

اثر برخی مواد محرک رشد گیاهی بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی برگ انار (*Punica granatum L.*) رقم قجاق در شرایط کم آبیاری

محمد رضا نائینی^۱ و محمد هادی میرزاپور^{۲*}

^۱ استادیار فیزیولوژی و اصلاح میوه، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

^۲ استادیار شیمی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۹/۱۲)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مصرف برخی از محرک‌های زیستی در شرایط کم آبیاری در انار، آزمایشی دو سالانه، از اسفند ۱۳۹۸ به صورت کرت‌های یک‌بارخورد شده و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی روی انار ۱۰ ساله (رقم قجاق) در قم انجام شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری براساس محاسبه سامانه آبیاری (SWAT) و ۷۰ درصد آن بودند. کرت‌های فرعی عبارت از ۱- شاهد (کاربرد کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک)، ۲- تیمار ۱+ محلول پاشی اسید آمینه با غلظت ۵ گرم در لیتر در دو مرحله، ۳- تیمار ۱+ مصرف سرک اسید هیومیک، ۴- تیمار ۱+ محلول پاشی اسید فولیک با غلظت ۵ گرم در لیتر، ۵- تیمار ۱+ محلول پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۵ گرم در لیتر، ۶- مصرف مایکوریزا به صورت چالکود و ۷- مصرف توآمان تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵ بود. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر ویژگی تعداد میوه در هر درخت، اسیدیته آب میوه و کلیه عناصر غذایی بجز نیتروژن معنی دار بود. همچنین، اثر مواد محرک زیستی بر کلیه ویژگی‌های مورد بررسی از جمله عملکرد و تعداد میوه در درخت، اسیدیته آب میوه، درصد مواد جامد محلول و غلظت تمامی عناصر پر مصرف و کم مصرف معنی دار گردید. بالاترین عملکرد میوه در درخت و هکتار و تعداد میوه در درخت با مصرف عصاره جلبک دریایی و ۷۰ درصد آبیاری در سال اول آزمایش با میانگین به ترتیب ۲۹/۲ و ۲۹۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۹۶/۶۶ عدد به دست آمد. در مجموع، نتایج نشان داد کاهش مقدار آب آبیاری محاسبه شده براساس نیاز آبی انار تا میزان ۳۰ درصد، اثر معنی داری بر عملکرد میوه و برخی ویژگی‌های انار نداشته است. مصرف محرک‌های زیستی، عملکرد و برخی ویژگی‌های انار را زیر تأثیر قرار داد.

کلمات کلیدی: اسید آمینه، اسید فولیک، اسید هیومیک، عصاره جلبک دریایی، مایکوریزا

مقدمه

درخت، عمدتاً در مناطق حاشیه کویر با تابستان‌های گرم و خشک دارای آفتاب سوزان و زمستان‌های نسبتاً سرد با آب و خاک نسبتاً شور انجام می‌پذیرد و لذا، درختان پرورش یافته در

انار (*Punica granatum L.*) یکی از میوه‌های مهم و دارای سابقه کشت و کار بسیار طولانی در ایران است. پرورش این

* نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mhmirezap@yahoo.com

ویژه تنش تغذیه‌ای در گیاه می‌شود زیرا، سازوکارهای غالب جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، نظیر جریان توده‌ای، انتشار و یا جذب و انتقال به وسیله پدیده اسمز، همگی تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه بوده و در صورت کمبود رطوبت، شدت و مقدار جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و نقصان می‌گردد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۷).

محرک‌های زیستی، گستره وسیعی از ترکیبات و مواد، شامل انواع تلقیح‌کننده‌های میکروبی، مشتقات زیست - شیمیایی اسیدآمین، اسید هیومیک و عصاره‌های جلبک دریایی می‌شوند که وظیفه آنها تحریک فرایندهای طبیعی برای افزایش جذب و کارایی عناصر غذایی، بالابردن تحمل به تنش غیرزنده و بهبود کیفیت محصول است (Garnett *et al.*, 2013). کاربرد محرک‌های زیستی به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه و غیرزیستی (آمینوکلات‌ها و اسیدهای آلی) به‌صورت تلفیق با کودهای شیمیایی، یکی از راهبردهای تغذیه تلفیقی گیاه برای مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید آنها در سامانه کشاورزی پایدار در شرایط شور است (Calvo *et al.*, 2014; Brown and Saa, 2015).

مواد هیومیکی به‌عنوان یک محرک زیستی، جذب عناصر غذایی توسط ریشه را بهبود بخشیده و با توجه به ویژگی پلی‌آنیونی آن (دارای چندین نقطه با بار منفی)، باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شوند (Ruzzi and Aroca, 2015). همچنین گزارش شده که مواد هیومیکی، فعالیت آنزیم H^+ -ATPases غشای پلاسمایی را تحریک می‌کند (Jindo *et al.*, 2012) که به سست شدن دیواره سلولی، آماس و در آخر، رشد اندام کمک می‌کند. به‌علاوه، مواد هیومیکی، محتوای اکسین درون‌زا و اسید جیبرلیک گیاه را افزایش می‌دهند (Aremu *et al.*, 2015). نتایج به‌دست آمده از یک تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی اسید هیومیک در انار در دو مرحله (یکی تمام گل و دیگری یک ماه بعد از تمام گل) با غلظت سه گرم در لیتر، منجر به افزایش عملکرد میوه، از طریق افزایش تعداد و نیز اندازه و وزن میوه شده و همچنین سبب بهبود شاخص‌های کیفی میوه از جمله مواد جامد محلول، pH، آنتوسیانین کل و

این مناطق به دلیل محدودیت منابع آب، همواره در معرض تنش خشکی قرار دارند (زمانی، ۱۳۶۹). قسمت‌های مختلف انار از جمله میوه، برگ، گل، پوست، شاخه و ریشه، دارای خواص دارویی است (Miguel *et al.*, 2010). در حال حاضر، سطح بارور و غیربارور زیر کشت انار در ایران ۹۰ هزار هکتار با تولید یک میلیون و دویست هزار تن و متوسط ۱۴ تن در هکتار است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰).

یکی از مؤثرترین تنش‌های غیرزنده در کشاورزی، تنش خشکی است که با تأثیر بر رشد گیاه، عملکرد آن را زیر تأثیر قرار می‌دهد. شدت اثرگذاری تنش خشکی به عواملی از جمله، نوع گیاه، زمان و شدت وقوع تنش بستگی دارد (مرادشاهی و همکاران، ۲۰۰۴).

از پیامدهای ناشی از تنش خشکی می‌توان به کاهش در میزان فتوسنتز از طریق کاهش آب نسبی برگ، کاهش پتانسیل آب برگ، کاهش میزان جذب دی‌اکسید کربن از طریق کاهش میزان فعالیت آنزیم روبیسکو (Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase)، افزایش میزان رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آسیب‌های ناشی از آن در کلروپلاست اشاره کرد (Fendina *et al.*, 1993). از سوی دیگر، با کاهش میزان آب سلولی و تغییر در بیان ژن‌ها، ماهیت پروتئین‌ها از نظر کمی و کیفی تغییر می‌یابد (Fendina *et al.*, 1993). به‌علاوه، اثر تنش خشکی، بر کمیت و کیفیت میوه درختان میوه نیز گزارش شده است؛ به‌طوری‌که تنش خشکی باعث کوچک شدن میوه گلایی (Lopez *et al.*, 2011) و سیب (Mpelasoka *et al.*, 2000) گردیده ولی موجب بهبود بسیاری از ویژگی‌های کیفی میوه، از جمله مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، سفتی و رنگ و همچنین بهبود خاصیت انبارداری میوه آلو، پرتقال و زردآلو شده است (Garcia-Tejero *et al.*, 2010; Perez-Pastor *et al.*, 2007; Mpelasoka *et al.*, 2000).

از جمله واکنش‌های گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی، افزایش تجمع اُسمولیت‌ها (مواد محلول شامل اسیدهای آمینه، قندها و بتائین) است (Bajji *et al.*, 2001). تنش خشکی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها به

کربوهیدرات کل انار شد (داورپناه و همکاران، ۱۳۹۷).

اسیدهای آمینه، به‌عنوان محرک زیستی در کاهش اثرهای برخی از تنش‌های محیطی در گیاه عمل می‌کنند. رایج‌ترین اسید آمینه موجود در محصولات حاوی محرک‌های زیستی اسید آمینه‌ای، L- پرولین است (Nanjo et al., 1999). مطالعات نشان داد، تنش در گیاه جهش‌یافته *Arabidopsis thaliana* با قابلیت تولید L- پرولین پایین، باعث کاهش رشد گردید که با مصرف L- پرولین، گیاه بر شرایط تنش فائق آمد (Szabados and Savoure, 2010). گلاسیسین بتائین، یکی دیگر از اُسمولیت‌ها است که متناسب با تنش‌های غیرزنده از جمله خشکی، شوری، سرمای و تنش اکسیداتیو به میزان قابل‌توجهی در گیاه، تجمع می‌یابد. برگ‌پاشی گلاسیسین بتائین در حین تنش یخبندان، به دلیل جذب سریع آن توسط برگ‌ها و بافت‌های مرستمی، اثر محافظتی قابل‌توجهی در گیاه داشته است (Park et al., 2006). اثرهای مثبت ناشی از کاربرد L- پرولین و گلاسیسین بتائین، به ویژگی آنتی‌اکسیدانی آن‌ها در مهار رادیکال‌های آزاد (Du Jardin, 2015) و تنظیم جریان یون در سراسر غشاهای سلولی نسبت داده می‌شود (Cuin and Shabala, 2005).

