

بر همکنش میکوریزا، پلیت مرغی و کلسیم بر عملکرد و خصوصیات کیفی میوه انار (*Punica granatum* L.)

محمدصادق قربانی^۱ و *عبدالحسین ضیایان^۲

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، واحد داراب، دانشگاه آزاد اسلامی، داراب، ایران، ^۲ دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲

چکیده

سابقه و هدف: کلسیم یک عنصر ضروری مؤثر در کیفیت میوه است. میوه‌هایی که کلسیم کافی دارند قابلیت حمل و نقل و انبارداری بیشتری دارند (۴، ۲۱ و ۲۲). همزیستی میکوریزایی به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین به علت افزایش فعالیت فتوسنتزی، زیست‌توده گیاهی را افزایش می‌دهد (۳۶ و ۳۷). گیاهانی که همزیستی میکوریزایی دارند، رشد بهتر و عملکرد بیشتری داشته و به استرس محیطی مقاومت بیشتری نشان می‌دهند (۴۰). کودهای آلی می‌توانند باعث بهبود مواد آلی و سلامت خاک و تامین عناصر غذایی گیاه گردند (۳ و ۶). امیری و فلاحی (۲۰۰۹) گزارش نمودند که با استفاده از کود دامی در سبب عملکرد و متوسط وزن میوه سبب افزایش معنی‌داری یافت (۳). به منظور مطالعه اثرات اصلی و توأم میکوریزا، کلسیم و پلیت مرغی بر تولید انار، این پژوهش در استان فارس انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: به منظور دستیابی به اهداف موردنظر، در سال ۱۳۹۳، پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی ترکیبی از دو سطح صفر و ۵۰۰ گرم قارچ برای هر درخت، سه سطح صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم کود پلیت مرغی دامی به‌ازای هر درخت و دو تیمار بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی کلرید کلسیم با غلظت ۰/۵ درصد بود. هر تیمار بر روی دو اصله درخت انار ده ساله با شرایط رشدی تقریباً یکنواخت اعمال شد. صفات مورد اندازه‌گیری در آزمایش شامل عملکرد هر درخت، مقادیر اسیدیت، بریکس، کربوهیدرات‌ها و فنولیک اسیدها (سیناپیک اسید، گالیک اسید، کاتچین، راتین و اسکوربیک اسید) در میوه انار بود. همه داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثرات اصلی کاربرد تیمارها مختلف بر کاهش اسیدیت آب میوه معنی‌دار بود. کاربرد میکوریزا به‌جز سیناپیک اسید، مقدار سایر ویژگی‌های مورد مطالعه را به‌طور معنی‌داری ($P < 0/01$) افزایش داد. محلول‌پاشی کلسیم به‌جز بر کربوهیدرات، تأثیر معنی‌داری ($P < 0/01$) بر مقادیر دیگر صفات مورد مطالعه، از جمله پلی‌فنول‌ها، داشت. کاربرد پلیت مرغی موجب افزایش معنی‌دار همه صفات مورد مطالعه گردید. کاربرد توأم میکوریزا، پلیت مرغی و کلسیم به غیر از وزن میوه و اسیدیت آب میوه، تأثیر معنی‌داری ($P < 0/01$) بر دیگر صفات مورد بررسی داشت. کم‌ترین میزان pH آب میوه، بیش‌ترین میانگین وزن ۵ میوه و بالاترین مقادیر سیناپیک اسید، گالیک اسید،

* مسئول مکاتبه: ziaeyan_39@yahoo.com

کاتچین، راتین و اسکوربیک اسید از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا، ۵۰۰ گرم پلیت مرغی به‌زای هر درخت و محلول‌پاشی کلسیم به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کاربرد میکوریزا، کود دامی و محلول‌پاشی کلسیم در انار، در افزایش تولید و بهبود کیفیت آن بسیار مؤثر است. بالاترین عملکرد انار در هر درخت (۲۴/۰۴ کیلوگرم در درخت) از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا، ۵۰۰ گرم پلیت مرغی در هر درخت محلول‌پاشی کلسیم به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد، ۴۲/۶ درصد افزایش عملکرد داشت. در مجموع، با توجه به یک‌ساله بودن آزمایش، حصول نتایج قابل اطمینان‌تر نیاز به بررسی بیشتر دارد.

