/۷gh	۴۹/۰۰gh	۲۸/۰۵fg	۳۴/۰۲cde	۱۰/۹۲d
	HA ۳۰۰	۱۱/۹۵de	۸/۳۳defg	۲۹/۵۲efg	۱۴۷۶/۲efg	۵۰/۳۳fgh	۳۰/۲۳fg	۳۶/۰۰bcde	۱۱/۳۹bcd
	شاهد(۰)	۱۱/۸۸de	۶/۳۸g	۱۵/۰۵h	۷۵۲/۵h	۳۳/۰۰i	۲۷/۰۵g	۲۸/۰۸e	۱۰/۸۲d

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کلروفیل

اعمال تنش کم‌آبیاری باعث کاهش کلروفیل برگ گردید و کاربرد پوترسین و اسید هیومیک، کلروفیل برگ را بهبود بخشید (جدول۵). به‌طوری که بیشترین مقدار آن در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد با کاربرد پوترسین یک میلی مولار بدست آمد اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با سایر غلظت‌های پوترسین و اسید هیومیک در این سطح آبیاری نداشت (جدول ۷).

کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل تحت تاثیر خشکی ممکن است ناشی از کاهش سنتز کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیل، تخریب نوری کمپلکس پروتئینی رنگدانه‌های a و b که محافظت کننده دستگاه فتوسنتزی هستند، صدمه دیدن اکسیداتیو لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها یا افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز باشد (تامبوزی و همکاران ۲۰۰۰). کمبود آب سبب کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی و کاهش فعالیت‌های آنزیم‌های فتوسنتزی به ویژه آنزیم روبیسکو می‌شود (بورس ۱۹۹۱).

از مهمترین دلایل کاهش کلروفیل، تخریب آنها به وسیله گونه‌های فعال اکسیژن است. از طرفی دیگر رقابت و پیشی گرفتن آنزیم گلوتامیل کیناز به هنگام تنش از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم از بیوسنتز کلروفیل) باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات بیشتر به مصرف اسید آمینه‌ها به ویژه پرولین برسد. بنابراین

بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می‌گردد (گیبون و همکاران ۲۰۰۰). از طرف دیگر تنش منجر به افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسزیک و اتیلن می‌شود که تحریک کننده آنزیم کلروفیلاز هستند و به این ترتیب کلروفیل تحت تاثیر این آنزیم تجزیه می‌شود (اورابی و همکاران ۲۰۱۰).

تاثیر اسید هیومیک در تنفس و فتوسنتز، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک و فعالیت شبه هورمونی توسط اسید هیومیک در میان فرضیات موثر است که برای توصیف اثرات اسید هیومیک بر پارامترهای رشد گیاهان بیان شده است (تورکمن ۲۰۰۵). دلیل موثر بودن اسید هیومیک بر رشد و نمو گیاهان، وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین‌ها در ترکیب آنها می‌باشد (آتیه و همکاران ۲۰۰۲). کانگی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که محلول‌پاشی اسید هیومیک روی گیاهان مارچوبه، جذب عناصر پر مصرف و کم مصرف را هم در اندام هوایی و هم در ریزوم‌ها افزایش داده و از طرفی باعث افزایش تولید کربوهیدرات‌ها، کلروفیل و کارتنوئید ساقه‌های خوراکی می‌شود.

سطح پلی آمین‌ها از جمله پوترسین در گیاهان تحت تنش افزایش می‌یابد زیرا آن‌ها در تنظیم محیط یونی سلول‌ها، حفظ پایداری غشا، پیشگیری از تخریب کلروفیل و تحریک پروتئین، اسید نوکلئیک و الکالوئیدهای محافظ نقش دارند (شارما ۱۹۹۹). گزارش-های متنوعی نشان داده‌اند که کلروفیل در واکنش به تنش‌های محیطی یا پیری برگ کاهش پیدا می‌کند و این در حالی است که پلی آمین‌های آلفاتیک مانند پوترسین مانعی در جهت کاهش کلروفیل در مرکبات و منجر به گرفتن نور بیشتر برای بهبود سرعت فتوسنتز شدند، اگرچه مکانیسم مولکولی آنها دقیقاً مشخص نیست (شی و همکاران ۲۰۱۰).