عصاره‌های جلبک دریایی، به‌عنوان محرک زیستی، به‌منظور افزایش تحمل گیاه به تنش‌ها در بازار عرضه می‌شوند. این ترکیبات با فرمولاسیون‌های گوناگون، عمدتاً از جلبک‌های بزرگ قرمز، سبز و قهوه‌ای استحصال می‌شوند (Battacharyya et al., 2015) و به‌عنوان محرک‌های زیستی، به رشد و نمو گیاهان در محیط‌های مختلف کمک می‌کنند. این عصاره‌ها، غالباً غنی از ریزمغذی‌هایی مانند روی و منگنز هستند و فعالیت سامانه آنزیمی گیاه را در مواجهه با تنش‌ها بهبود می‌بخشند. در تحقیقی مشاهده شد در ذرت‌های زیرتنش سرمایی، مصرف عصاره‌های جلبک (*Ascophyllum nodosum*)، با توجه به غنی‌بودن این عصاره از ریزمغذی‌ها (به‌عنوان کوفاکتور در آنزیم‌های ضد اکسیداتیو و مهار گونه‌های اکسیژن فعال)، باعث رشد بیشتر گیاه شد (Bradacova et al., 2016). در گیاه انگور (*Vitis vinifera* L.) زیر تنش خشکی،

محلول پاشی (برگ‌پاشی) عصاره‌های ایزوپروپانولی ریزجلبک‌ها، پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه‌ای را افزایش و جریان یون‌های K^+ و Ca^{2+} را بهبود داد (Mancuso et al., 2006).

قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار (*Arbuscular mycorrhizas*)، یکی از فراوان‌ترین ریزجانداران ایجادکننده همزیستی اجباری با ریشه‌های گیاهان هستند. این ریزجانداران، اثرات تنش خشکی را از طریق جذب مستقیم آب و انتقال آن توسط هیف‌های قارچ به میزبان (Avis et al., 2008)، تنظیم ارتقاء یافته اسمزی (Aroca et al., 2007) و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی (Bompadre et al., 2014) کاهش می‌دهند. نتایج یک پژوهش نشان داد که مصرف توآمان ۵۰۰ گرم مایکوریزا به‌همراه ۲۰ کیلوگرم کوددومی و ۵۰۰ گرم پتاسیم، باعث افزایش معنی‌دار وزن میوه، وزن دانه و کاهش نسبت پوست به دانه در انار شد. همچنین بالاترین غلظت پتاسیم، فسفر، آهن، مس، منگنز و روی برگ در این تیمار اتفاق افتاد (پروین و همکاران، ۱۳۹۶).

تنش خشکی، باعث کاهش عملکرد انار می‌شود، از سوی دیگر در سال‌های اخیر، مصرف محرک‌های زیستی برای غلبه بر تنش‌های غیرزنده (از جمله خشکی) پیشنهاد شده است، بنابراین هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر برخی محرک‌های زیستی گیاهی در کاهش خسارت تنش کم آبیاری و بهبود عملکرد کمی و کیفی انار در استان قم بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرای پژوهش، بخش جعفرآباد استان قم بود که از نظر اقلیمی، طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک است (کریمی، ۱۳۶۶). میانگین بارندگی سالانه ۱۱۰ میلی‌متر، میانگین سالانه تبخیر ۲۶۰۰ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۲۰ درجه سلسیوس و بیشینه و کمینه مطلق دمای سالانه، به ترتیب ۴۲ و ۳/۵- درجه سلسیوس اندازه‌گیری شده است. آزمایش روی درختان بارده ۱۰ ساله انار رقم قجاج با فاصله سه در چهار متر اجرا شد. درختان به وسیله

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ محل اجرای پژوهش

عمق سانتیمتر	pH	قابلیت هدایت الکتریکی	درصد اشباع	آهک	کربن آلی	فسفر پتاسیم آهن روی منگنز مس				بافت	
						میلی‌گرم در کیلوگرم					
۰-۳۰	۷/۶	۱/۸۲	۲۳	۱۱	۰/۸۳	۹	۴/۱	۱/۱	۳/۴	۰/۴۴	SL
۳۰-۶۰	۷/۷	۱/۹	۲۲	۱۰	۰/۳۷	۱۴	۲/۹	۰/۵۶	۲/۱	۰/۳۴	SL

جدول ۲- نتایج تجزیه آب آبیاری محل اجرای پروژه

ویژگی	قابلیت هدایت الکتریکی	pH	نسبت جذب سدیم	کربنات	بی‌کربنات	کلرید	سولفات	مجموع کلسیم و منیزیم	
								سدیم	سدیم
دسی‌زیمنس بر متر	۱/۲	۷/۴	۳/۲	۰	۱/۳	۶/۲	۵/۱	میلی‌اکی‌والان در لیتر	
								۶/۲	۵/۸

سیستم آبیاری تحت فشار قطره‌ای آبیاری می‌شدند. منطقه جعفرآباد در ۴۵ کیلومتری شمال غرب شهرستان قم واقع شده است. ارتفاع باغ از سطح دریا حدود ۱۰۰۵ متر و مختصات جغرافیایی آن ۴۵۴۲۲۴ شرقی و ۳۸۴۷۰۶۱ شمالی (39S) با رده‌بندی فامیل خاک Fine-Sandy, Mixed, Thermic, Typic Xeropsamments (Soil Survey Staff, 2014) بود.

قبل از شروع آزمایش نمونه خاک از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تهیه شد که نتایج تجزیه آن در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است. کلیه عناصر پرمصرف و کم‌مصرف و یک - چهارم کود نیتروژنی به‌صورت چالکود در اسفندماه سال ۱۳۹۸ مصرف شدند. بدین منظور در باغ انار مورد نظر، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به‌همراه یک کیلوگرم کود زیستی فسفوری بارور ۲ + ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد + یک درصد تیوباسیلوس + سولفات روی به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار + سولفات آهن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت چالکود همراه با کود حیوانی مصرف شد. کود اوره به‌صورت سرک در سه مرحله، یکی در بهار قبل از گلدهی، مرحله دوم در هنگام گردوی شدن میوه‌های انار و مرحله سوم در شهریور ماه قبل از برداشت میوه‌ها جمعاً به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در آب آبیاری مصرف شد.

پژوهش حاضر، به‌صورت کرت‌های یک‌بارخرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار و هر تکرار شامل چهار درخت انار (رقم قجاق) انجام شد. کرت اصلی شامل تیمارهای آبیاری در دو سطح الف- میزان آب آبیاری مصرفی براساس محاسبه مدل SWAT (نمونه‌ای از مدل‌های هیدرولوژیک با مبنای فیزیکی و نیمه توزیعی است که برای شبیه‌سازی جریان آب، انتقال موادمغذی و رسوب در مقیاس بزرگ و شرایط اقلیمی مختلف توسعه یافته است (Neitsch et al., 2011) و کتاب نیاز آبی تهیه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب و ب- میزان آب آبیاری براساس ۷۰ درصد تیمار الف آبیاری بود. کرت‌های فرعی عبارت از هفت تیمار از منابع مختلف محرک‌های زیستی به شرح ۱- شاهد (کاربرد کودهای شیمیایی مطابق آزمون خاک)، ۲- تیمار اول + مصرف اسیدهای آمینه به‌صورت محلول‌پاشی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله (یکی در زمان بسته‌شدن میوه و دیگری، با فاصله یک‌ماه بعد از محلول‌پاشی اول)، ۳- تیمار اول + مصرف اسید هیومیک به صورت سرک با آب آبیاری به میزان ۲۰ گرم به ازای هر درخت در دو نوبت (مرحله اول قبل از بیدارشدن درخت در اسفند و نوبت دوم در مرحله گردویی شدن میوه)، ۴- تیمار اول + محلول‌پاشی اسید فولیک با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله (یکی در زمان بسته‌شدن میوه و دیگری، با فاصله یک

ماه بعد از محلول‌پاشی اول)، ۵- تیمار اول + محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله (یکی در زمان بسته‌شدن میوه و دیگری، با فاصله یک‌ماه بعد از محلول‌پاشی اول)، ۶- مصرف مایکوریزا (*Arbuscular mycorrhiza*) به صورت چالکود به میزان یک کیلوگرم برای هر درخت و ۷- مصرف توآمان تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵ و ۶ بودند. چاله‌های ایجادشده به عمق ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله ۸۰ سانتی‌متر از تنه درخت حفر شدند. تیمارهای آبیاری (کرت اصلی)، از اوایل اردیبهشت آغاز و تا اواسط آبان در هر سال ادامه یافت. در اواسط تیرماه سال اول و دوم آزمایش (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)، تعداد ۵۰ برگ از شاخه‌های غیر بارده از شاخه‌های امسالی، نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل و غلظت عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). در اواخر مهرماه هر سال، میوه‌ها برداشت و با توزین آن‌ها، میزان عملکرد هر درخت مشخص شد. مجموع مواد جامد محلول آب میوه، با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (Refractometer)، پرتابل دیجیتال (Portable Digital) (G-WON مدل GMK-701AC) ساخت کره جنوبی، اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون، پس از رقیق‌سازی آب میوه، نمونه‌ها با سود ۰/۱ نرمال تیترو و پس از رسیدن pH به ۸/۲، مقدار سود مصرفی یادداشت و از فرمول زیر و براساس اسید غالب میوه انار یعنی اسید سیتریک محاسبه شد (Gil et al., 1996):

ماه بعد از محلول‌پاشی اول)، ۵- تیمار اول + محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله (یکی در زمان بسته‌شدن میوه و دیگری، با فاصله یک‌ماه بعد از محلول‌پاشی اول)، ۶- مصرف مایکوریزا (*Arbuscular mycorrhiza*) به صورت چالکود به میزان یک کیلوگرم برای هر درخت و ۷- مصرف توآمان تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵ و ۶ بودند. چاله‌های ایجادشده به عمق ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله ۸۰ سانتی‌متر از تنه درخت حفر شدند. تیمارهای آبیاری (کرت اصلی)، از اوایل اردیبهشت آغاز و تا اواسط آبان در هر سال ادامه یافت. در اواسط تیرماه سال اول و دوم آزمایش (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴)، تعداد ۵۰ برگ از شاخه‌های غیر بارده از شاخه‌های امسالی، نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل و غلظت عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و کم‌مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). در اواخر مهرماه هر سال، میوه‌ها برداشت و با توزین آن‌ها، میزان عملکرد هر درخت مشخص شد. مجموع مواد جامد محلول آب میوه، با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (Refractometer)، پرتابل دیجیتال (Portable Digital) (G-WON مدل GMK-701AC) ساخت کره جنوبی، اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون، پس از رقیق‌سازی آب میوه، نمونه‌ها با سود ۰/۱ نرمال تیترو و پس از رسیدن pH به ۸/۲، مقدار سود مصرفی یادداشت و از فرمول زیر و براساس اسید غالب میوه انار یعنی اسید سیتریک محاسبه شد (Gil et al., 1996):

$$\times \text{وزن اکی‌والان اسید غالب} = \text{درصد اسیدیته قابل تیتراسیون} \\ \times 100 / (\text{وزن نمونه تیترشده} \times 1000) / (\text{سود مصرفی} \times \text{نرمالیه سود} \\ = 64 \times \text{وزن اکی‌والان اسید سیتریک}$$

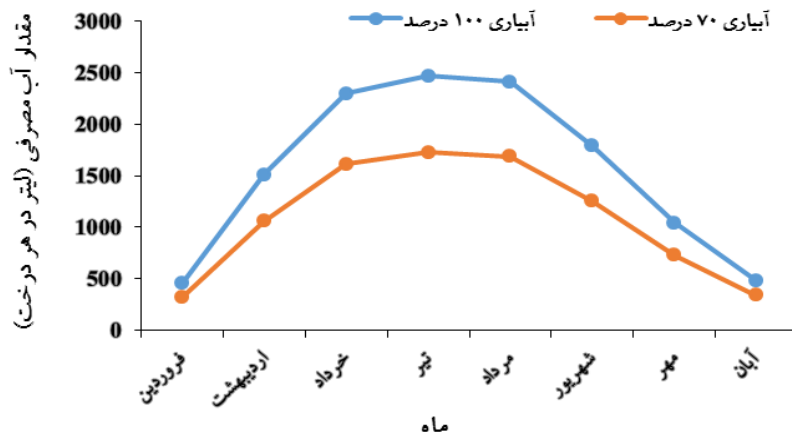
اسیدآمینو مصرفی در این آزمایش، حاصل تخمیر پودرکنجاله سویا در دستگاه فرمانتور و متأثر از آنزیم‌های شکننده پروتئین است. اسیدآمینو مورد استفاده از محصولات شرکت پارس فروغ زاگرس بود. نوع جلبک مورد استفاده اسکوفیلوم نودوزوم (*Ascophyllum nodosum*) مربوط به آب‌های سرد کانادا است. شرکت آکادین سی پلنت (Acadian

نهایی از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. برای اطمینان از غلظت ترکیبات محرک‌های زیستی استفاده شده، این مواد مجدداً در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب مورد تجزیه و بررسی قرار گرفتند (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۷). بر این اساس، نمونه اسید هیومیک استفاده شده دارای ۵۲/۹۵ درصد اسید هیومیک، اسیدآمینو حاوی ۳۶/۷۹ درصد اسیدآمینو آزاد، اسید فولیک استفاده شده دارای ۲۲/۱ درصد اسید فولیک و عصاره جلبک (*A. nodosum*) استفاده شده دارای ۱۰ درصد اسید آلجینیک بود.

داده‌های پژوهش، پس از مرتب و استانداردسازی، با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند (SAS, 2009). مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و به این ترتیب اثرهای تیمارهای مختلف در دو سال آزمایش، بر عملکرد و تعداد میوه، مجموع مواد جامد محلول آب میوه، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز در برگ گیاه به صورت مرکب مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

مقدار آب مصرفی تیمارها: در شکل ۱، مقدار آب مصرف شده به‌ازای هر درخت در هر تیمار و در ماه‌های مختلف نشان داده شده است (شکل ۱). بر این اساس، مقدار آب مصرف‌شده



شکل ۱- مقدار آب مصرف شده (تبخیر و تعرق) توسط انار (رقم جقاق) در تیمارهای مختلف آبیاری در شرایط جعفرآباد قم

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر برخی محرک‌های زیستی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های میوه انار (رقم جقاق) و غلظت برخی عناصر برگ (ترکیب دو سال)

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد میوه در درخت	عملکرد میوه در هکتار	تعداد میوه در درخت	وزن میوه	شاخص بریکس	درصد آب میوه	اسیدیته آب میوه
سال	۱	۲۸۱**	۲۸۰۹۷۸۲۹**	۱۹۴۳**	۳۳۵۵**	۰/۰۰۵	۲/۱**	۰/۰۵
بلوک (سال)	۴	۱۴/۵	۱۴۵۴۴۳۸۹	۱۸۵	۲۲	۰/۵۵	۰/۳۲	۰/۰۳
تیمار آبیاری	۱	۲۷/۵	۲۷۸۵۷۴۴	۳۳۶**	۳/۸	۰/۳۸	۱۷۳/۴**	۰/۱**
سال × آبیاری	۱	۷/۴	۷۴۷۰۲۶۷	۷۲/۴	۶۴/۹	۰/۰۰۵	۰/۸۶	۰/۰۲
آبیاری × بلوک (سال)	۴	۲/۹	۲۸۷۱۰۲۰	۳۱	۲/۹	۰/۱	۰/۱۷	۰/۰۱
تیمار محرک رشد	۶	۶۷/۸**	۶۷۸۲۷۸۴۰**	۷۲۱**	۷۷/۴	۱/۷۷**	۱۷/۰**	۰/۲۸**
آبیاری × محرک رشد	۶	۶۶/۲**	۶۶۲۵۰۲۹۹**	۶۹۵**	۹۰	۳/۷**	۵/۶**	۰/۲۹**
سال × محرک رشد	۶	۶/۵	۶۵۱۷۵۰۷	۸۰	۳۷	۰/۲۶	۰/۹۱	۰/۰۰۶
سال × محرک رشد × آبیاری	۶	۱/۵	۱۵۳۳۷۱۲	۲۶	۵۸	۰/۳۳	۱/۶**	۰/۰۰۵
خطای آزمایش	۴۸	۷/۷	۷۶۵۸۴۰۶	۸۲/۷	۴۲/۶	۰/۶۶	۰/۳۲	۰/۰۳
ضرب تغییرات		۱۳/۳	۱۳/۳	۱۲/۹	۲/۲	۵/۲	۱/۷	۱۸/۴

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ آزمون دانکن

عملکرد میوه: نتایج تجزیه واریانس داده‌های دو سال آزمایش (مرکب) نشان داد اثر تیمار آبیاری بر ویژگی تعداد میوه در هر درخت، اسیدیته آب میوه و کلیه عناصر غذایی بجز نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین‌های مرکب (جدول ۴) اثرهای ساده سطوح مصرف آب آبیاری نشان داد که در تیمار ۱۰۰ درصد، تعداد میوه در درخت و نیز غلظت عناصر غذایی روی و منگنز

(تبخیر و تعرق) برای هر درخت در طول دوره آزمایش در تیمارهای رطوبتی ۱۰۰ درصد و ۷۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده، به ترتیب ۱۲۴۶۰ و ۸۷۲۲ لیتر بود.

مقادیر آب مصرف شده در این پژوهش، با در نظر گرفتن شرایط آب‌وهوایی، خاکی، تراکم درختان و نوع سامانه آبیاری، با مقادیر گزارش شده توسط راد و همکاران (۱۳۹۴) و Khattab و همکاران (۲۰۱۰)، هم‌خوانی دارد.

ادامه جدول ۳-

منبع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	مس	آهن
سال	۱	۰/۰۶**	۰/۰۳**	۰/۳۴**	۵۶۰۹**	۲۷۰**	۲۷۳**	۱۵۱۶۸۰**
بلوک (سال)	۴	۰/۱۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۹	۱۷/۴	۴۹	۳	۴۵۹
تیمار آبیاری	۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱**	۰/۰۱**	۸۸۸/۲**	۵۷۵**	۲۰۱**	۱۰۴۰۱**
سال × آبیاری	۱	۰/۶۵**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۲۹۸۵**	۷۹**	۱۸۵**	۷۹۹۰**
آبیاری × بلوک (سال)	۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۴	۲	۰/۵	۰/۲۲	۱۷
تیمار محرک رشد	۶	۰/۸۸**	۰/۰۱**	۰/۰۵**	۲۱۹**	۳۰۶**	۴۲**	۱۹۴۹**
آبیاری × محرک رشد	۶	۱/۱**	۰/۰۰۴**	۰/۰۴**	۲۷۹**	۴۷۰**	۱۹**	۱۹۷۲**
سال × محرک رشد	۶	۱/۶**	۰/۰۱**	۰/۰۲**	۱۸۸**	۳۱۰**	۵۲**	۲۶۴۱**
سال × محرک رشد × آبیاری	۶	۱/۰۴**	۰/۰۰۵**	۰/۰۳**	۴۰۷**	۶۰۶**	۲۲**	۱۸۹۵**
خطای آزمایش	۴۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۳۸	۰/۸۱	۰/۱۱	۴/۳
ضریب تغییرات	۲/۶	۳/۵	۴/۱	۳/۱	۲/۲	۳/۳	۲/۱	۲/۰۱

** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۱٪ و ۵٪ آزمون دانکن

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین مرکب اثرات ساده سطوح مختلف آب آبیاری بر صفات مورد بررسی

تیمار آبیاری	عملکرد میوه در درخت	عملکرد میوه در هکتار	تعداد میوه در درخت	وزن میوه	شاخص بریکس	آب میوه	اسیدیته
آبیاری	کیلوگرم در درخت	کیلوگرم در هکتار	در درخت	گرم	درصد	آب میوه	آب میوه
۷۰ درصد	۲۰/۱۹ ^a	۲۰۱۹۱/۹ ^a	۶۸/۶ ^b	۲۹۳/۱ ^a	۱۵/۶۳ ^a	۴۳/۶ ^b	۰/۹۲ ^a
۱۰۰ درصد	۲۱/۳۳ ^a	۲۱۳۳۶ ^a	۷۲/۶ ^a	۲۹۳/۶ ^a	۱۵/۷۷ ^a	۴۶/۴ ^a	۰/۸۴ ^b