واژه‌های کلیدی: انار، کلرید کلسیم، کود دامی، قارچ میکوریزا، فنولیک اسیدها

مقدمه

انار با نام علمی *punica granatum* L. خانواده *punicaceae* به‌صورت گسترده‌ای در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری گسترش یافته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد مجموع سطح زیر کاشت انار در دنیا در سال ۲۰۰۹ بالغ بر ۳۰۰۰۰۰ هکتار است که از این میان بیش از ۷۶ درصد آن مربوط به پنج کشور (هند، ایران، چین، ترکیه و آمریکا) می‌باشد. هر چند که کشورهای پایین در این رده‌بندی (اسپانیا، مصر و اسرائیل) با متوسط سطح زیر کشت ۱۶۰۰ تا ۲۴۰۰ هکتار بیش‌ترین فعالیت را در زمینه‌های صادرات، تحقیقات، بازاریابی و ارقام جدید داشته‌اند (۲۷). در بسیاری از منابع از ایران به‌عنوان منشاء این گیاه نام برده می‌شود و دامنه پراکنش طبیعی آن از ایران به‌سمت شرق تا دامنه‌های هیمالیا و به‌سمت غرب تا حاشیه دریای مدیترانه بوده است (۳۲). ایران از نظر تنوع، کیفیت، سطح زیر کشت بزرگ‌ترین تولیدکننده انار در جهان و از نظر صادرات مقام اول دنیاست. سطح زیر کشت انار در ایران در سال ۱۳۹۲ به حدود ۶۶ هزار هکتار رسیده است. بیش‌ترین سطح زیر کشت انار در ایران را به‌ترتیب استان‌های فارس، مرکزی، خراسان رضوی، اصفهان و یزد دارا می‌باشند که در مجموع حدود ۷۰ درصد سطح زیر کشت

کشور را در بر می‌گیرند. بیش‌ترین تولید مربوط به استان فارس با حدود ۲۰ درصد تولید کل، سپس استان‌های خراسان، مرکزی، اصفهان و یزد گزارش شده است (۴۱). انار سرشار از ویتامین و مواد قندی، پتاسیم، منیزیم، آهن و اسیدهای آلی می‌باشد. انار منبعی غنی از اسید فولیک و آنتی‌اکسیدان است (۳۰). مصطفی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی انار تابعی از مواد فنولی است و این فعالیت تابعی از شرایط محیطی، مدیریت باغ، میزان رسیدگی انار و نوع رقم است (۲۸). کائور و همکاران (۲۰۰۶) نیز اعتقاد دارند خاصیت آنتی‌اکسیدانی انار در ارتباط با ترکیبات فنولیک^۱ است (۱۵). بنا به گزارش رنجبر و همکاران (۲۰۰۷) پلی‌فنول‌ها باعث افزایش مقاومت گیاه به بیماری‌ها می‌شوند و با رسیدن میوه‌ها مقدار آن‌ها کاهش می‌یابد (۳۲). آزمایش‌های انجام‌شده بر روی گلابی نشان داده است که گلابی‌هایی که مواد فنولی کم‌تری دارند نسبت به رقم‌هایی که میزان ترکیبات فنولی آن‌ها بالاتر می‌باشد، حساسیت کم‌تری به قهوه‌ای شدن دارند (۱۳). تغذیه در طی رشد میوه یک فاکتور مهم و مؤثر در کیفیت و

۱- Poly phenols: مواد فنولی در واقع مواد طبیعی هستند که در اکثر میوه‌ها نقش مهمی در حفظ کیفیت میوه و تعیین ارزش غذایی میوه دارد.