ویتامین ث

مقدار ویتامین ث در اثر تنش کم‌آبیاری کاهش یافت. از طرفی کاربرد پوترسین و اسید هیومیک مقدار ویتامین ث را افزایش داد (جدول۵). به‌طوری که بالاترین مقدار آن در تمامی غلظت‌های تیمارهای مواد آلی بکار برده شده در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد و همچنین پوترسین یک میلی‌مولار و اسید هیومیک ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سطح آبیاری ٦٦ درصد بدست آمد (جدول۷). محققان با مطالعه دو سطح آبیاری (۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) در دو سال در گیاه خربزه دریافتند که با اعمال تنش کم‌آبیاری مقدار ویتامین ث کاهش یافت (شارما و همکاران ۲۰۱٤). چون ویتامین ث از اسیدهای آلی می‌باشد به دلیل افزایش دما در نتیجه کم‌آبیاری تنفس افزایش یافته بنابراین اسیدها به عنوان سوبسترا در پدیده تنفسی شرکت می‌کنند این موضوع باعث کاهش اسیدیته و در نتیجه باعث کاهش ویتامین ث در اثر تنش کم‌آبیاری می‌گردد (شارما و همکاران ۲۰۱٤). در مطالعه‌ای که اثر اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و کیفیت میوه طالبی انجام شد، محلول‌پاشی برگی اسید هیومیک باعث افزایش ویتامین ث در میوه طالبی شد (خسروی مشیزی و آروین ۱۳۹۱) محلول‌پاشی برگی ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک منجر به افزایش مقدار ویتامین ث نسبت به شاهد در میوه فلفل شد (پادم و همکاران ۱۹۹۹).

نتیجه‌گیری کلی

با اعمال تنش کم‌آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه ، ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن متوسط میوه، تعداد میوه و به تبع آن عملکرد بوته، عملکرد کل، کلروفیل و ویتامین ث کاهش یافت. محلول‌پاشی پوتریسین و اسید هیومیک، رشد و عملکرد و کیفیت میوه بامیه را بهبود بخشیدند. کاربرد پوترسین ۱ میلی مولار و اسید هیومیک ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط کم آبیاری ٦٦ درصد نیاز آبی گیاه مانع کاهش

مقدار ویتامین ث میوه‌های بامیه نسبت به گیاهان شاهد گردند. بنابراین می‌توان پوترسین و اسید هیومیک را از جمله ترکیبات موثر در تعدیل اثرات مضر تنش کم‌آبی بر عملکرد و کیفیت گیاه بامیه به‌شمار آورد.

منابع مورد استفاده

Ahmad S, Mahmood A, Malik AJ, Karim A and Kumbhar MB, 2003. Response of okra to water stress. Sarhad Journal of Agriculture, 19(1): 73-79.

Aiken GR, McKnight DM, Wershaw RL and Mccarthy P, 1985. Humic substances in soil, sediment and water. Wiley-Interscience, New York. U.S.A.

Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ and Metzger JD, 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology, 84(1): 7-14.

Balakumbahan R and K Rajamani, 2010. Effect of biostimulants on growth and yield of Senna (*Cassia angustifolia var* KKM.1). Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, IDOSI publication, 2(1): 16-8.

Barzegar T, Delshad M, Majd-abadi A, Kashi A and Ghashgaie J, 2012. Effects of water stress on yield, growth and some physiological parameters of Iranian melon. Iranian Journal of Horticultural Science, 42(4): 357-363. (In Persian).

Bohnert HJ and Jensen RG, 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Journal of Biotechnology. 14: 89-97.

Burce JA, 1991. Comparative responses of leaf conductance to humidity in single attached leaves. Experimental Botany, 32: 629-634.

Chakmak T and Atici O, 2009. Effects of putrescine and low temperature on the apoplastic antioxidant enzymes in the leaves of two wheat cultivars. Journal of Plant, Soil and Environment, 55(8): 320-326.

Chamaani F, Khodabande N, Habibi D, Asgharzadeh A and Davoodi-fard M, 2012. Effects of salinity stress on yield and yield components of inoculated wheat by plant growth promoting bacteria (*Azotobacter chroocccum*, *Azospirillum lipoferum*, and *Pseudomonase putida*) and humic acid. Iranian Journal of Agriculture and Plant Breeding, 8(1): 25-37, (In Persian).

Cangi R, Tarakcioglu C and Yasar H, 2006. Effect of humic acid applications on yield, fruit characteristics and nutrient uptake in Ercis grape (*Vitis vinifera* L.) cultivar. Asian Journal Chemistry, 18: 1493-1499.

Delfine S, Tognetti R, Desiderio E and Alvino A, 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development, 25: 183-191.

El-Nemr MA, El-Desuki M, El-Bassiony AM and Fawzy ZF, 2012. Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. Journal of Basic and Applied Sciences, 6: 630-637.

Farooq M, Wahid A and Lee DJ, 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. Plant Physiology, 31: 937-45.

Gibon Y, Sulpice R and Larher F, 2000. Proline accumulation in canola leaf discs subjected to osmotic stress is related to the loss of chlorophylls and to the decrease of mitochondrial activity. Physiologia Plantarum, 110(4): 469-476.

Goatley JM and Schmidt RE, 1990. Anti-senescence activity of chemicals applied to Kentucky bluegrass, Horticultural Science, 115: 57–61.

Groppa MD, Benavides MP, 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids, 34: 35-45.

Gupta S, Agarwal VP and Gupta NK, 2012. Efficacy of putrescine and benzyladenine on photosynthesis and productivity in relation to drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Physiology and Molecular Biology of Plants, 18(4): 331-336.

Haghighi S, Saki Nejad T and Lack Sh, 2011. Effect of biological fertilizer of humic acid on metabolic process of biological nitrogen fixation. Life Science, 8(3): 43-48.

Javed H, Aziz MA and Leghari RAK, 2009. Resistance in different okra cultivars (*Abelamoschus esculentus* L.) against American bollworm *Helicoverpa arnigera* Hub. Journal of Agricultural Science, 47(4): 433-438.

Kaur-Sawhney R, Tiburcio AF and Galston AW, 2003. Polyamines in plants: An overview. Journal of Cell and Molecular Biology, 2: 1-12.

Khosravi-mashizi M and Arvin MJ, 2013. Impact of foliar application with potassium, calcium and humic acid on growth, fruit yield and quality of muskmelon. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 13(4): 469-482, (In Persian).

Kusano T, Berberich T, Tateda C and Takahashi Y, 2008. Polyamines: essential factors for growth and survival. Journal of Planta, 228: 367-381.

Mahajan S and Tuteja N, 2005. Cold, salinity and drought stresses. Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.

Mostufi I and Najafi F, 2005. Laboratory analytical methods in horticulture. Publication of Tehran University. (in Persian).

Muscolo A, Sidari M and Nardi S, 2013. Humic substance: relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. Journal of Geochemical. Exploration, 129: 57-63.

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

Nayyar H, Kaur S, Kumar SS, Singh KJ and Dhir KK, 2005. Involvement of polyamines in the contrasting sensitivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and soybean (*Glycine max*) to water deficit stress. Botanical Bulletin of Academic Sinica, 46: 333-338.

Orabi SA, Salman SR and Shalaby MA, 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. Journal of Agricultural Sciences, 6(3): 252-259.

Padem H, Ocal A and Alan R, 1999. Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. In International Symposium Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates. 491: 241-246.

Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandan M, 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology, 161(11): 1189-1202.

Salman SR, Abou-Hussein SD, Abdel-Mawgoud AMR and El-Nemr MA, 2005. Fruit yield and quality of watermelon as affected by hybrids and humic acid application. Journal of Applied Science Research, 1(1): 51-58.

Sankar B, Abdul Jaleel C, Manivannan P, Kishorekumar A, Somasundaram R and Panneerselvan R, 2007. Drought-induced biochemical modifications and proline metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Acta Botanica Croatica, 66: 43-56

Sarker BC, Hara M and Uemura M, 2005. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. Scientia Horticulturae, 103(4): 387-402.

Schmidt SP and Osborn TG, 1993. Effects of endophyte-infected tall fescue on animal performance. Agriculture, Ecosystems and Environment, 44: 233-262.

Shah J and Klessig DF, 1999. Salicylic acid: signal perception and transduction. Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones, 33: 513-541.

Shao HB, Chu LY, Jaleel CA and Zhao CX, 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331: 215-225.

Sharif M, Khattak RA and Sarir MS, 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.

Sharma ML, 1999. Polyamine metabolism under abiotic stress in higher plants: salinity, drought and high temperature. Physiology and Molecular Biology of Plants, 5: 103-113.

Sharma, S.P., Leskovar D.I., Crosby K.M., Volder, A. & Ibrahim, A.M.H. (2014). Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. Agricaltural Water Management, 136, 75–85.

Shi J, Fu XZ, Peng T, Huang XS, Fan QJ and Liu JH, 2010. Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus in vitro plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response. Tree Physiology, 30: 914–922.

Singh BP, 1987. Effect of irrigation on the growth and yield of okra. Horticultural Science, 22(5): 879-880.

Talaat IM, Bekheta MA and Mahgoub MH, 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. International Journal of Agriculture and Biology, 7: 210-213.

Tambussi EA, Bartoli CG, Bettran J, Guiamet JJ and Araus JC, 2000. Oxidative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plantarum Physiologia, 108: 398-404.

Türkmen Ö, 2005. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. Journal of Biological Sciences, 5(5): 568-574.

Vaziri J, Salamat AR, Entesari MR, Meschi M, Hidary N and Dehghani Saanich H, 2009. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements) (Translate). Publication of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. (In Persian).

Zaky MH, Zoah EL and Ahmed ME, 2006. Effects of humic acids on growth and productivity of bean plants grown under plastic low tunnels and open field. Egyptian Journal of Applied Sciences, 21(4): 582-596.