

اثر اسید هیومیک، ورمی کمپوست و محلول پاشی روی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی انار رقم خزر بردسکن

رضا پوزشی^۱، رضا خراسانی^{۲*}، غلامحسین حق‌نیا^۳، حمیدرضا ذبیحی^۴، علیرضا آستارایی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴)

چکیده

با توجه به سطح زیر کشت زیاد انار در کشور، توجه بیش‌تر به تغذیه این گیاه برای افزایش کمی و کیفی این میوه، ضروری می‌باشد. مدیریت تغذیه یکی از مهمترین عوامل مؤثر در تعیین عملکرد و کیفیت میوه می‌باشد که مطالعات اندکی در ارتباط با مدیریت اجرایی بهینه در زمینه تغذیه درختان انار انجام شده است. از این‌رو، پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های کمی و کیفی انار رقم خزر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از ورمی کمپوست در سه سطح صفر، ۱۲/۵ و ۱۸/۷۵ (V₁, V₂, V₃) کیلوگرم در هر درخت و اسید هیومیک در دو سطح صفر و پنج (H₁, H₂) گرم در هر درخت به صورت مصرف خاکی و کلات روی در دو سطح صفر و پنج (Zn₁, Zn₂) در هزار به صورت محلول پاشی بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل عملکرد، طول و قطر میوه، ویژگی‌های کیفی آب میوه شامل فنل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، اسیدیته قابل تیتراسیون، درصد مواد جامد محلول بودند. هم‌چنین، غلظت برخی عناصر غذایی در برگ نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی تعیین شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که اثرات تیمارهای اعمال شده بر بیش‌تر صفات مورد مطالعه معنادار بودند. بیش‌ترین میزان عملکرد معادل ۲۹/۰۹ کیلوگرم در هر درخت، بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به میزان ۳۹/۷۹ درصد و فنل کل آب میوه حدود ۸۶۳/۱۲ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم آب میوه از تیمار ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست، پنج گرم هیومیک اسید در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی (V₂H₂Zn₂) مشاهده شد. هم‌چنین در این تیمار غلظت نیتروژن، پتاسیم و روی به‌طور معناداری افزایش یافت و بیش‌ترین غلظت این عناصر در برگ حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد می‌توان آن را به عنوان تیمار برتر پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: انار، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، غلظت روی، ورمی کمپوست

پوزشی ر.، خراسانی ر.، حق‌نیا غ. ح.، ذبیحی ح. ر.، آستارایی ع. ر. ۱۳۹۹. اثر اسید هیومیک، ورمی کمپوست و محلول پاشی روی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی انار رقم خزر بردسکن. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۸، شماره ۲. صفحه: ۵۳-۶۹.

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (مکاتبه کننده)

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۵- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

* پست الکترونیک: khorasani@um.ac.ir

مقدمه

انار (*Punica granatum L.*) متعلق به خانواده *Punicaceae* است که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان همانند آسیا، شمال آفریقا و نواحی مدیترانه‌ای کشت می‌شود (Sarkhosh *et al.*, 2006). بر اساس آخرین آمار موجود وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۶ (Ahmadi *et al.*, 2018) در بین کشورهای تولید کننده انار، ایران بیشترین حجم صادرات دنیا و میزان تولید با مقادیر ۷۱۴۵۴۰/۵ تن در سال با سطح زیر کشت حدود ۹۰۹۵۸/۲ هکتار را به خود اختصاص داده است (Ramezani *et al.*, 2009). در بخش خوراکی میوه انار (آریل) ترکیبات مختلفی نظیر قند، اسید آلی، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین، آمینو اسید، پروتئین، آسکوربیک اسید و مواد معدنی وجود دارد (Kulkarni & Aradhy, 2005). همچنین انار منبع غنی از آنتی‌اکسیدان می‌باشد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن به ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها (ترکیبات زیست فعال) نسبت داده می‌شود (Zaouay *et al.*, 2012). به دلیل نقش مؤثر انار در سلامتی انسان، در سال‌های اخیر این میوه محبوبیت زیادی پیدا کرد و تولید جهانی آن نیز رو به افزایش است (Anaraki *et al.*, 2016)؛ به طوری که حمید و همکاران (Hmid *et al.*, 2013) بیان داشته‌اند خاصیت آنتی‌اکسیدانی زیاد انار از بروز سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی جلوگیری کرده و اثرهای ضد باکتریایی نیز دارد.

با توجه به شرایط خاص تولید این محصول می‌توان فعالیت‌های گسترده‌ای برای حضور در تولید انار سالم در جهان داشت. اما در این خصوص مدیریت صحیح تغذیه درختان در بهبود کمیت و کیفیت میوه انار بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Anari Anaraki *et al.*, 2016). لذا انتخاب صحیح منبع کود و تنظیم مقدار مصرف کاربرد بهینه آن و همچنین رفع کمبود عناصر کم مصرف می‌تواند به افزایش عملکرد منجر گردد. در این راستا، استفاده از ورمی کمپوست منجر به بهبود بخشی کیفیت خاک و وضعیت تغذیه‌ای گیاهان شده که نتیجه آن افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد (Gholami *et al.*, 2018).

اسید هیومیک نیز یک ترکیب آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره بوجود

می‌آید و برای افزایش تولید محصول و کیفیت آن به کار گرفته می‌شود (Gholami *et al.*, 2018). کاربرد اسید هیومیک مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم را کاهش و به نوبه خود باعث کاهش آلودگی و هزینه‌ها می‌گردد (Shaaban *et al.*, 2009). مطالعات نشان می‌دهد کاربرد خاکی اسید هیومیک رشد رویشی و زایشی گوجه‌فرنگی (Salehi *et al.*, 2013) را بهبود بخشیده است. همچنین سردان و همکاران (Cerdán *et al.*, 2007) گزارش کردند که کاربرد خاکی مواد هیومیکی به همراه کلات آهن در خاک آهکی منجر به افزایش کیفیت پوست میوه درختان لیمو و افزایش میزان آهن برگ درختان از ۹۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ۱۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم شده است.

عنصر روی (Zn) یکی از عناصر ضروری کم مصرف در خاک بود که کمبود آن باعث مشکلات فراوانی در باغات میوه و در بعضی موارد منجر به مرگ درختان می‌شود. تغذیه برگ‌های برخی عناصر نظیر بور، منگنز، روی و آهن در خاک‌های آهکی کشور در مقایسه با مصرف خاکی مناسب‌تر است؛ به طوری که تحقیقات قبلی نشان داده است، محلول پاشی برگ‌های سولفات روی و منگنز می‌تواند عملکرد میوه، کیفیت و ارزش غذایی دانه‌های انار را افزایش دهد (Hasani *et al.*, 2012). از مزایای محلول پاشی میزان مصرف کم عناصر، توزیع یکنواخت مواد معدنی و پاسخ سریع به عناصر به کار برده شده می‌باشد. با کاربرد خاکی سولفات روی درصد ترکیب میوه انار، میزان مواد جامد محلول (TSS) و قندهای احیایی و ضخامت پوست میوه کاهش یافت اما عملکرد میوه و اسیدیته آب میوه در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد (Anari Anaraki *et al.*, 2016).

با توجه به اهمیت محصول انار در بین محصولات باغی، افزایش روز افزون مصرف آن به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال فراوان و ارزش تغذیه‌ای این محصول، متأسفانه مطالعات صورت گرفته در زمینه استفاده از انواع کودهای آلی نظیر ورمی کمپوست، اسید هیومیک و میزان دقیق مصرف برخی عناصر کم مصرف نظیر روی و اثرهای آن‌ها بر بهبود جذب عناصر غذایی، رشد، عملکرد، ویژگی‌های کمی و کیفی و دارویی این محصول بسیار اندک بوده و اطلاعات کافی برای تولید انار در

(1982)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی کردن مواد خنثی شونده با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (Page *et al.*, 1982)، کربن آلی با روش اکسیداسیون (Walkley & Black, 1934)، نیتروژن کل به روش کج‌دال (Bremener & Mulvaney, 1982)، فسفر به روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982)، غلظت عنصر کم مصرف کاتیونی روی به روش عصاره‌گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی و پتاسیم به وسیله عصاره‌گیری با استات آمونیوم و قرائت توسط دستگاه شعله‌سنجی تعیین شد (Pansu & Gautheyrou, 2006). براساس نتایج حاصل از آزمون خاک، عناصر غذایی مورد نیاز در حد نیاز هر درخت به صورت کانال کود در سایه‌انداز درختان در ناحیه فعالیت ریشه به صورت یکنواخت مصرف شد. ویژگی‌های آب آبیاری نیز براساس دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب (Strategic Oversight Deputy, Office of the Technical Executive, 2009) اندازه‌گیری گردیدند. لازم به ذکر است تجزیه خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست که در جدول ۳ ارائه شده است، طبق تجزیه شیمیایی خاک که در بالا عنوان شد انجام گردید. غلظت عناصر کم مصرف کاتیونی آهن، مس و منگنز نیز به روش عصاره‌گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی (Pansu & Gautheyrou, 2006) اندازه‌گیری گردید.