کمیت میوه به شمار می‌رود. کلسیم بیش‌ترین ماده مورد نیاز در میوه است و شاید بتوان آن را مهم‌ترین عنصر معدنی دانست که در تعیین کیفیت میوه دخالت دارد. مهم‌ترین نقش کلسیم در میوه‌ها استحکام دیواره سلولی می‌باشد (۲۵). مشاهدات میکروسکوپی نشان داده است که بهم‌ریختگی سازمان سلولی در موقع رسیدن در میوه‌هایی که کلسیم بالایی دارند، دیرتر صورت می‌گیرد ولی در میوه‌هایی که کلسیم کم‌تری دارند این حالت زودتر اتفاق می‌افتد (۴، ۲۱ و ۲۲). با وجود آهکی بودن خاک‌های کشور کمبود کلسیم در محصولات باغی مشاهده می‌گردد. خشکی خاک‌ها و عدم وجود رطوبت کافی، تابستان‌های گرم با درجه حرارت بالا و رطوبت پایین سبب می‌شود تعرق به حداقل کاهش یابد، سپس جریان مواد به‌خصوص کلسیم در آوند چوبی به حداقل برسد. در چنین شرایطی انتقال کلسیم از برگ‌های مجاور میوه به میوه به‌کندی صورت می‌گیرد و در نتیجه علائم کمبود این عنصر در میوه ظهور پیدا کند (۱۷). پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد کودهای آلی می‌تواند باعث افزایش مواد آلی و سلامت خاک گردد. این مواد همچنین می‌توانند عناصر غذایی را برای گیاه فراهم کنند (۳ و ۶). در بین انواع کود آلی تأثیر کود مرغی بیش‌تر از سایر انواع کودها گزارش شده است. اثرات کود دامی و نیتروژن در انار توسط حسنی و همکاران (۲۰۱۳) و در اسفناج توسط صادقی‌پور مروی (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است (۱۴ و ۳۳).

شواهدی در دست است که نشان می‌دهد استفاده از میکوریزا به‌دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین فعالیت فتوسنتزی سبب افزایش زیست‌توده گیاهی می‌شود، چنان‌که همبستگی بالایی بین وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مقاومت به خشکی آن در حضور میکوریزا گزارش شده است (۳۶ و ۳۷). گزارش‌ها

نشان داده است که غلظت پرولین و قندهای محلول در برگ گیاهان میکوریزادار کم‌تر و در ریشه بیش‌تر از گیاهان بدون میکوریزا است (۵ و ۴۰). حقیقت نیا و همکاران (۲۰۱۱) به‌منظور بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر برخی از فعالیت‌های بیوشیمیایی مرکبات نشان دادند که تلقیح ریشه گیاه با هر دو گونه قارچ میکوریزا نسبت به عدم تلقیح بر همه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در برگ تأثیر معنی‌داری داشت به‌طوری‌که سبب افزایش میزان آنزیم فسفاتاز و قندهای قابل‌حل مانند گلوکز در برگ گیاه شد (۱۱). وو و ژیا (۲۰۰۶)، گزارش دادند که نهال‌های لیمو تلقیح‌شده با میکوریزا در مقایسه با نهال‌های تلقیح‌نشده از پتانسیل آب برگ، فتوسنتز و تعرق بیش‌تر و دمای کم‌تر برگ برخوردار بودند (۴۲). با توجه به این‌که تولید منطقه‌ای انار در خاورمیانه انجام می‌گیرد و کشت و کار تجاری آن در کشورهای غربی رواج ندارد، بنابراین موارد پژوهشی این میوه در سایر کشورها کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به نقش تغذیه در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی انجام و با توجه به نتایج تجزیه خاک و منابع موجود (۲۴) انجام پژوهشی بر روی نقش کلسیم، کودهای دامی و نقش میکوریزا در افزایش تولید و بهبود کیفیت انار ضروری احساس شد و با این هدف پژوهش حاضر بر روی این محصول انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر، در سال ