فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۲، شماره ۵۴، خرداد و تیرماه ۱۴۰۲ صفحه: ۱۵۳-۱۶۹

مقاله پژوهشی

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

محمدرضا نائینی[1] و محمدهادی میرزاپور[2]*

[1] 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

[2] 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 به‌صورت کرت‌های یک‌بارخرد 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+ محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت ۵ گرم در لیتر در دو مرحله، ۳- تیمار۱+ مصرف سرک اسید هیومیک، ۴- تیمار۱+ محلول‌پاشی اسید فولیک با غلظت ۵ گرم در لیتر، ۵- تیمار ۱ + محلول‌پاشی عصاره جلبک‌دریایی با غلظت ۵ گرم در لیتر، ۶- مصرف مایکوریزا به‌صورت چالکود و ۷- مصرف توأمان تیمارهای ۲، ۳، ۵ و ۶ بود. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر ویژگی تعداد میوه در هر درخت، اسیدیته آب میوه و کلیه عناصرغذایی بجز نیتروژن معنی‌دار 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 پرمصرف و کم مصرف معنی‌دار 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 به‌دست آمد. در مجموع، نتایج نشان داد کاهش مقدار آب آبیاری محاسبه شده براساس نیاز آبی انار تا میزان ۳۰ درصد، اثر معنی‌داری بر عملکرد میوه و برخی ویژگی‌های انار نداشته است. مصرف محرک‌های زیستی، عملکرد و برخی ویژگی‌های انار را زیر تأثیر قرار داد.

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

مقدمه

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

---

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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 گلابی (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 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 – شیمیاییِ اسیدآمینه، 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^+-ATP$_{ases}$ غشای پلاسمایی را تحریک می‌کند (Jindo *et al.*, 2012) که به سُست 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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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 اسیدآمینه 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). گلایسین بتائین، یکی دیگر از اُسمولیت‌ها است که متناسب با تنش‌های غیرزنده از جمله خشکی، شوری، سرمایی و تنش اکسیداتیو به میزان قابل‌توجهی در گیاه، تجمع می‌یابد. برگ‌پاشی گلایسین بتائین در حین تنش یخبندان، به‌دلیل جذب سریع آن توسط برگ‌ها و بافت‌های مریستمی، اثر محافظتی قابل‌توجهی در گیاه داشته است (Park *et al.*, 2006). اثرهای مثبت ناشی از کاربرد L- پرولین و گلایسین بتائین، به ویژگیِ 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 رشدونمو 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 ضداکسیداتیو و مهار گونه‌های اکسیژن فعال)، باعث رشد بیشتر گیاه شد (Bradacova *et al.*, 2016). در گیاه انگور (*Vitis vinifera* L.) زیر تنش خشکی، محلول‌پاشی (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 توأمان ۵۰۰ گرم مایکوریزا به‌همراه ۲۰ کیلوگرم کوددامی و ۵۰۰ گرم پتاسیم، باعث افزایش معنی‌دار وزن میوه، وزن دانه وکاهش 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 میلی-متر، 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 قجاق با فاصله سه در چهار متر اجرا شد. درختان به وسیله

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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
		دسی‌زیمنس بر متر	درصد			میلی‌گرم در کیلوگرم						
۰-۳۰	۷/۶	۱/۸۲	۲۳	۱۱	۰/۸۳	۹	۴۶۰	۴/۱	۱/۱	۳/۴	۰/۴۴	SL
۳۰-۶۰	۷/۷	۱/۹	۲۲	۱۰	۰/۳۷	۱۴	۴۱۰	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
	دسی‌زیمنس بر متر		میلی‌اکی‌والان در لیتر						
	۱/۲	۷/۴	۳/۲	۰	۱/۳	۶/۲	۵/۱	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 فسفری بارور۲ + 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 در صد 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- تیماراول + 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 بسته شدن میوه و دیگری، با فاصله یک

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

ماه بعد از محلول‌پاشی اول)، ۵- تیماراول + 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.*) به‌صورت چالکود به میزان یک کیلوگرم برای هر درخت و ۷- مصرف توأمان تیمارهای ۲، ۳، 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 رفرکتومتر (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 تیتر 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):

× وزن اکی‌والان اسید غالب)= درصد اسیدیته قابل تیتراسیون
۱۰۰×(وزن نمونه تیترشده×۱۰۰۰)/ (سود مصرفی×نرمالیته سود
۶۴= وزن اکی والان اسید سیتریک

اسیدآمینه مصرفی در این آزمایش، حاصل تخمیر پودرکنجاله سویا در دستگاه فرمانتور و متأثر از آنزیم‌های شکننده پروتئین است. اسیدآمینه 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 Seaplant)، این جلبک‌ها را برداشت و با روش‌های شیمیایی عصاره‌گیری می‌کند. سپس این عصاره، خشک و تجاری می‌شود. ماده اولیه اسید فولیک و اسید هیومیک، از معادن لئوناردیت استخراج می‌گردد. برای استحصال اسید فولیک، عصاره اسیدهای هیومیک و فولویک را اسیدی تا هیومیک رسوب کند و مایع رویی را برداشت می‌کنند. اسید فولیک و اسید هیومیک، محصول شرکت بلک ارت کانادا (Black earth) بود. کود مایکوریزای مورد استفاده در پژوهش، با جمعیت ۱۰۰ اندام فعال قارچ از مجموع سه گونه *Glomus mosseae*، *Glomus inttraradices* و *Glomus etunicatum* در ترکیب نهایی از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد.

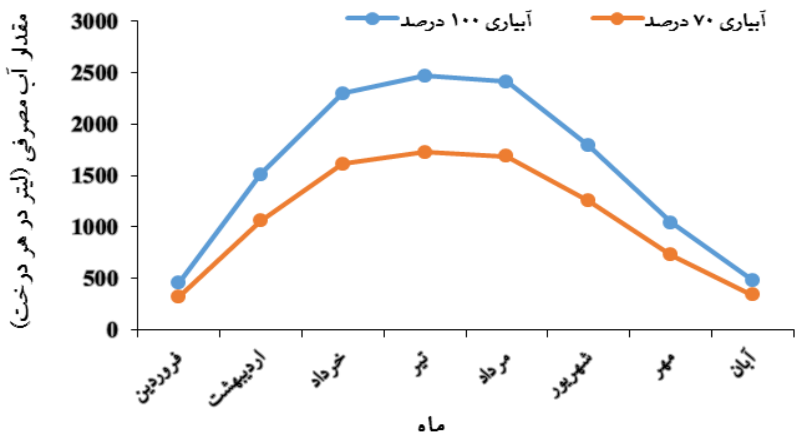
برای اطمینان از غلظت ترکیبات محرک‌های زیستی استفاده شده، این مواد مجدداً در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب مورد تجزیه و بررسی قرار گرفتند (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۷). بر این اساس، نمونه اسید هیومیک استفاده شده دارای ۵۲/۹۵ درصد اسید هیومیک، اسیدآمینه حاوی ۳۶/۷۹ درصد اسیدآمینه آزاد، اسید فولیک استفاده شده 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 به‌صورت 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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]



شکل ۱- مقدار آب مصرف‌شده (تبخیر و تعرق) توسط انار (رقم قجاق) 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 قجاق) 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 آب‌میوه
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
تیمارآبیاری	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
تیمارمحرک 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
ضریب 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**

(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.

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

ادامهٔ 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
تیمارآبیاری	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
تیمارمحرک 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	۰/۰۰۰۶	۰/۳۸	۰/۸۱	۰/۱۱	۴/۳
ضریب تغییرات		۲/۶	۳/۵	۴/۱	۳/۱	۲/۲	۳/۳	۲/۰۱

**** و * به ترتیب معنی‌دار 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 آب میوه
	کیلوگرم در درخت	کیلوگرم در هکتار		گرم	درصد		
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
	درصد ماده خشک			میلی‌گرم 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}

به‌صورت معنی‌داری بالاتر از تیمار آبیاری ۷۰ درصد بوده درحالی‌که در تیمار آبیاری۷۰ درصد، اسیدیته آب میوه و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، مس و آهن به شکل معنی‌دار، بیشتر از تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بود. همچنین، بین تیمارهای ۷۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری در خصوص عملکرد میوه در درخت و در هکتار، درصد مواد جامد محلول و غلظت نیتروژن برگ، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن مشاهده نشد (جدول ۴).

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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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 مایکوریزا (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 داشته است. این نتایج، نشان داد که سازگاری انار به تنش‌های ملایم خشکی بالاست (Rodriguez *et al.*, 2012).

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 محاسبه‌شده، 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 عناصرغذایی 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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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 هکتار	تعداد میوه در درخت	وزن میوه	شاخص بریکس	آب میوه	pH آب میوه	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	روی	منگنز	مس	آهن
	کیلوگرم در درخت	کیلوگرم در هکتار		گرم	درصد			درصد ماده خشک			میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک			
۱	۱۸/۲۵^{d}	۱۸۲۵۷^{d}	۶۲/۴^{b}	۲۹۲^{ab}	۱۶^{ab}	۴۳/۱^{d}	۰/۸^{b}	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}	۶۹/۸^{b}	۲۹۷/۴^{a}	۱۵/۸۷^{abc}	۴۴/۷^{c}	۰/۷۲^{b}	۱/۶۳^{e}	۰/۰۵^{f}	۰/۵^{d}	۲۳/۵^{a}	۳۸/۳^{d}	۷/۹^{f}	۹۴/۹^{c}
۳	۱۸/۶۹^{cd}	۱۸۶۸۷^{cd}	۶۳/۸^{b}	۲۹۲/۵^{ab}	۱۵/۵^{bc}	۴۴/۸^{c}	۰/۷۳^{b}	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}	۶۲/۷^{b}	۲۸۹/۱^{b}	۱۵/۴^{bc}	۴۵/۳^{b}	۱/۰۴^{a}	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}	۷۹/۰۸^{a}	۲۹۴/۵^{ab}	۱۵/۲^{c}	۴۴/۷^{c}	۰/۷۷^{b}	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}	۷۷/۵^{a}	۲۹۴/۵^{ab}	۱۵/۷^{bc}	۴۵/۴^{b}	۱/۰۷^{a}	۱/۷۵^{c}	۰/۱۰^{c}	۰/۶۱^{b}	۲۲/۷^{b}	۳۵/۲^{e}	۹/۶^{d}	۸۴/۱^{d}
۷	۲۳/۱۵^{ab}	۲۳۱۵۰^{ab}	۷۸/۷^{a}	۲۹۳/۳^{ab}	۱۶/۳^{a}	۴۷/۱^{a}	۱^{a}	۲/۳۶^{a}	۰/۰۹^{d}	۰/۵۷^{c}	۲۰/۶^{d}	۵۰^{a}	۱۲/۵^{b}	۱۱۸/۲^{a}

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

۹۶/۶۶ عدد میوه در درخت با مصرف عصاره جلبک دریایی و در تیمار ۷۰ درصد آب آبیاری در سال اول آزمایش به‌دست آمد که با تیمار مصرف قارچ مایکوریزا اختلاف معنی‌داری 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 اسیدآمینه 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 معنی‌داری 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 اسیدآمینه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری در سال اول و دوم آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). پایین‌ترین میزان درصد مواد جامد محلول مربوط به تیمارهای مصرف عصاره 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) به‌دست آمد. همچنین، پایین‌ترین آن، مربوط به تیمارهای مصرف اسیدآمینه در سطح ۱۰۰ درصد آب آبیاری در سال اول و دوم آزمایش (با میانگین ۰/۶۶ درصد) به‌دست 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 به‌دست 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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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 در درخت (کیلوگرم)	عملکرد میوه در هکتار (کیلوگرم)	تعداد میوه در درخت	وزن میوه	شاخص بریکس	آب میوه	اسیدیته آب میوه
						گرم	درصد		
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- محلول‌پاشی اسیدآمینه ۳- مصرف خاکی اسید هیومیک ۴- محلول‌پاشی اسید فولویک ۵- محلول‌پاشی عصاره جلبک ۶- مصرف چالکود مصرف مایکوریزا ۷- تیمار ترکیبی (مصرف توأمان تیمارهای ۲، ۳، ۵ و ۶). در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

عصاره‌ها غلظت مولکول‌های مرتبط با تنش مانند سیتوکینین، پرولین، آنتی اکسیدانت‌ها 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، هم‌راستاست. 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 مایکوریزا 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 ریسه‌های قارچ بیان شده است (Diope *et al.*, 2003). به‌علاوه، رابطه همزیستی بین قارچ مایکوریزا 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 مایکوریز و انتقال آنها به گیاه میزبان نسبت می‌دهند (Liu *et al.*, 2000).

غلظت عناصر غذایی برگ: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد اثر تیمار آبیاری بر غلظت عناصر پُرمصرف (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

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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 حشک			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}	۱۱/۷۶g^{h}	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}
	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}
	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- محلول‌پاشی اسیدآمینه ۳- مصرف خاکی اسید هیومیک ۴- محلول‌پاشی اسید فولویک ۵- محلول‌پاشی عصاره جلبک ۶- مصرف چالکود مصرف مایکوریزا ۷- تیمار ترکیبی (مصرف توأمان تیمارهای ۲، ۳، ۵ و ۶). در هر ستون، مقادیر با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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 ساالنه آزمایش به‌ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف اسید هیومیک در سطح آبیاری۷۰ درصد نیاز آبی محاسبه شده در سال دوم (با میانگین ۰/۲۹ درصد ماده خشک) و تیمار مصرف قارچ مایکوریزا 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 پلی‌آنیونی 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 مایکوریزا به افزایش غلظت عناصر غذایی در برگ انار می‌انجامد که با نتایج تحقیق حاضر هم راستاست.

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).

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 ۱۰۰درصد 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.

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.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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: ۱۶–۱.

پروین، م.، ضیائیان، 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: ۱۰۴–۹۳.

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: ۸۱–۶۹.

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.

ضیائیان، 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) ۳/۳۲: ۳۴۱–۳۳۱.

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: ۵۰–۴۳.

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., Stirk, 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 Prithiviraj, 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 Kloepper, 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: Areview on morphological characteristicsand 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.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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.

Diope, 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., Yoshiba, 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.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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.

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

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

Mohammad Reza Naeini[1] 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)

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.10.0]

Abstract

In order to investigate the effects of using some growth biostimulants in low irrigation in pomegranate (Ghojagh 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 were1-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- treatment1+ 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