اختیار نمی‌باشد. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر کودهای ورمی‌کمپوست، اسید هیومیک و روی بر روی ویژگی‌های کمی و کیفی انار در منطقه بردسکن، به عنوان یکی از مراکز مهم کشت و پرورش این محصول همراه با کد صادراتی شناخته شده انار رقم خزر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ در یک باغ اطراف شهرستان بردسکن در استان خراسان رضوی، بین طول ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه و ۳۴ درجه و ۴۲ دقیقه عرض جغرافیایی روی درختان شش ساله انار رقم خزر (*Punica granatum Khazar Bardaskan cv.*) انجام شد. درختان انار با فاصله به صورت ۳×۲ متر کاشت شده بودند. برای کاهش خطاهای آزمایش درختانی که دارای قدرت رویشی یکسانی (دارای تاج و پوشش برابر) بودند برای اجرای طرح، شناسایی و انتخاب شدند. قبل از انجام آزمایش برای اطلاع دقیق‌تر از وضعیت آب و عناصر غذایی خاک، بر اساس دستورالعمل تجزیه خاک و آب (Strategic Oversight Deputy, Office of the Technical Executive, 2009) نمونه خاک مرکب از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری تهیه و برای انجام تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد (جدول ۱ و ۲). پس از هوا خشک شدن نمونه‌های خاک و عبور از الک دو میلی‌متری برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (Day, 1955)، EC و pH در نسبت ۱:۵ خاک به آب (Mc Lean,

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ انار مورد مطالعه

Table 1. Soil physical and chemical properties of the studied orchard of pomegranate

CCE	OC	Clay	Silt	Sand	TN	EC (dS m ⁻¹)	pH	P	K	Zn
		(%)				(1:5)	(1:5)	(mg kg ⁻¹)		
11.2	0.38	25.00	41.00	34.00	0.03	1.13	7.83	30.80	255.70	0.51

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری باغ انار مورد آزمایش

Table 2. Water chemical properties of the studied orchard of pomegranate

EC	TSS (mg l ⁻¹)	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SAR
(dS m ⁻¹)			(meq l ⁻¹)								
0.73	460.00	7.20	-	1.10	5.10	1.07	0.80	1.20	4.80	0.50	4.80

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست
Table 3. Chemical properties of vermicompost

OC	TN	EC (dS m ⁻¹)	pH	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
(%)			(1:5)			(mg kg ⁻¹)			
27.00	2.30	13.40	8.40	843.00	539.00	116.00	74.00	16.00	25.00

اسید کلریدریک دو نرمال اضافه شد و پس از انتقال به ظرف شیشه‌ای با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد (Chapman & Pratt, 1961). اندازه‌گیری نیتروژن به وسیله دستگاه تمام اتوماتیک کج‌دال صورت گرفت و محتوای کل نیتروژن موجود در برگ به درصد وزن خشک بیان شد. اندازه‌گیری فسفر و پتاسیم به ترتیب به روش اسپکتروفتومتر و فلیم‌فوتومتری انجام گرفت و به صورت درصد ماده خشک بیان شدند. اندازه‌گیری عنصر روی به وسیله دستگاه جذب اتمی صورت گرفت و داده‌ها بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک محاسبه شدند.

ویژگی‌های کمی میوه شامل عملکرد هر درخت، طول و قطر و همچنین ویژگی‌های کیفی شامل اسیدیته قابل تیتراسیون (TA^۱), TSS, فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل موجود در آب میوه انار اندازه‌گیری شد. محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین سیکالتو^۲ (Singleton & Rossi, 1965) اندازه‌گیری شد. به‌طور خلاصه، ۰/۵ گرم آب میوه با سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد مخلوط شده و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده ترکیب شد. پس از پنج دقیقه ۳۴۳۳ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد به آن اضافه شد و پس از ۹۰ دقیقه، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و با مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک، محتوای فنل کل ب راساس میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم آب میوه بیان شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش برند-ویلیامز و همکاران (Brand-Williams *et al.*, 1995) اندازه‌گیری شد. از عصاره متانولی تهیه شده برای اندازه‌گیری فنل کل، ۵۰۰ میکرولیتر برداشته شد و به همراه ۵۰۰ میکرولیتر آب مقطر به مدت پنج دقیقه با ۱۰ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس ۷۵ میکرولیتر از فاز رویی به

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پایه‌ریزی شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل ورمی کمپوست در سه سطح صفر (شاهد V_۱)، ۱۲/۵ کیلوگرم برای هر درخت (V_۲) و ۱۸/۷۵ کیلوگرم برای هر درخت (V_۳)، اسید هیومیک در دو سطح صفر (شاهد H_۱) و پنج گرم برای هر درخت (H_۲) و روی با غلظت صفر (شاهد Zn_۱) و پنج در هزار (Zn_۲) به صورت محلول پاشی می‌باشند. برای به حداقل رساندن خطای آزمایش هر تکرار شامل سه درخت بوده است. تیمارها به جزء روی به صورت خاکی اعمال می‌گردد که برای این منظور در سایه‌انداز درختان کانال‌هایی تا عمق ۴۰ سانتی‌متری حفر شد تا تیمارهای ورمی کمپوست و اسید هیومیک را به صورت کانال‌کود در ناحیه فعالیت ریشه اعمال نموده و پس از آن به طور منظم آبیاری باغ با دور هشت روز، انجام شد. اسید هیومیک مورد استفاده از نوع هیومکس (Humax 95 WGS) پودری حاوی ۸۰ درصد اسید هیومیک، ۱۵ درصد اسید فولویک و ۱۲ درصد پتاسیم بود. روی مورد استفاده برای محلول پاشی از نوع لیبرل روی حاوی ۱۴ درصد عنصر روی به صورت کلات EDTA بود.

تمام عملیات باغی برای همه تیمارها بر طبق تقویم سالیانه به صورت یکسان انجام شد. اجرای طرح، نمونه‌گیری و مطالعات برای یک سال در نظر گرفته شده و در طی دوره رشد، نمونه‌گیری از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته از شاخه‌های بدون بار فصل رشد جاری در چهار جهت درخت انجام شد. برگ‌ها درون پاکت‌های کاغذی سوراخ‌دار به آزمایشگاه منتقل و با آب معمولی و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. برگ‌ها در آن در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس آسیاب، پودر شده و برای تهیه عصاره آماده شدند. یک گرم از نمونه پودر شده درون کروزه قرار گرفت و در کوره در دمای ۵۰۰ تا ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت پنج تا شش ساعت حرارت داده شد. پس از سرد شدن، به خاکستر درون کروزه‌ها ۱۰ میلی‌لیتر

1. itrabile acidity
2. Folin-ciocalteu

و ۲۸/۲۷ کیلوگرم در هر درخت بدست آمد که موجب افزایش معنادار این صفت نسبت به تیمار شاهد به مقدار ۷۶/۰۹ و ۷۱/۱۳ درصد شد (جدول ۵). ورمی کمپوست به طرق مختلفی بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد. بخشی از آن به نقش فیزیکی یا شیمیایی ورمی کمپوست در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مربوط است و بخشی دیگر احتمالاً ناشی از تحریک رشد به دلیل افزایش فعالیت هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و جیبرلین می‌باشد که به میکروفلور همراه با ورمی کمپوست مربوط است و نیز به متابولیت‌هایی مربوط می‌شود که در اثر متابولیسم ثانویه تولید می‌شوند (Edwards & Burrows, 1988). نتایج امیری و فلاحی (Amiri & Leonel, 2009) بر روی سیب، لئونل و تشیو (Fallahi, 2009) بر روی انجیر و هالمن (Hallmann, 2009) بر روی گوجه فرنگی نیز نشان داد که کاربرد کود دامی به عنوان یک کود آلی سبب افزایش عملکرد شده است. اولیایی ترشیز و همکاران (Olyaie Torshiz et al., 2017) با کاربرد پنج کیلوگرم ورمی کمپوست برای هر درخت انار رقم بجستانی، گزارش نمودند که هر چند عملکرد درختان نسبت به شاهد افزایش یافته ولی این افزایش عملکرد معنادار نبود. کاربرد اسید هیومیک با تأثیر بر فعالیت پمپ‌های ATPase در پلاسما، تونوپلاست و واکوئل موجب تحریک رشد ریشه‌های جانبی (Zandonadi et al., 2007) و متعاقباً افزایش جذب عناصر، افزایش تولید گیاهان، افزایش سرعت فتوسنتز در برگ‌ها و بهبود محتوای عناصر غذایی در بخش‌های مختلف رویشی می‌گردد. ختاب و همکاران (Khattab et al., 2012) نیز با بررسی اثر اسید هیومیک بر روی درختان انار در شرایط کم آبیاری دریافتند که اسید هیومیک میانگین وزن میوه انار را در شرایط کم آبیاری افزایش داد. در مطالعه ترکمن و همکاران (Turkmen et al., 2005) با کاربرد اسید هیومیک به میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک مشخص گردید که اسید هیومیک سبب افزایش وزن خشک، میزان عناصر غذایی و عملکرد فلفل می‌شود. پوزشی و همکاران (Poozeshi et al., 2011) با بررسی اثرهای کاربرد روی، اسید هیومیک و استیک اسید در انگور اعلام کردند که عملکرد به‌طور معناداری افزایش یافت.