ادامه جدول ۴-

تیمار آبیاری	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	مس	آهن
تیمار آبیاری	درصد ماده خشک	درصد ماده خشک	میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک	میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک	میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک	میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک	میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک
۷۰ درصد	۱/۷۹ ^a	۰/۱۰۵ ^a	۰/۵۹ ^a	۱۶/۸ ^b	۳۷/۵ ^b	۱۱/۷ ^a	۱۱۴/۹ ^a
۱۰۰ درصد	۱/۷۹ ^a	۰/۰۹۸ ^b	۰/۵۷ ^b	۲۳/۴ ^a	۴۲/۷ ^a	۸/۶ ^b	۹۱/۹ ^b

در درخت و در هکتار، درصد مواد جامد محلول و غلظت نیتروژن برگ، اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن مشاهده نشد (جدول ۴).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر تمامی محرک‌های زیستی مورد مطالعه در پژوهش، بر کلیه

به صورت معنی داری بالاتر از تیمار آبیاری ۷۰ درصد بوده در حالی که در تیمار آبیاری ۷۰ درصد، اسیدیته آب میوه و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، مس و آهن به شکل معنی دار، بیشتر از تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بود. همچنین، بین تیمارهای ۷۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری در خصوص عملکرد میوه

یکی از سازوکارهای مهم دیگر در مواجهه با تنش خشکی در انار، کاهش سطح برگ با هدف کاهش سطح تعرق است (راد و همکاران، ۱۳۹۴؛ Cheruth *et al.*, 2009). به نظر می‌رسد در شرایط آزمایش حاضر نیز، گیاه برای کاهش تعرق و افزایش کارایی، سطح برگ خود را کاهش داده است. بررسی عملکرد و غلظت عناصر در برگ نیز این مطلب را تأیید می‌کند (جدول ۴).

تحقیقات نشان داده میزان و زمان تنش خشکی، اثر معنی‌داری بر اندازه و عملکرد میوه و همچنین تجمع مواد شیمیایی در میوه انار دارد (Mellisho *et al.*, 2012). تنش شدید خشکی به ویژه در زمان رشد سریع میوه، ضمن کاهش عملکرد، موجب کاهش اندازه و وزن میوه می‌شود. در پژوهش حاضر، تنش آبیاری (۷۰ درصد آب آبیاری محاسبه شده)، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و وزن میوه نداشت که این امر نشان می‌دهد انار گیاهی مقاوم به تنش‌های ملایم خشکی است. کاهش مقدار آب آبیاری به ۷۰ درصد میزان نیاز آبیاری محاسبه شده، باعث کاهش معنی‌دار درصد آب میوه از ۴۶/۴ درصد به ۴۳/۶ درصد شد. همچنین، اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه انار از ۰/۸۴ درصد به ۰/۹۲ درصد افزایش یافت (جدول ۴). این نتایج با نتایج محققان دیگر هم‌خوانی دارد (راد و همکاران، ۱۳۹۴).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در خصوص اثر متقابل آبیاری × محرک‌های زیستی در تمامی ویژگی‌های مورد بررسی، از جمله، عملکرد در درخت و هکتار، تعداد میوه در درخت، اسیدیته آب میوه، درصد مواد جامد محلول و نیز، غلظت کلیه عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف بود. همچنین، اثر متقابل سال × آبیاری × محرک‌های زیستی، تنها در خصوص غلظت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف معنی‌دار شد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر سه گانه سال × آبیاری × محرک‌های زیستی بر عملکرد میوه در درخت و هکتار و تعداد میوه در درخت نشان داد که بالاترین این عملکردها به ترتیب ۲۹/۲ گرم در درخت، ۲۹۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و

ویژگی‌های مورد بررسی از جمله عملکرد و تعداد میوه در درخت، اسیدیته آب میوه، درصد مواد جامد محلول و غلظت تمامی عناصر پرمصرف و کم مصرف معنی‌دار بود (جدول ۳). این نتایج نشان داد بالاترین عملکرد میوه در درخت و هکتار به ترتیب با متوسط وزن ۲۳/۴ گرم و ۲۳۳۷۷ کیلوگرم و نیز، تعداد میوه در درخت با متوسط ۷۹/۰۸ عدد، مربوط به تیمار مصرف عصاره جلبک دریایی (تیمار ۵) بود که تفاوت معنی‌داری با مصرف قارچ میکوریزا (تیمار ۶) و تیمار ترکیبی (تیمار ۷) نداشت (جدول ۵). همچنین، پایین‌ترین عملکرد میوه در درخت و هکتار و تعداد میوه به ترتیب با متوسط ۱۸/۲۵ گرم، ۱۸۲۵۷ کیلوگرم و ۶۲/۴ عدد، در تیمار شاهد (تیمار ۱) به‌دست آمد (جدول ۵).

صرف‌نظر از اثر محرک‌های زیستی مصرف‌شده در آزمایش، مقایسه عملکرد میوه در درخت و در هکتار و نیز وزن یک میوه، در دو تیمار آبیاری نشان داد که کاهش مقدار آب آبیاری محاسبه شده براساس نیاز آبی انار، تا میزان ۳۰ درصد، اثر معنی‌داری بر این ویژگی‌ها نداشته است. این نتایج نشان داد همچنان‌که سایر محققان بیان کرده‌اند، انار گونه‌ای سازگار به خشکی (Xeromophic)، است (Rodriguez *et al.*, 2012). این محققان، مقاومت به خشکی را در انار به انباشت ترکیبات مناسب اسمولیتی نسبت داده‌اند. همچنین، افزایش غلظت پتاسیم و سدیم در انار، به‌عنوان یکی از عوامل سازگاری به شرایط خشکی معرفی شده است (El-Kar *et al.*, 2011). اگر چه افزایش و یا کاهش اندازه و عملکرد میوه و همچنین تجمع مواد شیمیایی در میوه انار تحت تأثیر میزان و زمان تنش خشکی قرار می‌گیرد به‌گونه‌ای که تنش شدید خشکی به ویژه در زمان رشد سریع میوه، ضمن کاهش عملکرد، سبب کاهش کیفیت و از جمله اندازه میوه می‌شود، اما در تحقیق حاضر، این ویژگی‌ها کمتر تحت تأثیر تنش ملایم آبیاری قرار گرفت و حتی مصرف محرک‌های رشد، تأثیر مثبتی بر آنها نداشته است. این نتایج، نشان داد که سازگاری انار به تنش‌های ملایم خشکی بالاست (Rodriguez *et al.*, 2012).

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین مرکب اثرات ساده محرک‌های زیستی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های انار (رقم قجاق)

تیمار محرک رشد	عملکرد میوه در درخت		عملکرد میوه در درخت		وزن میوه گرم	شاخص بریکس درصد	آب میوه درصد	پH آب میوه	نیترژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	مس	آهن
	کیلوگرم در هکتار	کیلوگرم در هکتار	کیلوگرم در هکتار	کیلوگرم در هکتار											
۱	۱۸/۲۵ ^d	۱۸۲۵۷ ^d	۲۹۲ ^{ab}	۶۲/۴ ^b	۲۹۲ ^{ab}	۱۶ ^{ab}	۰/۸ ^b	۴۳/۱ ^d	۱/۶۸ ^d	۰/۱۲ ^b	۰/۶۸ ^a	۱۵/۸ ^e	۳۹/۸ ^c	۱۲/۸ ^a	۱۰۵/۱ ^b
۲	۲۰/۷۸ ^{bc}	۲۰۷۸۲ ^{bc}	۲۹۷/۴ ^a	۶۹/۸ ^b	۲۹۷/۴ ^a	۱۵/۸۷ ^{abc}	۰/۷۲ ^b	۴۴/۷ ^c	۱/۶۳ ^c	۰/۰۵ ^f	۰/۵ ^d	۲۳/۵ ^a	۳۸/۳ ^d	۷/۹ ^f	۹۴/۹ ^c
۳	۱۸/۶۹ ^{cd}	۱۸۶۸۷ ^{cd}	۲۹۲/۵ ^{ab}	۶۳/۸ ^b	۲۹۲/۵ ^{ab}	۱۵/۵ ^{bc}	۰/۷۳ ^b	۴۴/۸ ^c	۱/۸۹ ^b	۰/۱۶ ^a	۰/۵۱ ^d	۲۲ ^c	۴۲/۷ ^b	۱۰/۱ ^c	۱۱۸/۸ ^a
۴	۱۸/۲۳ ^d	۱۸۲۳۵ ^d	۲۸۹/۱ ^b	۶۲/۷ ^b	۲۸۹/۱ ^b	۱۵/۴ ^{bc}	۱/۰۴ ^a	۴۵/۳ ^b	۱/۷ ^d	۰/۰۷ ^e	۰/۶۱ ^b	۱۲/۵ ^f	۳۹/۲ ^c	۱۰/۱ ^c	۹۵/۱ ^c
۵	۲۳/۴ ^a	۲۳۳۷۷ ^a	۲۹۴/۵ ^{ab}	۷۹/۰۸ ^a	۲۹۴/۵ ^{ab}	۱۵/۲ ^c	۰/۷۷ ^b	۴۴/۷ ^c	۱/۵۶ ^f	۰/۱۰ ^c	۰/۵۹ ^b	۲۳/۵ ^a	۳۵/۶ ^e	۸/۳ ^e	۱۰۴/۹ ^b
۶	۲۲/۸۶ ^{ab}	۲۲۸۶۱ ^{ab}	۲۹۴/۵ ^{ab}	۷۷/۵ ^a	۲۹۴/۵ ^{ab}	۱۵/۷ ^{bc}	۱/۰۷ ^a	۴۵/۴ ^b	۱/۷۵ ^c	۰/۱۰ ^c	۰/۶۱ ^b	۲۲/۷ ^b	۳۵/۶ ^e	۹/۶ ^d	۸۴/۱ ^d
۷	۲۳/۱۵ ^{ab}	۲۳۱۵۰ ^{ab}	۲۹۳/۳ ^{ab}	۷۸/۷ ^a	۲۹۳/۳ ^{ab}	۱۶/۳ ^a	۱ ^a	۴۷/۱ ^a	۲/۳۶ ^a	۰/۰۹ ^d	۰/۵۷ ^c	۲۰/۶ ^d	۵۰ ^a	۱۲/۵ ^b	۱۱۸/۳ ^a

۱- شاهد ۲- محلول پاشی اسید آمینه ۳- مصرف خاکی اسید هیومیک ۴- محلول پاشی اسید فولیک ۵- محلول پاشی عصاره جلبک ۶- مصرف چالکود مصرف مایکوریزا ۷- تیمار ترکیبی (مصرف توآمان تیمارهای ۲، ۳، ۵ و ۶). در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

جلبک در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در سال دوم آزمایش (با میانگین ۱۴/۴ درصد) بود (جدول ۶).

بالاترین درصد اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه در هر دو سال پژوهش، در تیمار مصرف قارچ مایکوریزا در سطح ۱۰۰ درصد آب آبیاری (با متوسط ۱/۴ درصد) به دست آمد. همچنین، پایین‌ترین آن، مربوط به تیمارهای مصرف اسید آمینه در سطح ۱۰۰ درصد آب آبیاری در سال اول و دوم آزمایش (با میانگین ۰/۶۶ درصد) به دست آمد (جدول ۶).

مصرف محرک‌های زیستی، باعث افزایش عملکرد میوه در درخت و در هکتار و همچنین درصد آب میوه انار نسبت به شاهد شد (جدول ۵). بالاترین عملکرد، تعداد، وزن و درصد آب میوه انار در تیمار مصرف عصاره جلبک به دست آمد. نشان داده شده که استفاده از عصاره جلبک دریایی (*A. nodosum*) سبب افزایش تحمل به تنش‌های خشکی، شوری و دمایی می‌شود (Craigie, 2011). مکانیسم تأثیر عصاره جلبک دریایی در مقاومت به تنش‌ها، هنوز شناخته شده نیست؛ اما حضور مولکول‌های فعال زیستی مانند بتائین و سیتوکینین در این عصاره‌ها ممکن است در این زمینه، نقش داشته باشد. این

۹۶/۶۶ عدد میوه در درخت با مصرف عصاره جلبک دریایی و در تیمار ۷۰ درصد آب آبیاری در سال اول آزمایش به دست آمد که با تیمار مصرف قارچ مایکوریزا اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن نداشت (جدول ۶). پایین‌ترین عملکرد میوه مربوط به تیمارهای شاهد با میانگین ۱۵۳۷۳/۳ کیلوگرم در هکتار، مصرف اسید آمینه با میانگین ۱۶۱۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار، اسید هیومیک با متوسط ۱۵۵۶۳/۳ کیلوگرم در هکتار و اسید فولیک با میانگین ۱۴۴۱۴/۶ کیلوگرم در هکتار در سال دوم آزمایش و در سطح ۷۰ درصد مصرف آبیاری بود که اختلاف معنی داری با هم نداشته و همگی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۶).

بررسی میانگین درصد مواد جامد محلول در تیمارها نشان داد که بالاترین این میزان، مربوط به تیمار ترکیبی در سطح آبیاری ۷۰ درصد در سال اول و دوم (در هر دو سال آزمایش، برابر ۱۷/۱۳ درصد) بود که با تیمارهای شاهد و مصرف اسید آمینه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری در سال اول و دوم آزمایش تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۶). پایین‌ترین میزان درصد مواد جامد محلول مربوط به تیمارهای مصرف عصاره

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین مرکب اثرات متقابل سطوح مختلف آب آبیاری در محرک‌های زیستی بر صفات مورد بررسی

سال	تیمار آبیاری	تیمار محرک رشد	عملکرد میوه		تعداد میوه در درخت	وزن میوه گرم	شاخص بریکس	آب میوه	اسیدیته آب میوه
			در درخت (کیلوگرم)	در هکتار (کیلوگرم)					
اول	۷۰ درصد	۱	۱۸/۱ ^d	۱۸۱۰۰ ^d	۶۰/۶۶ ^{hi}	۲۹۸/۲ ^{ab}	۱۵/۳۶ ^b	۴۰/۵۱ ^f	۰/۹۳ ^b
		۲	۱۹/۱ ^d	۱۹۱۳۳/۳ ^d	۶۲/۳۳ ^h	۳۰۷/۲ ^a	۱۵/۳۶ ^b	۴۳/۴۸ ^d	۰/۸۰ ^{bc}
		۳	۱۷/۵۷ ^{de}	۱۷۵۶۶/۶ ^{de}	۵۸/۶۶ ⁱ	۲۹۹/۵ ^{ab}	۱۵/۴۳ ^b	۴۲/۱۰ ^e	۰/۸۶ ^b
		۴	۱۷ ^{de}	۱۷۰۰۰ ^{de}	۵۷ ⁱ	۲۹۸/۳ ^{ab}	۱۵/۱۳ ^{bc}	۴۳/۱۷ ^d	۱/۲۰ ^a
		۵	۲۹/۲ ^a	۲۹۲۰۰ ^a	۹۶/۶۶ ^a	۳۰۲/۰ ^a	۱۵/۷۳ ^b	۴۳/۱۷ ^d	۰/۷۶ ^c
		۶	۲۷/۹۳ ^{ab}	۲۷۹۳۳/۳ ^{ab}	۹۳/۳۳ ^{ab}	۲۹۹/۳ ^{ab}	۱۵/۳۰ ^b	۴۴/۰۴ ^d	۰/۷۳ ^c
		۷	۲۷/۳۰ ^{ab}	۲۷۳۰۰ ^{ab}	۹۱/۶۶ ^b	۲۹۷/۹ ^{ab}	۱۷/۱۳ ^a	۴۵/۴۳ ^{bc}	۰/۹۰ ^b
	۱۰۰ درصد	۱	۲۱/۰۳ ^c	۲۱۰۳۳/۳ ^c	۷۱ ^f	۲۹۶/۰ ^b	۱۶/۳۳ ^{ab}	۴۴/۹۱ ^d	۰/۷۰ ^c
		۲	۲۵/۵ ^b	۲۵۵۰۰ ^b	۸۵/۳۳ ^c	۲۹۸/۹ ^{ab}	۱۶/۵۰ ^{ab}	۴۵/۶۴ ^c	۰/۶۶ ^c
		۳	۲۲/۱ ^c	۲۲۱۰۰ ^c	۷۳/۶۶ ^{ef}	۲۹۹/۸ ^{ab}	۱۵/۵۶ ^b	۴۶/۱۵ ^{bc}	۰/۷۰ ^c
		۴	۲۱/۶ ^c	۲۱۶۰۰ ^c	۷۲ ^f	۲۹۹/۹ ^{ab}	۱۵/۷۶ ^b	۴۶/۴۹ ^{bc}	۱ ^{ab}
		۵	۲۲/۲۳ ^c	۲۲۲۳۳/۳ ^c	۷۴/۳۳ ^{ef}	۲۹۹/۲ ^{ab}	۱۵/۱۶ ^{bc}	۴۵/۱۰ ^c	۰/۸۳ ^b
		۶	۲۲/۸۳ ^c	۲۲۸۳۳/۳ ^c	۷۶/۳۳ ^{ef}	۲۹۹/۵ ^{ab}	۱۵/۴۳ ^b	۴۵/۵۶ ^{bc}	۱/۴۰ ^a
		۷	۲۴/۷۶ ^{bc}	۲۴۷۶۶/۶ ^{bc}	۸۲/۶۶ ^d	۲۹۹/۶ ^{ab}	۱۵/۷۶ ^b	۴۶/۷۳ ^b	۱/۱۶ ^a
دوم	۷۰ درصد	۱	۱۵/۳۷ ^e	۱۵۳۷۳/۳ ^e	۵۴/۳۳ ^{ij}	۲۸۳/۵ ^d	۱۵/۳۶ ^b	۴۰/۷۰ ^f	۰/۹۰ ^b
		۲	۱۶/۱۱ ^e	۱۶۱۱۳/۳ ^e	۵۵ ^{ij}	۲۹۱/۴ ^c	۱۴/۹۰ ^c	۴۲/۱۷ ^e	۰/۷۶ ^c
		۳	۱۵/۵۶ ^e	۱۵۵۶۳/۳ ^e	۵۵/۶۶ ^{ij}	۲۷۹/۹ ^e	۱۵/۷۰ ^b	۴۳/۹۶ ^d	۰/۷۰ ^c
		۴	۱۴/۴۱ ^e	۱۴۴۱۶/۶ ^e	۵۲/۳۳ ^j	۲۷۲/۶ ^f	۱۵/۳۶ ^b	۴۴/۳۴ ^d	۱ ^{ab}
		۵	۲۳/۳۳ ^c	۲۳۳۳۰ ^c	۷۹ ^e	۲۹۴/۸ ^b	۱۵/۶۳ ^b	۴۴/۰۵ ^d	۰/۷۳ ^{bc}
		۶	۲۱/۵۹ ^{cd}	۲۱۵۹۳/۳ ^{cd}	۷۳/۶۶ ^{ef}	۲۹۳/۰ ^{bc}	۱۵/۳۶ ^b	۴۴/۹۳ ^d	۰/۷۶ ^c
		۷	۲۰/۰۶ ^{cd}	۲۰۰۶۳/۳ ^{cd}	۷۰ ^g	۲۸۶/۲ ^d	۱۷/۱۳ ^a	۴۷/۹۷ ^{ab}	۰/۷۶ ^c
	۱۰۰ درصد	۱	۱۸/۵۲ ^d	۱۸۵۲۰ ^d	۶۳/۶۶ ^h	۲۹۰/۵ ^c	۱۶/۹۶ ^a	۴۶/۱۹ ^b	۰/۷۰ ^{cd}
		۲	۲۲/۳۸ ^c	۲۲۳۸۰ ^c	۷۶/۶۶ ^{ef}	۲۹۲/۰ ^c	۱۶/۷۰ ^{ab}	۴۷/۳۷ ^{ab}	۰/۶۶ ^d
		۳	۱۹/۵۲ ^d	۱۹۵۱۶/۶ ^d	۶۷/۳۳ ^{gh}	۲۹۰/۶ ^c	۱۵/۱۶ ^{bc}	۴۶/۹۳ ^{ab}	۰/۶۶ ^d
		۴	۱۹/۹۲ ^d	۱۹۹۲۳/۳ ^d	۶۹/۶۶ ^g	۲۸۵/۸ ^d	۱۵/۵۳ ^b	۴۷/۲۳ ^{ab}	۰/۹۶ ^b
		۵	۱۸/۷۴ ^d	۱۸۷۴۳/۳ ^d	۶۶/۳۳ ^{gh}	۲۸۲/۱ ^{de}	۱۴/۴۰ ^c	۴۶/۶۳ ^{ab}	۰/۷۶ ^c
		۶	۱۹/۰۸ ^d	۱۹۰۸۳/۳ ^d	۶۶/۶۶ ^{gh}	۲۸۶/۲ ^d	۱۶/۲۰ ^{ab}	۴۷/۱۴ ^{ab}	۱/۴۰ ^a
		۷	۲۰/۴۷ ^{cd}	۲۰۴۷۰ ^{cd}	۷۰/۶۶ ^g	۲۸۹/۶ ^c	۱۵/۳۳ ^b	۴۸/۱۷ ^a	۱/۲۰ ^a

تیمار محرک رشد: ۱- شاهد ۲- محلول پاشی اسید آمینه ۳- مصرف خاکی اسید هیومیک ۴- محلول پاشی اسید فولویک ۵- محلول پاشی عصاره جلبک ۶- مصرف چالکود مصرف مایکوریزا ۷- تیمار ترکیبی (مصرف توآمان تیمارهای ۲، ۳، ۵ و ۶). در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح ۰.۵٪ آزمون دانکن ندارند.

غلظت عناصر غذایی برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد اثر تیمار آبیاری بر غلظت عناصر پرمصرف (بجز نیتروژن) و کم‌مصرف، معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین، اثر محرک رشد × آبیاری × محرک رشد و سال × محرک رشد × آبیاری در خصوص غلظت تمامی عناصر غذایی مورد مطالعه در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد (جدول ۳).

بین غلظت نیتروژن برگ در دو تیمار ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴) درحالی‌که محرک‌های زیستی، اثرهای مختلفی بر این غلظت داشتند (جدول ۵). براساس جدول میانگین اثرهای متقابل تیمارها (جدول ۷)، بالاترین غلظت نیتروژن برگ با متوسط ۴/۲۴ درصد ماده خشک، مربوط به تیمار ترکیبی در سطح آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده و در سال اول آزمایش به‌دست آمد. همچنین، پایین‌ترین غلظت نیتروژن برگ مربوط به تیمار مصرف جلبک دریایی در سطح ۷۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده در سال اول آزمایش (با متوسط ۰/۶۳ درصد ماده خشک) بود (جدول ۷). نتایج به دست آمده از سایر پژوهش‌ها نشان داده که انار قادر است با به‌کارگیری سازوکارهای مناسب در تنش شدید خشکی، فرآیند فتوسنتزی مطلوب خود را حفظ کرده و از کاهش کلروفیل و سایر رنگدانه‌های مؤثر در فتوسنتز جلوگیری کند. از سازوکارهای پیشنهادی می‌توان به بهبود پتانسیل آب و نیز افزایش حجم و فعالیت ریشه گیاه و در نتیجه، جذب کافی عناصر غذایی از جمله نیتروژن در این شرایط اشاره کرد (Xoconostle-Cazares *et al.*, 2010).

در پژوهش حاضر، مصرف ترکیبی محرک‌های زیستی (تیمار ۷)، در سطح آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده و در سال اول آزمایش دارای بالاترین غلظت نیتروژن بود که در خصوص عملکرد میوه نیز، جز بالاترین عملکردهای ثبت شده محسوب می‌شد. این نتایج هم‌سو با نتایج تحقیق Xoconostle-Cazares و همکاران (۲۰۱۰) بوده است. در خصوص غلظت فسفر و پتاسیم برگ، اثر تیمار آبیاری، معنی‌دار بود و بیشترین غلظت این دو عنصر در تیمار ۷۰

عصاره‌ها غلظت مولکول‌های مرتبط با تنش مانند سیتوکینین، پرولین، آنتی‌اکسیدانت‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در گیاه افزایش می‌دهند. سیتوکینین اثر منفی رادیکال‌های آزاد را به دو روش خنثی می‌کند: ۱- از بین بردن مستقیم رادیکال‌ها و ۲- یا جلوگیری از تشکیل آن‌ها با ممانعت از اکسیدشدن زانتین (Fan *et al.*, 2013). نتایج پژوهش حاضر با این نتایج همخوانی دارد.

بیشترین شاخص بریکس (با متوسط ۱۷/۱۳ درصد)، در شرایط تنش ملایم آبی و در تیمار ترکیبی سال اول به‌دست آمد (جدول ۶). گزارش شده که با کاهش مصرف آب در حد ۲۵ درصد تبخیر و تعرق گیاه، در سامانه آبیاری قطره‌ای در انار، مقدار مواد جامد محلول، میزان آنتوسیانین و رنگ میوه‌ها بهبود یافت (Palou *et al.*, 2013) که با نتایج پژوهش حاضر، هم‌راستا است. از طرفی، اعمال تنش خشکی، باعث کاهش درصد آب میوه و افزایش اسیدیته آب میوه شد (جدول ۴). با افزایش اسیدیته آب میوه (کاهش pH)، شاخص رسیدگی میوه (نسبت مواد جامد محلول به درصد اسیدیته قابل تیتراسیون)، کاهش می‌یابد که بر کیفیت میوه، اثرگذار است (راد و همکاران، ۱۳۹۴).

یافته‌های پروین و همکاران (۱۳۹۶) و ضیائی‌ان و همکاران (۱۳۹۷) نشان داده که مصرف قارچ میکوریزا به‌همراه کود دامی و پتاسیم و کلسیم، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد انار شده است. نتایج پژوهش حاضر نیز، این نتایج را تأیید می‌نماید. سازوکار پیشنهادی برای این افزایش عملکرد گیاه، شامل بهبود رشد گیاه در اثر جذب کارآمدتر عناصر غذایی از طریق افزایش حجم خاک قابل دسترس توسط ریشه‌های قارچ بیان شده است (Diop *et al.*, 2003). به‌علاوه، رابطه همزیستی بین قارچ میکوریزا و ریشه‌های گیاه میزبان، به‌میزان قابل توجهی، رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می‌دهد. این واکنش‌های مثبت، به افزایش جذب یون‌های کم‌تحرک خاک از قبیل فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز توسط قارچ میکوریزا و انتقال آنها به گیاه میزبان نسبت می‌دهند (Liu *et al.*, 2000).

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین مرکب اثرات متقابل سطوح مختلف آب آبیاری در محرک‌های زیستی بر غلظت عناصر در برگ انار

سال	تیمار آبیاری	تیمار محرک رشد	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	مس	آهن
			درصد ماده خشک			میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک			
اول	۷۰ درصد	۱	۱/۷۶ ^d	۰/۰۸ ^{cd}	۰/۵۵ ^d	۱۳/۶۶ ^g	۳۶/۴۳ ^d	۷/۹۰ ^d	۵۳/۳۳ ^k
		۲	۱/۵۸ ^d	۰/۰۷ ^{cd}	۰/۵۲ ^d	۱۳/۶۶ ^g	۳۶/۵۰ ^d	۸/۸۰ ^{cd}	۷۱ ⁱ
		۳	۲/۳۳ ^b	۰/۰۷ ^{cd}	۰/۵۳ ^d	۱۹/۳۳ ^f	۳۶/۴۳ ^d	۸/۸۵ ^{cd}	۵۷/۸۳ ^k
		۴	۱/۳۳ ^e	۰/۰۶ ^{cd}	۰/۵۴ ^d	۱۱/۷۶ ^{gh}	۳۶/۶۳ ^d	۸/۱۸ ^{cd}	۶۴/۵ ^j
		۵	۰/۶۳ ^f	۰/۰۷ ^{cd}	۰/۵۴ ^d	۱۳/۱۳ ^g	۳۹/۱۶ ^d	۸/۵۰ ^{cd}	۶۳/۵۰ ^j
		۶	۱/۱۱ ^{ef}	۰/۰۸ ^{cd}	۰/۵۴ ^d	۱۶/۷۳ ^{fg}	۳۳/۵۰ ^e	۸/۶۳ ^{cd}	۶۴/۸۳ ^j
		۷	۴/۲۴ ^a	۰/۰۶ ^{cd}	۰/۵۹ ^d	۱۴/۲۳ ^g	۳۸/۳۰ ^d	۸/۳۶ ^{cd}	۵۸/۶۶ ^k
اول	۱۰۰ درصد	۱	۱/۷۰ ^c	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۶۳ ^c	۱۱/۵۰ ^{gh}	۴۰/۳۳ ^d	۷/۴۶ ^d	۵۵/۳۳ ^k
		۲	۱/۶۳ ^d	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۵۳ ^d	۸/۳۰ ^h	۳۵/۳۳ ^{de}	۷/۹۶ ^d	۶۰/۳۳ ^{jk}
		۳	۱/۷۶ ^c	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۴۱ ^e	۸/۶۶ ^h	۳۹ ^d	۸/۵۰ ^{cd}	۵۸ ^k
		۴	۱/۶۳ ^c	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۵۰ ^d	۷/۹۰ ^h	۳۸ ^d	۸/۰۶ ^{cd}	۵۷ ^k
		۵	۱/۹۰ ^c	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۵۰ ^d	۸/۹۳ ^h	۴۲ ^{cd}	۸/۵۰ ^{cd}	۶۵/۳۳ ^j
		۶	۱/۴۰ ^e	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۴۵ ^e	۱۰/۸۳ ^{gh}	۴۴ ^c	۹/۱۳ ^{cd}	۵۸/۳۳ ^k
		۷	۱/۷۳ ^c	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۴۴ ^e	۸/۴۶ ^h	۴۱/۳۳ ^{cd}	۸/۷۳ ^{cd}	۶۰ ^{jk}
دوم	۷۰ درصد	۱	۱/۵۵ ^d	۰/۱۸ ^b	۰/۶۷ ^c	۲۵/۳۴ ^e	۴۰/۳۲ ^d	۲۰ ^a	۱۷۴/۴۵ ^c
		۲	۱/۶۹ ^c	۰/۰۱ ^e	۰/۵۳ ^d	۱۵/۳۱ ^{fg}	۳۵/۰۱ ^{de}	۱۱/۵۸ ^c	۱۲۱/۷۹ ^f
		۳	۱/۷۵ ^c	۰/۲۹ ^a	۰/۵۳ ^d	۷/۳۹ ^h	۳۸/۲۰ ^d	۱۰/۵۲ ^c	۱۶۴/۱۶ ^d
		۴	۱/۸۰ ^c	۰/۱۱ ^c	۰/۶۹ ^c	۱۱/۶۱ ^{gh}	۳۷/۱۴ ^d	۱۲/۶۳ ^{bc}	۱۶۴/۱۶ ^d
		۵	۱/۸۳ ^c	۰/۱۰ ^c	۰/۶۷ ^c	۲۶/۴۰ ^e	۴۰/۳۲ ^d	۱۳/۶۸ ^b	۱۸۵/۳۴ ^b
		۶	۱/۸۵ ^c	۰/۰۹ ^{cd}	۰/۹۱ ^a	۱۸/۳۷ ^f	۴۴/۵۷ ^c	۱۵/۷۹ ^b	۱۶۴/۱۶ ^d
		۷	۱/۶۶ ^c	۰/۱۵ ^{bc}	۰/۵۰ ^d	۲۹/۰۴ ^d	۳۲/۸۹ ^e	۲۱/۰۵ ^a	۱۹۰/۶۴ ^{ab}
دوم	۱۰۰ درصد	۱	۱/۷۱ ^c	۰/۱۳ ^{bc}	۰/۸۶ ^a	۱۲/۶۸ ^{gh}	۴۲/۲۴ ^{cd}	۱۵/۹۱ ^b	۱۳۷/۲۸ ^e
		۲	۱/۶۳ ^c	۰/۰۴ ^d	۰/۴۵ ^e	۵۷/۰۸ ^a	۴۶/۴۶ ^c	۳/۱۸ ^e	۱۲۶/۷۲ ^f
		۳	۱/۷۴ ^c	۰/۱۷ ^b	۰/۵۳ ^d	۵۲/۷۴ ^b	۵۷/۰۲ ^b	۱۲/۷۳ ^{bc}	۱۹۵/۳۶ ^a
		۴	۱/۹۷ ^c	۰/۰۱ ^e	۰/۷۲ ^b	۱۸/۹۲ ^f	۴۵/۴ ^c	۱۱/۶۷ ^c	۹۵/۰۴ ^h
		۵	۱/۸۷ ^c	۰/۱۴ ^{bc}	۰/۶۷ ^c	۴۵/۴۵ ^c	۲۱/۱۲ ^f	۲/۶۵ ^e	۱۰۵/۶۰ ^g
		۶	۲/۶۲ ^b	۰/۱۴ ^{bc}	۰/۵۳ ^d	۴۴/۹۲ ^c	۱۸/۸ ^f	۴/۹۸ ^e	۴۹/۱۰ ^l
		۷	۱/۸۱ ^c	۰/۰۵ ^d	۰/۷۴ ^b	۳۰/۶۵ ^d	۸۷/۶۴ ^a	۱۱/۶۷ ^c	۱۶۳/۶۸ ^d

تیمار محرک رشد: ۱- شاهد ۲- محلول پاشی اسید آمینه ۳- مصرف خاکی اسید هیومیک ۴- محلول پاشی اسید فولویک ۵- محلول پاشی عصاره جلبک ۶- مصرف چالکود مصرف مایکوریزا ۷- تیمار ترکیبی (مصرف توآمان تیمارهای ۲، ۳، ۵ و ۶). در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

براساس جدول میانگین اثرهای متقابل تیمارها (جدول ۷)، بالاترین غلظت روی، منگنز، مس و آهن به ترتیب در تیمار مصرف اسیدآمینه در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد در سال دوم، تیمار ترکیبی در سطح ۱۰۰ درصد آبیاری در سال دوم، تیمار ترکیبی در سطح ۷۰ درصد آبیاری در سال دوم و تیمار مصرف اسید هیومیک در سطح ۱۰۰ درصد آبیاری در سال دوم آزمایش حاصل گردید (جدول ۷).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر، کاهش مقدار آب آبیاری مصرفی براساس نیاز آبی انار تا میزان ۳۰ درصد، اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه و برخی ویژگی‌های انار نداشته است و از طرفی، مصرف عصاره جلبک دریایی در تیمار ۱۰۰ درصد و ۷۰ درصد براساس نیاز آبی در هر دو سال آزمایش، توانسته، عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی از جمله درصد آب میوه و درصد مواد جامد محلول و غلظت عناصر غذایی برگ انار را نسبت به شاهد بهبود دهد. لذا، پیشنهاد می‌گردد به منظور کاهش میزان مصرف آب توصیه شده براساس مدل SWAT و کتاب نیاز آبی مؤسسه تحقیقات خاک و آب از یک سو، و برخورداری از عملکرد مناسب همراه با بهبود نسبی کیفیت میوه، از سوی دیگر، مصرف محرک زیستی عصاره جلبک دریایی به همراه مصرف ۷۰ درصد آب براساس نیاز آبی انار در طول دوره رشد و باردهی درخت با استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار بابلر در شرایط جعفر آباد قم مدنظر قرار گیرد.

درصد نیاز آبی محاسبه شده به ترتیب با میانگین‌های ۰/۱۰۵ و ۰/۵۹ درصد ماده خشک گیاهی به‌دست آمد (جدول ۴). بالاترین غلظت فسفر و پتاسیم به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۱۶ و ۰/۶۸ درصد ماده خشک در تیمار مصرف خاکی اسید هیومیک و شاهد حاصل شد (جدول ۵). بالاترین غلظت فسفر و پتاسیم برگ در بررسی دو سالانه آزمایش به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف اسید هیومیک در سطح آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده در سال دوم (با میانگین ۰/۲۹ درصد ماده خشک) و تیمار مصرف قارچ میکوریزا در تیمار ۷۰ نیاز آبی محاسبه شده در سال دوم (با میانگین ۰/۹۱ درصد ماده خشک) آزمایش بود (جدول ۷). نشان داده شده که مواد هیومیکی به‌عنوان یک محرک زیستی، جذب عناصر غذایی توسط ریشه را بهبود بخشیده و با توجه به ویژگی پلی‌انیونی آنها (دارای چندین نقطه با بار منفی)، باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌شوند (Ruzzi and Aroca, 2015). نتایج سال اول آزمایش در همین راستا بوده است. از سوی دیگر نتایج پروین و همکاران (۱۳۹۶) و ضیائی‌ان و همکاران (۱۳۹۷) نیز نشان داده مصرف قارچ میکوریزا به افزایش غلظت عناصر غذایی در برگ انار می‌انجامد که با نتایج تحقیق حاضر هم‌راستا است. بالاترین غلظت روی و منگنز در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده به‌دست آمد درحالی‌که در خصوص مس و آهن، بالاترین غلظت در تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده بود (جدول ۴). اثر محرک‌های رشد بر غلظت عناصر کم‌مصرف متفاوت بود به‌گونه‌ای که محلول‌پاشی اسیدآمینه و یا عصاره جلبک، باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی برگ شد درحالی‌که در مورد منگنز، تیمار ترکیبی، در خصوص مس، عدم مصرف محرک رشد (شاهد) و در آهن، مصرف خاکی اسید هیومیک و یا تیمار ترکیبی بالاترین مقادیر را داشتند (جدول ۵).

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، ر.، حاتمی، ف.، محمدنیا افروزی، ش.، طاقانی، ر.ع.، یاری، ش. و کلانتری، م. الف. (۱۴۰۰) آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹. جلد سوم. محصولات باغی. وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

امامی، ع. (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی شماره ۱۸۲، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

- راد، م. ه.، اصغری، م. ر.، عصاره، م. ح. (۱۳۹۴) اثر تنش خشکی بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه انار (*Punica granatum L.*) رقم رباب نیریز در شرایط اقلیمی خشک. مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۱: ۱-۱۶.
- پروین، م.، ضیائی، ع.، دستفال، م. و قربانی، م. ص. (۱۳۹۶) برهمکنش مایکوریزا، کودآلی و پتاسیم بر عملکرد و ترکیب شیمیایی برگ انار (*Punica granatum L.*). تحقیقات کاربردی خاک ۵: ۹۳-۱۰۴.
- داورپناه، س.، تهرانی‌فر، ع.، داوری‌نژاد، غ. م.، آبادیا، خ. و خراسانی، ر. (۱۳۹۷) اثر اسید هیومیک روی برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی انار رقم اردستانی. فنآوری تولیدات گیاهی ۱۸: ۶۹-۸۱.
- زمانی، ذ. (۱۳۶۹) بررسی مهمترین خصوصیات و مشخصات انارهای ساوه و مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم باغبانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- شهبازی، ک.، داوودی، م. ح. و فیض‌اله‌زاده اردبیلی، م. (۱۳۷۹) روش‌های تجزیه کود. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج. ایران.
- ضیائی، ع.، قربانی، م. ص. و رجالی، ف. (۱۳۹۷) اثرات کاربرد مایکوریزا، پلت مرغی و محلول‌پاشی کلسیم بر عملکرد میوه و مقدار عناصر غذایی در برگ‌های انار (*Punica granatum L.*). نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۳۲/۳: ۳۳۱-۳۴۱.
- علیزاده، ا.، مجیدی، ا. و نورمحمدی، ق. (۱۳۸۷) تأثیر تنش خشکی و میزان نیتروژن خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت رقم ۷۰۴. مجله پژوهش در علوم کشاورزی ۴: ۵۹-۵۱.
- کریمی، م. (۱۳۶۶) آب و هوای منطقه مرکزی ایران. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان.
- مرادشاهی، ع.، صالحی اسکندری، ب. و خلدبرین، ب. (۱۳۸۳) برخی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی کلزا (*Brassica napus L.*) به تنش کمبود آب در شرایط آزمایشگاهی. مجله علم و صنعت ایران ۲۸: ۴۳-۵۰.
- ملکوتی، م. ج.، مشیری، ف.، غیبی، م. ن. و مولوی، س. (۱۳۸۴) حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی (بخش دوم محصولات باغی). نشریه فنی ۴۰۶. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. تهران. ایران.
- Aremu, A., Stirik, A., Kulkarni, M., Tarkowska, D., Tureckova, V. Gruz, J. (2015) Evidence of phytohormones and phenolic acids variability in garden-waste-derived vermicompost leachate, a well-known plant growth stimulant. *Plant Growth Regulators* 75: 483-492.
- Aroca, R., Porcel, R. and Ruiz-lozano, J. M. (2007) How does arbuscular mycorrhizal symbiosis regulate root hydraulic properties and plasma membrane aquaporins in *Phaseolus vulgaris* under drought, cold or salinity stresses? *New Phytologist* 173: 808-816.
- Avis, T. J., Gravel, V., Antoun, H. and Tweddell, R. J. (2008) Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1733-1740.
- Bajji, M., Lutts, S. and Kient, J. M. (2001) Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum*) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science* 160: 669-681.
- Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P. and Prithviraj, B. (2015) Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 30: 39-48.
- Bompadre, M. J., Silvani, V. A., Bidondo, L. F., de Molina, M. D. C. R., Colombo, R. P., Pardo, A. G. and Godeasa, A. M. (2014) Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate oxidative stress in pomegranate plants growing under different irrigation conditions. *Botany* 92: 187-193.
- Bradacova, K., Weber, N. F., Morad-Talab, N., Asim, M., Imran, M. and Weinmann, M. (2016) Micronutrients (Zn/Mn), seaweed extracts, and plant growth-promoting bacteria as cold-stress protectants in maize. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 3: 19.
- Brown, P. and Saa, S. (2015) Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science* 6: 1-3.
- Calvo, P., Nelson, L. and Klopper, J. W. (2014) Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 383: 3-41.
- Cheruth, A. J., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi Somasundaram, H. and Panneerselvam, R. (2009) Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*. ISSN Print: 1560 8530; ISSN Online: 1814-9596.
- Craigie, J. S. (2011) Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology* 23: 371-393.

- Cuin, T. A. and Shabala, S. (2005) Exogenously supplied compatible solutes rapidly ameliorate NaCl-induced potassium efflux from barley roots. *Plant Cell Physiology* 46: 1924-1933.
- Diop, T. A., Krasova-wade, T., Diallo, A., Diouf, M. and Gueye, M. (2003) Solanum cultivar responses to arbuscular mycorrhizal fungi: Growth and mineral status. *African Journal of Biotechnology* 2: 429-433.
- Du Jardin, P. (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196: 3-14.
- El-Kar, C., Ferchichi, A., Attia, F. and Bouajila, J. (2011) Pomegranate (*Punica granatum*) juices: Chemical composition, micronutrient cations, and antioxidant capacity. *Journal of Food Science* 76: 795-800.
- Fan, D., Hodges, A. T. and CritchleyPrithiviraj, B. (2013) A commercial extract of Brown Macroagla (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 44: 1873-1884.
- Fendina, I. S., Tsonev, T. and Guleva, E. L. (1993) The effect of pretreatment with praline on the responses of (*Pisum sativum* L.) to salt stress. *Photosynthetica* 29: 521-527.
- Garcia-Tejero, I., Jimenez-Bocanegra, J. A., Martinez, G., Romero, R., Duran- Zuazo, V. H. and Muriel-Fernandez, J. (2010) Positive impact of regulated deficit irrigation on yield and fruit quality in a commercial citrus orchard (*Citrus sinensis* L.) Osbeck, cv. Salustiano. *Agricultural Water Management* 97: 614-622.
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., Burlingame, B., Dawkins, M., Dolan, L., Fraser, D., Herrero, M., Hoffmann, I., Smith, P., Thornton, P. K., Toulmin, C., Vermeulen, S. J. and Godfray, H. C. J. (2013) Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies. *Science* 341: 33-34.
- Gil, M. I., Sanchez, R., Marin, J. G. and Artes, F. (1996) Quality changes in pomegranates during ripening and cold storage. *European Food Research and Technology* 202: 481-485.
- Jindo, K., Martim, S. A., Navarro, E. C., Aguiar, N. O. and Canellas, L. P. (2012) Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic wastes. *Plant and Soil* 353: 209-220.
- Khattab, M. M., Shaban, A. E., El-Shreif, A. A. and El-Souda, A. S. (2010) Effect of irrigation levels on growth and fruiting of Manfalouty pomegranate trees. *Faculty of Agriculture of Cairo University* 61: 8-16.
- Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R. I., Ma, B. L. and Smith, D. L. (2000) Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. *Mycorrhizae* 9: 331-336.
- Lopez, G., Larrigaudiere, C., Girona, J., Behboudian, M. H. and Marsal, J. (2011) Fruit thinning in 'Conference' pear grown under deficit irrigation: Implications for fruit quality at harvest and after cold storage. *Scientia Horticulturae* 129: 64-70.
- Mancuso, S., Azzarello, E., Mugnai, S. and Briand, X. (2006) Marine bioactive substances (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitis vinifera* plants. *Advances in Horticultural Science* 20: 156-161.
- Miguel, M. G., Neves, M. A. and Antunes, M. D. (2010) Pomegranate (*Punica granatum* L.): A medicinal plant with myriad biological properties - A short review. *Journal of Medicinal Plants Research* 4: 2836-2847.
- Mellisho, C. D., Egea, I., Galindo, A., Rodriguez, P., Rodriguez, J., Conejero, W., Romojaro, F. and Torrecillas, A. (2012) Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management* 114: 30-36.
- Mpelasoka, B. S., Behboudian, M. H., Dixon, J., Neal, S. M. and Caspari, H. W. (2000) Improvement of fruit quality and storage potential of 'Braeburn' apple through deficit irrigation. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75: 615-621.
- Nanjo, T., Kobayashi, M., Yoshida, Y., Sanada, Y., Wada, K. and Tsukaya, H. (1999) Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal* 18: 185-193.
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J. and Williams, J. (2011) Soil and water assessment tool: Theoretical documentation, version 2009, Texas Water Resource Institute, USA.
- Palou, L., Intrigliolo, D. S., Nortes, P. S., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., Bartual, J. and Perez-Gago, M. B. (2013) Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. Mollar de Elche at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management* 125: 61-70.
- Park, E. J., Jeknic, Z. and Chen, T. H. H. (2006) Exogenous application of glycinebetaine increases chilling tolerance in tomato plants. *Plant Cell Physiology* 47: 706-714.
- Perez-Pastor, A., Ruiz-Sanchez, M. C., Martinez, J. A., Nortes, P. A., Artes, F. and Domingo, R. (2007) Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 2409-2415.
- Rodriguez, P., Mellisho, C. D., Conejero, W., Cruz, Z. N., Ortuno, M. F., Galindo, A. and Torrecillas, A. (2012) Plant water relations of leaves of pomegranate trees under different irrigation conditions. *Environment* 77: 19-24.
- Ruzzi, M. and Aroca, R. (2015) Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 124-134.
- SAS Institute (2009) SAS/STAT user's guide. Version 9. SAS Institute. Cary, NC.

- Soil Survey Staff. (2014) Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC. USA.
- Szabados, L. and Savoure, A. (2010) Proline: A multifunctional amino acid. Trends in Plant Science 15: 89-97.
- Xoconostle-Cazares, B., Ramirez-Ortega, F. A., Flores-Elenes, L. and Ruiz-Medrano, R. (2010) Drought tolerance in crop plants. American Journal of Plant Physiology 5: 241-256.

The effects of some plant growth biostimulants on the yield and nutrient concentration of pomegranate leaves (*Punica granatum* L.) cultivar Ghoghagh, under low irrigation conditions

Mohammad Reza Naeini¹ and Mohammad Hadi Mirzapour^{2*}

¹ Assistant Professor, Physiology and fruit breeding, Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

² Assistant Professor, Soil chemistry and fertility and plant nutrition, Horticulture Crops Research Department, Qom Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO)

(Received: 18/10/2022, Accepted: 03/12/2022)

Abstract

In order to investigate the effects of using some growth biostimulants in low irrigation in pomegranate (Ghoghagh cultivar), a two-year experiment, from March 2018, in a split plots design and in randomized complete blocks array, was carried out in Qom. The main plots included irrigation based on the irrigation SWAT model and 70 percent of it. The sub-plots were 1-control (based on soil test), 2-treatment 1+ foliar application of amino acid in concentration of 5 gram.lit⁻¹, 3-treatment 1+ soil-use of humic acid, 4-treatment 1+ foliar application of folvic acid in concentration of 5 gram.lit⁻¹ 5- treatment 1+ foliar application of seaweed extract in concentration of 5 gram.lit⁻¹ 6- consumption of Mycorrhiza in the form of hole-layed and 7- combination of treatments 2, 3, 5 and 6. The results of the experiment showed that the effects of irrigation treatment on the characteristics such as number of fruits per tree, acidity of fruit juice and all nutrients, except nitrogen, were significant. Also, the effects of growth biostimulants on all the studied characteristics such as yield and number of fruits per tree, acidity of fruit juice, percentage of soluble solids and concentration of all macro and micro elements were significant. The highest fruit yield.tree⁻¹, hectare⁻¹ and the number of fruits.tree⁻¹ were obtained using seaweed and 70% irrigation in the first year of the experiment with 29.2 kg and 29200 kg.ha⁻¹ and 96.66, respectively. In total, the results showed that reducing the amount of irrigation water calculated based on the water requirement of pomegranate up to 30%, did not have a significant effect on fruit yield and some characteristics of pomegranate. The consumption of biostimulants influenced the yield and some characteristics of pomegranate.

Keywords: Algae extract, Amino acid, Folvic acid, Humic acid, Mycorrhiza

Corresponding author, Email: mhmirzap@yahoo.com