همراه ۲۹۲۵ میکرولیتر محلول DPPH (۲/۴ میلی‌گرم DPPH در میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد) با استفاده از دستگاه ورتکس مخلوط شد. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. پس از گذشتن ۳۰ دقیقه، دوباره جذب نمونه‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از معادله یک درصد بازاندگی آب میوه تیمارهای مختلف محاسبه شد.

$$\text{Antioxidant activity} = \left(\frac{A_{10} - A_{t30}}{A_{10}} \right) \times 100 \quad (1)$$

که در آن A_{10} جذب نمونه در زمان صفر و A_{t30} جذب نمونه پس از گذشت ۳۰ دقیقه است.

TA عصاره آب میوه در حضور pH متر (pH=۸/۱) با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد و بر حسب اسید سیتریک به صورت گرم در ۱۰۰ گرم محاسبه شد (AOAC, 1984). اندازه‌گیری درصد TSS با استفاده از رفاکتومتر دستی صورت گرفت. تجزیه آماری و مقایسه میانگین داده‌های حاصل از این آزمایش در سطح احتمال یک و پنج درصد توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد اثر اصلی سطوح مختلف ورمی کمپوست، اسید هیومیک، روی و اثر متقابل آن‌ها بر بیش‌تر صفات کمی و کیفی در سطح احتمال یک درصد معنادار می‌باشد.

عملکرد: براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) عملکرد در هر درخت تحت تأثیر اثر اصلی سطوح مختلف ورمی کمپوست، روی و اثر متقابل دوگانه فاکتورهای ورمی کمپوست، اسید هیومیک و ورمی کمپوست، روی و اسید هیومیک، روی و اثرهای متقابل سه گانه ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. بررسی اثرهای متقابل نشان می‌دهد که بیش‌ترین عملکرد میوه مربوط به تیمارهای ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی ($V_2H_2Zn_2$) و ۱۸/۷۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی ($V_3H_1Zn_2$) به ترتیب به میزان ۲۹/۰۹

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر پارامترهای اندازه‌گیری شده انار

Table 4. Variance analysis for the effects of different treatments on measured parameters of pomegranate

Source of variation	df	Yield (kg tree ⁻¹)	Fruit length	Fruit diameter	TSS (°Brix)	TA (g 100 g ⁻¹)	Antioxidant activity (%)	Total phenol (mg GAE 100 g ⁻¹)	N	P	K	Zn (mg kg ⁻¹)
			(mm)									
V	2	92.20**	102.46**	79.38**	0.35**	0.45**	36.17**	91145.28**	0.16**	0.0003*	0.02**	916.92**
H	1	0.63 ^{ns}	6.50**	0.74**	10.1**	0.10**	113.88**	151794.07**	0.56**	0.001**	0.047**	1315.27**
Zn	1	168.22**	321.00**	308.64**	0.24**	0.000 ^{ns}	91.42**	116468.11**	0.03**	0.0002 ^{ns}	0.02**	138185.67**
V*H	2	64.7**	47.96**	19.272**	2.72**	0.30**	0.12 ^{ns}	2247.71**	0.13**	0.002**	0.002**	251.20**
V*Zn	2	17.6**	91.87**	84.31**	0.8**	0.05**	1.91**	7648.10**	0.45**	0.002**	0.006**	567.57**
H*Zn	1	57.4**	109.20**	103.32**	3.49**	0.15 ^{ns}	71.05**	92125.6**	0.31**	0.007**	0.028**	46946.02**
V*H*Zn	2	6.24**	12.43**	4.54**	2.7**	0.31**	5.10**	3705.60**	0.17**	0.001**	0.04**	444.52**
Error	24	0.57	0.35	0.08	0.01	0.0002	0.068	30.73	0.002**	0.00006	0.0002	3.88
Coefficient of Variation (%)	-	4.52	4.59	8.41	7.56	6.24	9.58	3.47	3.21	3.58	5.13	4.67

** , * : are significant at P < 0.01, and 0.05, respectively, ns is non-significant.

** و * : به ترتیب معناداری در سطح یک و پنج درصد، ^{ns}: غیرمعنادار

V: ورمی کمپوست، H: اسید هیومیک، Zn: روی

جدول ۵- تأثیر کاربرد توام تیمارهای مختلف بر غلظت عناصر غذایی برگ و برخی صفات کمی و کیفی انار

Table 5. The effects of combined use of different treatments on some nutrients concentration of leaves and quantitative and qualitative parameters of pomegranate

Treatment	Yield (kg tree ⁻¹)	Fruit length	Fruit diameter	TSS (°Brix)	TA (g 100 g ⁻¹)	Antioxidant activity (%)	Total phenol (mg GAE 100 g ⁻¹)	N	P	K	Zn (mg kg ⁻¹)
		(mm)									
V ₁ H ₁ Zn ₁	16.52f	78.10j	85.00i	17.48f	0.46h	28.54i	466.85i	1.04g	0.12f	0.59c	15.16g
V ₁ H ₁ Zn ₂	20.88d	84.00g	92.40e	18.31cd	1.00c	32.28g	532.41g	1.51e	0.16c	0.53d	125.16d
V ₁ H ₂ Zn ₁	17.5ef	82.93h	87.70h	17.96e	1.37a	33.33f	574.96f	1.30f	0.17c	0.62b	18.70f
V ₁ H ₂ Zn ₂	21.32d	85.36ef	92.37e	18.60b	1.01c	34.51e	621.17e	1.81b	0.14e	0.64b	125.83cd
V ₂ H ₁ Zn ₁	18.41e	81.50i	88.07h	17.48f	0.64g	31.97g	565.86f	1.78b	0.12f	0.75a	23.033e
V ₂ H ₁ Zn ₂	22.99c	91.36b	98.73b	16.26g	0.80f	35.50bc	724.48c	1.039g	0.16c	0.55d	129.06c
V ₂ H ₂ Zn ₁	19.95d	82.40hi	89.80g	18.75b	0.80f	35.24cd	724.11c	1.76b	0.19b	0.63b	21.10ef
V ₂ H ₂ Zn ₂	29.09a	96.9a	101.27a	19.30a	0.32i	39.79a	863.12a	1.95a	0.15de	0.76a	171.13a
V ₃ H ₁ Zn ₁	26.09b	88.23 d	94.07c	17.39f	1.02c	29.42h	490.35h	1.64cd	0.22a	0.55d	20.00ef
V ₃ H ₁ Zn ₂	28.27a	89.86c	93.53d	18.53bc	0.92d	34.52e	697.53d	1.53e	0.16cd	0.53d	139.13b
V ₃ H ₂ Zn ₁	20.93d	84.53fg	90.46f	19.09a	0.87e	34.83de	703.68d	1.57de	0.21ab	0.73a	18.10fg
V ₃ H ₂ Zn ₂	22.79c	86.03e	91.93e	18.14de	1.11b	35.87b	769.64b	1.64cd	0.15cde	0.55d	169.23a

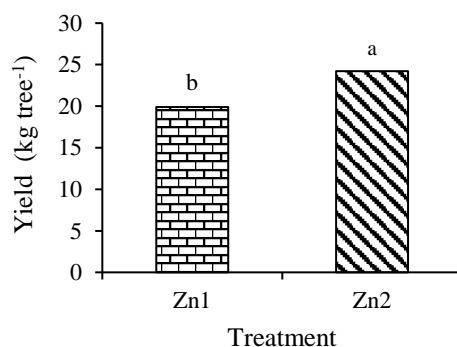
میانگین‌های با حرف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنادار (در سطح اطمینان ۵ درصد) با استفاده از آزمون دانکن نمی‌باشد. V: ورمی کمپوست، H: اسید هیومیک، Zn: روی

Means followed by the same letter in each column are not significantly different (P < 0.05) according by Duncan test

گردید که این کاهش محصول می‌تواند به دلیل کاهش سرعت معدنی شدن عناصر موجود در کود باشد. زیرا مصرف زیاد کودهای دامی، سرعت کم تجزیه و آزادسازی مواد غذایی، افزایش ناگهانی هدایت الکتریکی و ایجاد شوری را به دنبال خواهد داشت. در این راستا پروین و همکاران (Parvin *et al.*, 2017) با مطالعه برهمکنش میکوریزا، کود آلی و پتاسیم بر عملکرد و ترکیب شیمیایی برگ انار اعلام کردند بیشترین عملکرد انار (۴۴ کیلوگرم در درخت) از کاربرد توام ۵۰۰ گرم میکوریزا، ۱۰ کیلوگرم کود دامی و ۵۰۰ گرم اکسید پتاسیم به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد، ۱۲۷ درصد افزایش عملکرد نشان داد و حتی نسبت به تیمار مشابه با ۲۰ کیلوگرم کود دامی دارای عملکرد بیشتری می‌باشد. سرکانث و همکاران (Srikanth *et al.*, 2000) اعلام کردند که کاربرد ورمی کمپوست به عنوان یک کود آلی به همراه کود شیمیایی نسبت به کاربرد کود شیمیایی به تنهایی تأثیر بیشتری در افزایش هدایت الکتریکی و کربن آلی خاک دارد. ورمی کمپوست حاوی مقدار زیادی نمک است که باعث افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌شود. در تیمار $V_3H_2Zn_2$ نسبت به تیمار $V_2H_2Zn_2$ عملکرد به‌طور معناداری کاهش یافت که احتمالاً به دلیل افزایش قابلیت هدایت الکتریکی و سمیت عناصر غذایی ناشی از مصرف میزان زیاد ورمی کمپوست می‌باشد.

در بررسی اثرهای تیمار مصرف روی بر عملکرد مشاهده می‌شود که عملکرد در تیمار مصرف روی (Zn_2) به میزان ۲۴/۲۲ کیلوگرم در هر درخت دارای اختلاف معناداری با تیمار عدم مصرف (Zn_1) به میزان ۱۹/۹۰ کیلوگرم در هر درخت می‌باشد (شکل ۱). دلیل افزایش عملکرد در اثر محلول‌پاشی با روی می‌تواند به دلیل نقش روی در سنتز کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها باشد که از این طریق سبب افزایش رشد میوه می‌شود. اهمیت روی به علت نقشی است که این عنصر در تولید هورمون اکسین دارد. تولید این هورمون سبب افزایش سطح برگ و نهایتاً عملکرد میوه در هر درخت می‌شود. با مصرف روی میزان فتوسنتز افزایش یافته و در نهایت میزان مواد غذایی ساخته شده در گیاه افزایش می‌یابد و باعث افزایش عملکرد و کیفیت میوه می‌شود (Poozeshi *et al.*, 2011).

به نظر می‌رسد افزایش عملکرد در تیمار ($V_2H_2Zn_2$) بیش‌تر به دلیل اثرهای مثبت این تیمار بر جذب عناصر غذایی، افزایش فتوسنتز در نتیجه افزایش کلروفیل برگ‌ها، افزایش ساخت و ساز پروتئین‌ها (Fathy *et al.*, 2010)، افزایش تبادلات گازی و افزایش فتوسنتز و انتقال بهتر مواد فتوسنتزی (Marschner, 1995) باشد؛ همچنین در مقایسه تیمار فوق با تیمار ($V_3H_2Zn_2$) مشخص شد مصرف ۱۸/۷۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت سبب کاهش عملکرد می‌گردد. طبق گزارش آشیون و همکاران (Ashiono *et al.*, 2005) سطوح بیش‌تر کود گاوی، باعث کاهش مقدار محصول سورگوم



شکل ۱- اثر تیمارهای روی بر عملکرد انار

Figure 1. The effect of Zn treatments on yield of pomegranate

هکتار به همراه اسید هیومیک به میزان دو کیلوگرم در هکتار در آب آبیاری منجر به افزایش طول، قطر و وزن میوه می‌شود. صداقت کیش و همکاران (2011, *et al.* Sedaghat Kish) ضمن بررسی تأثیر محلول پاشی برگ‌های کودهای اوره و سولفات روی بر روی ویژگی‌های انار گزارش کردند محلول پاشی با سولفات روی با غلظت‌های ۰/۰۳ و ۰/۰۶ درصد در زمانی که سطح برگ‌های جوان، کامل شدند، به‌طور معناداری قطر میوه را افزایش دادند.

درصد اسیدیته قابل نیتراسیون و مواد جامد محلول آب میوه: TA و TSS تحت تأثیر سطوح مختلف ورمی کمپوست، اسید هیومیک و اثرهای متقابل ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی قرار گرفت و تغییرات معناداری در سطح احتمال یک درصد در آن ایجاد شد. در بررسی اثرهای متقابل بر این صفات، بیش‌ترین مقدار درصد TA (۱/۳۷ گرم بر ۱۰۰ گرم) از کاربرد پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و سطح صفر ورمی کمپوست و روی بدست آمد. کمترین میزان درصد TA (۰/۳۲ گرم بر ۱۰۰ گرم) و بیش‌ترین مواد جامد محلول (۱۹/۳ درجه بریکس) با مصرف ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی حاصل شد (جدول ۵).

نتایج نشان داد که در اثر کاربرد عناصر غذایی، میزان فتوسنتز افزایش و در نتیجه باعث تجمع مواد کربوهیدراته بیش‌تری در میوه شده که متعاقب آن سهم بیش‌تری از مواد آسمیلاته به میوه‌ها می‌رسد. مگکوس و همکاران (2003, *Magkos et al.*) گزارش کرده‌اند که میوه و محصولات باغی که به وسیله مواد آلی تغذیه شده‌اند حاوی ویتامین‌ها و مواد معدنی بیش‌تری نسبت به محصولات متداول می‌باشند. لازم به ذکر است با مصرف روی تأثیر معناداری در این صفات کیفی مشاهده نشد. در پژوهشی که بر روی زردآلو انجام شد با کاربرد اسید هیومیک میزان TSS افزایش، TA کاهش و به تبع آن شاخص طعم نیز بهبود یافت (2010, *Fathy et al.*). روگیس و همکاران (2006, *Rogiers et al.*) در تحقیقی بر روی انگور رقم پرلت نشان دادند که خصوصیات کیفی میوه (TSS/TA و TSS) تحت تأثیر سطوح مختلف کودهای شیمیایی قرار می‌گیرد. خوش قلب و همکاران (2013, *Khoshghalb et al.*) نیز با بررسی تأثیر

طول میوه: براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر اصلی مقادیر مختلف ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی بر طول میوه در سطح احتمال یک درصد معنادار می‌باشد. با مصرف کودهای ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی بر طول میوه افزوده شد. اثرهای متقابل سه فاکتور ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی بر طول میوه در هر درخت معنی دار می‌باشد؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین طول میوه به میزان ۹۶/۹ میلی‌متر با مصرف ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، ۵ گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی حاصل شده است (جدول ۵). روی در تقسیم سلولی، سنتز پروتئین، متابولیسم و تسهیل انتقال کربوهیدرات‌ها، سنتز اکسین و بزرگ شدن سلول نقش دارد. لذا با طولی شدن سلول‌ها، طول میوه نیز تحت تأثیر قرار گرفته و افزایش می‌یابد. افزون بر این وجود هورمون‌های تنظیم کننده رشد در بستر ورمی کمپوست باعث افزایش تقسیمات سلولی و بزرگ شدن گیاه می‌شود (2009, *Deh Dashti Zadeh et al.*). هم‌چنین اسید هیومیک به دلیل داشتن ترکیبات شبه هورمونی از جمله ترکیبات اکسینی، شبه اکسینی و جیبرلینی می‌تواند بر روی رشد سلول و طولی شدن آن اثر بگذارد. نتایج این تحقیق با نتایج پوزشی و همکاران (Poozeshi *et al.*, 2011) در انگور بر روی میزان طول خوشه مطابقت دارد.

قطر میوه: با مقایسه اثرهای متقابل سه گانه (جدول ۵) مشخص شد حداکثر قطر میوه به میزان ۱۰/۱۲۷ میلی‌متر از تیمار ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی بدست آمد. کمترین قطر میوه به میزان ۸۵ میلی‌متر نیز از تیمار شاهد حاصل گردید. به نظر می‌رسد که تیمارهای به کار گرفته شده با افزایش جذب عناصر غذایی و کارایی فتوسنتز (فتوسنتز خالص برگ) (2011, *Poozeshi et al.*) سبب بهبود اندازه میوه و افزایش قطر میوه گردیده‌اند؛ به‌طوری‌که محمود و حافظ (Mahmoud & Hafez, 2010) در مطالعه انجام شده بر روی سیب‌زمینی نشان دادند که استفاده از پتاسیم به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در

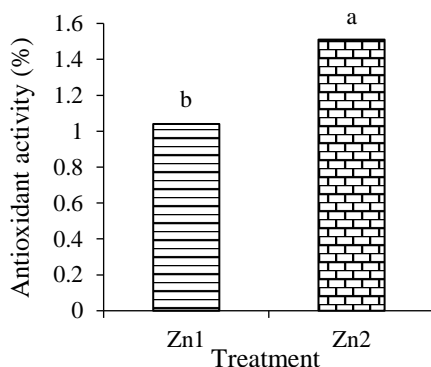
تحت تأثیر تیمار اسید هیومیک فرار نگرقت در حالی که در میوه توت‌فرنگی، کاربرد اسید هیومیک و کمپوست میزان آنتوسیانین کل را به‌طور معناداری در مقایسه با شاهد افزایش داد (Shehata *et al.*, 2011).

هم‌چنین به نظر می‌رسد وجود ترکیبات شبه هورمونی در اسید هیومیک توانسته است از تنش‌های ناخواسته محیطی بر روی میوه‌های انار بکاهد و از این طریق میزان رنگ‌گیری آریل‌ها را افزایش دهد. از دیگر سو دلیل افزایش شاخ و برگ و سایه‌اندازی بیش‌تر، دمای سطح میوه کاهش و میزان سنتز آنتوسیانین افزایش و یا تخریب آنتوسیانین کاهش یافته است. که این موارد با پژوهش‌های ناردی و همکاران (Nardi *et al.*, 2002) و اناری انارکی و همکاران (Anari Anaraki *et al.*, 2016) مطابقت دارد. علت افزایش معنادار فعالیت آنتی‌اکسیدانی در اثر مصرف روی (Zn_2) با میزان ۳۵/۴۱ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف روی (Zn_1) با میزان ۳۲/۲۲ درصد (شکل ۲) نیز می‌تواند به این دلیل باشد که فلز روی از طریق محافظت پروتئین‌ها و لیپیدهای غشایی در برابر رادیکال‌های آزاد و سایر محصولات حاصل از واکنش‌های احیایی درون سلولی باعث حفظ تمامیت غشای سلول‌ها می‌شود. علاوه بر این فلز روی همراه با مس بخش اصلی آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را به عنوان جاروب‌کننده رادیکال‌های آزاد تشکیل می‌دهد (Alloway, 2008) که این نیز می‌تواند دلیل دیگری بر افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه در اثر محلول‌پاشی روی باشد. خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالای انار اثرات ممانعت‌کنندگی از سرطان، بیماری‌های قلبی و عروقی و اثرات ضد باکتریایی دارد و با توجه به این‌که امروزه توجه زیادی به ارزش غذایی میوه‌ها می‌شود، به نظر می‌رسد که کاربرد تیمارها، می‌تواند نقش مؤثری در این زمینه ایفا نماید.

محلول‌پاشی کلسیم، روی و بور بر روی ارقام گلابی آسیایی مطرح کردند که کاربرد مخلوط سه عنصر به‌طور معناداری باعث افزایش میزان TSS (بین یک تا دو درجه بریکس) میوه شد.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه: بر اساس نتایج (جدول ۵) اثرهای متقابل تیمارهای ورمی‌کمپوست، اسید هیومیک و روی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه معنادار می‌باشد. بیش‌ترین سطح فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه به میزان ۳۹/۷۹ درصد از مصرف توام ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی‌کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول‌پاشی پنج در هزار روی حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد با میزان ۲۸/۵۴ درصد، ۴۲/۳۹ درصد افزایش نشان می‌دهد.

افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمارهای حاوی ورمی‌کمپوست در این تحقیق می‌تواند به علت شوری زیادتر این کود بوده که باعث یک تنش ضعیف شوری شده و گیاه برای مقابله با اثرهای مخرب این تنش میزان تولید موادی که باعث کاهش اثر این تنش می‌گردد را افزایش داده است. بایستی ایراد گردد که اطلاعات کمی در خصوص اثر اسید هیومیک بر میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها وجود دارد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب انار به ترکیباتی چون آسکوربیک اسید، پلی‌فنول‌ها، تانن‌های پلی‌فنولیک حاوی قند و آنتوسیانین‌ها نسبت داده شده است (Kulkarni & Aradhya, 2005; Gil *et al.*, 2000). در این پژوهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های تیمار شده با اسید هیومیک افزایش یافت که احتمالاً به دلیل وجود ترکیبات فنولی بیش‌تر در این میوه‌ها می‌باشد. زیرا همبستگی مثبت و معناداری بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی آب میوه وجود دارد. اگرچه اناری انارکی و همکاران (Anari Anaraki *et al.*, 2016) گزارش کردند میزان آنتوسیانین کل انار رقم ملس ساوه



شکل ۲- اثر تیمارهای روی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی انار

Figure 2. The effect of Zn treatments on antioxidant activity of pomegranate

کیفیت میوه و عملکرد آن را بهبود می‌بخشد که با نتایج لستر و همکاران (Lester *et al.*, 2010) همخوانی دارد. براساس گزارش تهرانی‌فر و محمودی تبار (Tehranifar & Mahmoodi Tabar, 2009) کاربرد برگ پتاسیم با غلظت‌های ۱/۵ و سه گرم بر لیتر منجر به افزایش معنادر میزان رنگدانه آنتوسیانین، ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه انار در مقایسه با گیاهان شاهد شد. میردهقان و راحمی (Mirdehghan & Rahemi, 2007) هم‌چنین گزارش کردند که پتاسیم عنصر ضروری برای انار می‌باشد و غلظت این عنصر در پوست و آریل میوه انار در مقایسه با سایر عنصرهای پر مصرف بیش‌تر است.

غلظت عناصر غذایی در برگ

نتایج تجزیه واریانس پژوهش انجام شده در خصوص غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی و در برگ انار نشان می‌دهد که اثرهای اصلی و متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارهای ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

نیتروژن: با بررسی اثرهای متقابل مشخص شد، کاربرد توام ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج گرم هزار روی سبب ایجاد بیش‌ترین غلظت نیتروژن به میزان ۱/۹۵ درصد در برگ شده که در مقایسه با سایر تیمارها تفاوت معناداری نشان می‌دهد (جدول ۵).

به نظر می‌رسد که ورمی کمپوست با اثر مطلوبی که بر رشد ریشه می‌گذارد، جذب بیش‌تر را نیز برای گیاه فراهم نموده و باعث افزایش غلظت نیتروژن می‌گردد. افزون بر این ورمی کمپوست دارای مقداری نیتروژن بوده

فنل کل آب میوه: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان می‌دهد که اثرهای اصلی و متقابل مقادیر مختلف ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی بر فنل کل آب میوه در سطح احتمال یک درصد معنادار می‌باشد به گونه‌ای که مصرف کودهای ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی بر فنل کل آب میوه افزوده است. با بررسی اثرهای متقابل فاکتورهای ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی بر این خصوصیت کیفی میوه مشخص شد بیش‌ترین میزان فنل کل آب میوه به میزان ۸۶۳/۱۲ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم آب میوه در تیمار ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج گرم هزار روی بدست آمد (جدول ۵).

در خصوص درختان و میوه‌های تیمار شده با اسید هیومیک به نظر می‌رسد به دلیل تغییرات هورمونی گیاه و افزایش فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی از جمله آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL) که آنزیم کلیدی مسیر سنتز ترکیبات فنلی است، میزان این ترکیبات را در میوه‌های تیمار شده با اسید هیومیک افزایش داده است. هم‌چنین اعمال این تیمارها سبب افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه شده و از طرف دیگر با افزایش فتوسنتز باعث افزایش ساخت و انتقال مواد معدنی درون گیاه گردیده است. از دیگر سو تیمارهای اسید هیومیک و به‌خصوص ورمی کمپوست با افزایش جذب عناصر غذایی به خصوص پتاسیم (جدول ۵) سبب افزایش فتوسنتز، انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به آوند آبکش، سرعت انتقال در آوندها و انتقال آن‌ها به میوه می‌شود که به همین دلیل

قلیایی بشکنند و فسفر را داخل محلول خاک آزاد سازد (Sepehr & Zebardast, 2013) بنابراین اسید هیومیک از یک سو با ایجاد شرایط اسیدی تمایل به سمت pH بافری، و از سمت دیگر با افزایش حجم ریشه، باعث ایجاد شرایط مناسب جذب عناصر پر مصرف مانند فسفر می‌گردد.

پتاسیم: اثرهای متقابل تیمارها (جدول ۵) بیانگر آن بود که بر هم کنش ورمی کمپوست، اسید هیومیک و روی بر غلظت پتاسیم برگ معنادار شده و بیشترین مقدار پتاسیم برگ از تیمار کاربرد ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی به میزان ۰/۷۶ درصد بدست آمد که با تیمار ۱۸/۷۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی فاقد اختلاف معناداری بود. این نتایج حاکی از آن است که تیمار ورمی کمپوست نقش مهمی در افزایش جذب پتاسیم دارد. نتایج محمدی و همکاران (2013, *et al.*, Mohammadi) نیز نشان داد کاربرد کود آلی در پسته، میزان پتاسیم را نسبت به تیمار بدون کود آلی در برگ پسته افزایش داده است. علی پور و حسینی پور (Alipour & Hosseinipour, 2006) نیز این چنین نتایجی را در ارتباط با تأثیر کود آلی و آزادسازی پتاسیم در خاک و افزایش غلظت جذب پتاسیم توسط ریشه‌های گیاه گزارش نموده‌اند. به نظر می‌رسد اسید هیومیک با افزایش سطح ریشه گیاه و پتاسیم محلول در خاک جذب پتاسیم توسط گیاه را افزایش می‌دهد. افزون بر این ورود پتاسیم را نیز از طریق افزایش نفوذپذیری غشای سلولی تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلولی می‌باشد (Giasuddin *et al.*, 2007).

روی: اثرهای متقابل تیمارها (جدول ۵) بیانگر آن می‌باشد که در تیمارهایی که در ترکیب آن‌ها روی وجود داشته است، غلظت روی در برگ نسبت به سایر تیمارها بسیار بیشتر و دارای اختلاف معناداری می‌باشد. بیشترین مقدار روی برگ مربوط به تیمار ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی

که می‌تواند در خاک تجزیه شده و مورد استفاده گیاه قرار گیرد؛ به طوری که نتایج تحقیقات رضوی نسب و همکاران (Razavi Nasab *et al.*, 2011) نشان داد افزایش کود دامی سبب افزایش غلظت نیتروژن، مس، آهن و پتاسیم اندام هوایی نهال‌های پسته شد. درزی و همکاران (Derzhi *et al.*, 2009) اعلام نمودند کاربرد پنج و ۱۰ درصد ورمی کمپوست باعث افزایش غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر در رازبانه شد که علت آن را افزایش قدرت جذب، فراهم کردن عناصر غذایی و دارا بودن ورمی کمپوست از عناصر به شکل قابل جذب بیان کردند. ضمناً اسید هیومیک رشد و نمو ریشه و به دنبال آن جذب آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهد و باعث جذب بیش‌تر عنصر نیتروژن از طریق ایجاد pH خنثی در خاک قلیایی می‌شود. پیمانی فروشانی و همکاران (Peymani Foroshani *et al.*, 2017) نیز گزارش نموده‌اند که اسید هیومیک به عنوان ترکیبات درشت مولکول آلی، می‌تواند نیتروژن را به‌طور مستقیم از طریق واکنش‌های شیمیایی یا غیرمستقیم از طریق فعالیت میکروبی و پس از تجزیه زیست توده میکروبی در داخل ساختارش ترکیب کند.

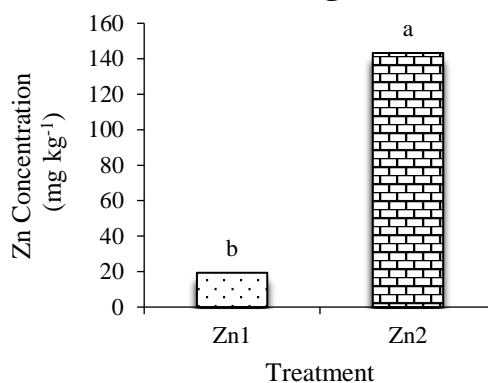
فسفر: بررسی اثرهای متقابل نشان داد که بیشترین مقادیر فسفر برگ به میزان ۰/۲۲ درصد از تیمار ۱۸/۷۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت ($V_3H_1Zn_1$) حاصل شد (جدول ۵). زیرا ورمی کمپوست‌ها دارای عناصر غذایی مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به فرمی که به آسانی برای گیاه قابل جذب و دسترسی است می‌باشند. در این راستا سوماره و همکاران (Soumare *et al.*, 2003) و گلشادی و همکاران (Golshadi *et al.*, 2002) مصرف کود آلی سبب افزایش میزان برخی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان از جمله فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و مس در خاک شده و هم‌چنین موجب افزایش قابلیت جذب عناصر برای گیاه گردید.

لازم به ذکر است تیمار ذکر شده با تیمار ($V_3H_2Zn_1$) اختلاف معناداری نشان نداده است (جدول ۵). از آنجایی که در خاک‌های آهکی رسوب فسفات‌های کلسیم نامحلول فاکتور اصلی در کاهش قابلیت استفاده فسفر می‌باشد، اسید هیومیک می‌تواند پیوندهای Al-P یا Fe-P را در خاک‌های اسیدی و Ca-P را در خاک‌های

موجب افزایش معنادار قابلیت جذب عنصر کم مصرف روی خاک از طریق افزایش حلالیت عناصر کم مصرف در اثر خاصیت کمپلکس‌کنندگی ماده آلی با فلز روی می‌شود. سید جمالی و همکاران (Seyed *et al.*, 2016) گزارش نمودند کاربرد توام کمپوست و اسید هیومیک سبب افزایش آهن، منگنز، روی و مس قابل دسترس خاک به مقدار بیش‌تری نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها شده است و این افزایش نشان دهنده پتانسیل این کودها در برطرف کردن کمبود این عناصر در خاک می‌باشد. اسید هیومیک به دلیل اسیدی بودن می‌تواند مستقیماً عناصر مختلف را از مواد معدنی آزاد کرده، به خود جذب نموده و در زمان مناسب در اختیار ریشه قرار دهد. هم‌چنین اسید هیومیک خوراک و محرک رشد میکروارگانیسم‌های مفید خاک است و سبب می‌گردد که آن‌ها نیز به روش‌های گوناگون به آزادسازی عناصر در خاک کمک نمایند. ناتسن و همکاران (Natesan *et al.*, 2006) گزارش کردند اسید هیومیک با تشکیل کمپلکس کلات با روی منجر به افزایش روی قابل دسترس گیاه می‌شود.

به میزان ۱۷۱/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم که با تیمار ۱۸/۷۵ کیلوگرم در هر درخت ورمی کمپوست، پنج گرم در هر درخت اسید هیومیک و محلول پاشی پنج در هزار به میزان ۱۶۹/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم فاقد اختلاف معناداری بود که نسبت به شاهد با ۱۵/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم دارای اختلاف چندین برابری معناداری بودند. هم‌چنین در تیمار مصرف روی (Zn_2) غلظت این عنصر در برگ با میزان ۱۴۳/۲۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به تیمار عدم مصرف (Zn_1) با میزان ۱۹/۳۵ میلی‌گرم دارای اختلاف معناداری بود (شکل ۳).

به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که اگر چه تیمارهای حاوی ورمی کمپوست و اسید هیومیک سبب افزایش غلظت روی در برگ شدند اما این تیمارها نتوانستند به اندازه تیمارهای محلول پاشی روی غلظت این عنصر را در برگ انار در حد مطلوب ۱۵ تا ۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (طبق دستورالعمل فنی تغذیه انار) (Tadayon, 2015) افزایش دهد. کاربرد محلول پاشی پنج در هزار روی به میزان زیادی به دلیل جذب مستقیم این عنصر از طریق برگ، غلظت روی را در برگ‌های انار افزایش می‌دهد. کاربرد کودهای آلی نیز



شکل ۳- اثر تیمارهای روی بر غلظت روی برگ انار

Figure 3. The effect of Zn treatments on Zn Concentration of pomegranate leaves

که از فاکتورهای مهم در افزایش ارزش غذایی میوه محسوب می‌گردند؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان عملکرد معادل ۲۹/۰۹ کیلوگرم در هر درخت و بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل آب میوه به ترتیب به میزان ۳۹/۷۹ درصد و ۸۶۳/۱۲ میلی‌گرم گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم آب میوه از تیمار مخلوط ۱۲/۵ کیلوگرم ورمی کمپوست در هر درخت، پنج گرم اسید هیومیک در هر درخت و محلول پاشی پنج در هزار روی حاصل

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که بسیاری از ویژگی‌های کمی و کیفی میوه تحت تأثیر مدیریت تغذیه‌ای قرار گرفته است. تلفیق مناسب و بهینه کودهای آلی و شیمیایی علاوه بر افزایش غلظت عناصر غذایی در برگ‌ها، با افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی، از یک سو سبب افزایش عملکرد و از طرف دیگر افزایش فنل کل و آنتی‌اکسیدان آب میوه انار شده

می‌تواند سبب افزایش کارایی سایر تیمارها نیز گردد. توصیه می‌گردد در پژوهش‌های بعدی سایر منابع کودهای آلی نظیر کمپوست، انواع کودهای حیوانی با نسبت‌ها و کیفیت‌های مختلف در ترکیب با سایر منابع کودی مورد آزمایش قرار گرفته تا اثرهای کامل‌تر تغذیه‌ای آن‌ها بر کیفیت درختان انار مشخص گردد.

شد. هر چند که استفاده از ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک توانسته با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و اثرهای مثبت بر روی رشد، سبب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی میوه گردد، اما نتوانسته جذب برخی از عناصر میکرو نظیر روی را تا حد کفایت بهبود ببخشد؛ لذا به نظر می‌رسد محلول‌پاشی این عنصر در کنار کاربرد سایر تیمارها علاوه بر رفع کمبود روی

References

- Ahmadi K., Ebadzadeh H.R., Hatami F., Hosseinpour R., and Abdshah H. 2018. Statistic information of agriculture of 2016 year (Volume 3). Horticulture. Ministry of Agriculture of Deputy of Planning and Economic Center of Information and Communication Technology. (In Persian)
- Alipour H., and Hosseinpour S.J. 2006. Identification and Elimination of Nutrient Deficiencies in Pistachios (2nd Ed.). Pistachio Research Institute of the Country, Rafsanjan, Iran, 53p.
- Alloway B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition (2nd Ed.). International Zinc Association (IZA) and International Fertilizer Industry Association (IFA). Brussels, Belgium and Paris, France, 139p.
- Amiri M.E., and Fallahi E. 2009. Impact of animal manure on soil chemistry, mineral nutrients, yield, and fruit quality in Golden Delicious apple. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 610-617.
- Anari Anaraki B., Ghasemnezhad M., and Meighani H. 2016. Effect of Foliar and Soil Application of Humic Acid on Quantity and Quality of Pomegranate Fruit cv. 'Malas-E- Saveh'. *Knowledge of Agriculture and Sustainable Production*, 26(3): 143-153. (In Persian)
- Ashiono G.B., Wasike W., Ouma J.P., Gatwiku S.W., and Gachuki P.N. 2005. Residual effects of farmyard manure on stover and grain yield of cold tolerant dual purpose sorghum in the dry high land of Kenya. *Agronomy*, 4: 300-303.
- Baladi E., Toselli M., and Marangoni B. 2010. Nutrient partitioning in potted peach (*Prunus persica* L.) trees supplied with mineral and organic fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 33: 2050-2061.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E., and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science Technology*, 28: 25-30.
- Bremner J.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen-area. In: Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Micro Biological Properties*. Agronomy Monograph NO. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Cerdán M., Sánchez-Sánchez A., Juárez M., Sánchez-Andreu J.J., Jordá J.D., and Bermúdez D. 2007. Partial replacement of Fe (o,o-EDDHA) by humic substances for Fe nutrition and fruit quality of citrus. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170: 474-478.
- Chapman H.D., and Pratt P.F. 1961. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Water*. University of California, Berkeley, CA, USA, 309p.
- Day P.R. 1955. Particle fractionation and particle-size analysis. In: Black, C.A. (Ed.), *Method of Soil Analysis, Part 1, Agronomy Monograph NO. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI*.
- Derzhi M.T., Ghalond A., and Rejali F. 2009. The effect of biological fertilizers on the adsorption of K, P, N, and grain yield in fennel (*Feniculum Vulgare* Mill). *Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research*, 25(1): 1-19. (In Persian)
- Deh Dashti Zadeh B., Aria H., Azizi M., and Davari Nejad Gh.H. 2009. The effect of various levels of vermicompost and mineral element of phosphorus on growth and development and absorption of some nutrients in tomato transplant. *Iranian Journal of Horticulture*, 40(3): 49-58. (In Persian)
- Edwards C.A., and Burrows I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In: Edwards C.A. and Neuhauser E.F (Ed.), *Earthworms in Waste and Environmental Management*, SPB Academic Publ, Co, The Hague, The Netherlands, pp. 211-219.

- Fathy MA., Gabr MA., and El Shall SA. 2010. Effect of humic acid treatments on 'Canino' apricot growth, yield and fruit quality. *New York Science Journal*, 3: 109-115.
- Ghaffari Nejad S.A. 2016. The response of greenhouse cucumbers to the levels and sources of organic fertilizers and the effect of these fertilizers on some soil characteristics. *Journal of Greenhouse Crop Science and Technology*, 8(2): 67-79. (In Persian)
- Gholami H., Saharkhiz M.J., Raouf Fard F., Ghan A., and Nadaf F. 2018. Humic acid and vermicompost increased bioactive components, antioxidant activity and herb yield of Chicory (*Cichorium intybus L.*). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 1-33.
- Giasuddin ABM., Kanel S., and Choi H. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. *Journal Environment Science Technology*, 41(6): 2022-2027.
- Gil MI., Tomas-Barberan FA., Hess-Pierce B., Holcroft DM., and Kader AA. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4581-4589.
- Golshadi A., Ansari R., Asgari S., Sarafzadegan N., and Bashtam M. 2002. Knowledge, belief and practice of herbal medicine in people of Isfahan. *Joturnal Medical Plants*, 2: 21-28.
- Hallmann E. 2012. The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(14): 2840-2848.
- Hasani M., Zamani Z., Savaghebi G., and Fatahi R. 2012. Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12: 471-480.
- Hmid I., Elothmani D., Hanine H., Oukabli A., and mehinagic E. 2013. Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes eighteen pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars grown in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Khattab M., Shaban A., El-Shrief HA., and El-Deen-Mohamed A. 2012. Effect of humic acid and amino acids on Pomegranate trees under deficit irrigation. I: growth, flowering and fruiting. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 4: 253-259.
- Khoshghalb H., Arzani K., Malakouti M.J., and Barzgar M. 2013. Effect of Ca, Zn and B spray application on preharvest fruit drop, sugar and nutrient contents and on some quantitative and qualitative fruit characteristics in some Asian pear (*Pyrus serotina Rehd.*) cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 44(2): 149-159. (In Persian)
- Kulkarni A.P., and Aradhya S.M. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93: 319-324.
- Leonel S., and Tecchio M.A. 2009. Cattle manure fertilization increases fig yield. *Science Agriculture*, 66 (6): 806-811.
- Lester G.E., Jifon J.L., and Makus D.J. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: melon (*Cucumis melo L.*) Case study. *Plant and Soil*, 335: 117-131.
- Mc Lean E.O. 1982. Soil PH and lime requirement. In: Page et al. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*, part 2, Chemical and Micro Biological Properties. Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp. 192-224.
- Magkos F., Arvaniti F., and Zampelas A. 2003. Organic food: nutritious food or food for thought? A review of the evidence. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(5): 357-371.
- Mahmoud A.R., and Hafez M.M. 2010. Increasing productivity of potato plants (*solanum tuberosum L.*) by using potassium fertilizer and humic acid application. *International Journal Academic Research*, 2:83-88.
- Malakouti M.j., Karimian N.A., and Keshavarz P. 2008. Comprehensive diagnostic method and optimal fertilizer recommendation for sustainable agriculture. Tarbiat Modarres University publisher, 718p.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. (2nd Ed.). Academic Press, San Diego.
- Mirdehghan S.H., and Rahemi M. 2007. Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit. *Scientia Horticulturae*, 111: 120-127.

- Mohammadi Z., Rusta H.R., Taj Abadipour A., and Hokam Abadi H. 2013. Effect of nitrogen, organic fertilizer, potassium and iron on crop, fruit quality, and nutrient element concentration in Pistachio noodle fungi on almond rocks. *Iranian Journal of Horticulture*, 27(2): 117-129. (In Persian)
- Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., and Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 1527-1536.
- Natesan R., Kandasamy S., Thiyageshwari S., and Boopathy PM. 2006. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an Alfisol. The 18th WCSS, Philadelphiat, Pennsylvania, USA.
- Olyaie Torshiz A., Goldansaz S.H., Motesarezadeh B., Asgari Sarcheshmeh M.A., and Zarei A. 2017. Effect of organic and biological fertilizers on pomegranate trees: yield, cracking, sunburning and infestation to pomegranate fruit moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: *Pyrilidae*). *Journal of Crop Protection*, 6(3): 327-340.
- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorous. In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Chemical and Micro Biological Properties, Part 2, (2nd Ed.)*. Agronomy Mongraph No. 9, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Page A.L., Miller R.H., and Keeney D.R. 1982. *Methods of Soil Analysis, Chemical and Biological Properties, Part 2, (2nd Ed.)*, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison.
- Pansu M., and Gautheyrou J. 2006. *Handbook of Soil Analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer-Verlag, Berlin.
- Parvin M., Ziaeyan A., Dastfal M., and Ghorbani M.S. 2017. Combined effects of mycorrhizal inoculation, organic fertilizer and potassium application on the yield and chemical composition of pomegranate (*Punica granatum L.*) leaves. *Applied Soil Research*, 5(1): 92-103. (In Persian)
- Peymani Foroshani A., Pourjavand N., Haghighi M., and Khajeh Ali J. 2017. Effect of vermicompost solids and aqueous extracts on growth characteristics of tomato and White Plate (*Trialeurodes vaporariorum*). *Journal of Greenhouse Crop Science and Technology*, 7(26): 35-45. (In Persian)
- Poozeshi R., Zabihi H.R., Ramezani Moghaddam M.R., Rajabzadeh M., and Mokhtari A. 2011. Effect of zinc, oxidative and acetic acid spraying on yield, yield components and elemental composition in grapevine Peakani variety. *Journal of Horticultural Science*, 25(3): 351-360. (In Persian)
- Ramezani A., Rahemi M., and Vazifehshenas MR. 2009. Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 121: 171-175.
- Razavi Nasab A., Shirani H., Tajabadi pour A., and Dashti H. 2011. Effect of salinity and organic matters on chemical composition and root morphology of pistachio seedlings. *Journal of Crops Improvement*, 13(1): 31-42. (In Persian)
- Rogiers S.Y., Greer D.H., Hatfield J.M., Orchard B.A., and Keller M. 2006. Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera L.*). *Vitis*, 45: 115- 23.
- Sarkhosh A., Zamani Z., Fatahi R., and Ebadi A. 2006. RAPD markers reveal polymorphism among some Iranian pomegranate (*Punica granatum L.*) genotypes. *Science Horticulture*, 111: 24-29.
- Salehi B., Bagherzadeh A., Ghasemi M., and Ebrahimi M. 2013. Effect of different amounts of humic humic acid on quality and quantity of tomato varieties (*Lycopersium esculantium*). *Journal of Plant Production*, 20(4): 189-198. (In Persian)
- Sedaghat Kish Z., Moallemi N., Rahemi M., Khaleghi I., and Mortazavi S.M.H. 2013. The effect of urea and zinc sulfate solution on the storage and transfer of nitrogen and zinc elements in leaf and fruit of pomegranate *Punica granatum L.* (cv. 'Rabab-e-Neyriz'). *Horticultural Science of Iran*, 34(2): 67-80. (In Persian)
- Sepehr E., and Zebardast R. 2013. Effect of Humic Acid on Adsorption Behavior of Phosphorus in a Calcareous Soil. *Journal of Water and Soil*, 27(4): 720-731. (In Persian)
- Seyed Jamali Z., Astarai A.R., and Emami H. 2016. Effect of humic acid, compost and phosphorus on vegetative properties of Basil plant and low consumption concentration in plant and soil. *Journal of Greenhouse Crop Science and Technology*, 6(22): 187-204. (In Persian)

- Singleton V.L., and Rossi J.L. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3): 144-158.
- Shaaban S., Manal F., and Afifi M. 2009. Humic acid foliar application to minimize soil applied fertilization of surface-irrigated wheat. *Journal of Agricultural Science*, 5(2): 207-210.
- Shehata S.A., Gharib A.A., El-Mogy M.M., Abdel-Gawad K.F., and Shalaby E.A. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5: 2304-2308.
- Song CZ., Liu M-Y., Meng J-F., Chi M., Xi Z-M., and Zhang Z-W. 2015. Promoting effect of foliage sprayed Zinc sulfate on accumulation of sugar and phenolics in berries of *Vitis vinifera* cv. Merlot growing on Zinc deficient soil. *Journal of Molecules*, 20: 2536-2554.
- Soumare M., Tak G., and Verloo M.G. 2003. Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, 86: 15-20.
- Srikanth K., Srinivasamurthy C.A., and Siddamarappa V.R. 2000. Direct and residual effect of enriched compost, vermicompost and fertilizerz on properties of an Alfisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 48(3):496-499.
- Strategic Oversight Deputy, Office of the Technical Executive. 2009. Instructions for laboratory analysis of soil and water samples. 2009. Strategic Oversight Deputy, Office of the Technical Executive; Ministry of Agricultural Jihad, Soil and Water Research Institute, 278p. (In Persian)
- Tadayon MS. 2015. Guidelines for feeding pomegranate. Agricultural Research and Education Center and Natural Resources, Fars Province, Iran, 56p. (In Persian)
- Tehranifar A., and Mahmoodi Tabar S. 2009. Foliar application of potassium and boron during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit development can improve fruit quality. *Horticulture, Environmental and Biotechnology*, 50(3): 191-196.
- Tehranifar A., Zarei M., Nemati Z., Esfandiyari B., and Vazifeshenas M.R. 2010. Investigation of physico-chemical properties and antioxidant activity of twenty Iranian pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 126: 180-185.
- Turkmen O., Demir S., Sensoy S., and Dursun A. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *Journal of Biosciences*, 5(5):565-574.
- Walkley A., and Black I.A. 1934. An examination degtjarf method for determination for role organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37:29-38.
- Zandonadi DB., Canellas LP., and Facmana, AR. 2007. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. *Planta*, 225: 1583-1595.
- Zaouay F., Mena P., Garcia-Viguera C., and Mars M. 2012. Antioxidant activity and physico-chemical properties of Tunisian grown pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivars. *Industrial Crops and Products*, 40: 81- 89.

Effects of Humic Acid, Vermicompost and Zinc Foliar Spray on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Pomegranate (*Khazar Bardaskan cv.*)

Reza Poozeshi¹, Reza Khorassani^{2*}, Gholam Hossein Haghnia³, Hamid Reza Zabihi⁴, Ali Reza Astarai⁵

(Received: February 2019 Accepted: Jun 2019)

Abstract

Considering the high cultivation area of pomegranate in Iran, it is necessary to pay attention to this plant nutrition in order to increase quantitative and qualitative of pomegranate fruit. Nutrition management is one of the most important factors for determining the yield and quality of fruit that there are a few studies to reach the optimal management of nutrition in pomegranate. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of different levels of organic component and chemical fertilizers on quantity and quality characteristics of *Punica granatum* fruit cv. *Khazar Bardaskan* as a factorial design based on randomized complete blocks design with three replications. Treatments include vermicompost in three levels of 0, 12.5 and 18.75 (V_1, V_2, V_3) kg tree⁻¹ and humic acid in two levels of 0 and 5 g tree⁻¹ (H_1, H_2) as the soil application and zinc chelate in the two levels of 0 and 0.005 (Zn_1, Zn_2) as foliar spray. The measured factors were yield, length and diameter of fruit and some qualitative characteristics of fruit juice such as total phenol, antioxidant activity, titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS). Also, the concentration of nitrogen, phosphorus, potassium and zinc were determined in leaves. The results of present study showed that the effects of treatments were significant for more measured parameters. The maximum amount of yield 29.09 kg tree⁻¹, antioxidant activity (39.79 %) and total phenol (863.12 mg GAE 100g⁻¹) were observed in $V_2H_2Zn_2$ treatment of 12.5 kg tree⁻¹ vermicompost, 5 g tree⁻¹ humic acid and 0.005 foliar spray of zinc. Also, the level of nitrogen, potassium and zinc in the leaves were obtained from the above mentioned treatment ($V_2H_2Zn_2$), which compared with the control treatment can be recommended as the superior treatment.

Keywords: Antioxidant activity, Pomegranate, Total phenol, Vermicompost, Zinc concentration

Poozeshi R., Khorassani R., Haghnia Gh. H., Zabihi H. R., Astarai A. R. 2020. Effects of humic acid, vermicompost and zinc foliar spray on some quantitative and qualitative characteristics of pomegranate (*Khazar Bardaskan cv.*). *Applied Soil Research*. 8(2): 53-69.

1. PhD. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, International Campus of Ferdowsi University of Mashhad
 2. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (Corresponding Author)
 3. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
 4. Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran
 5. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
- * Corresponding Author Email: khorasani@um.ac.ir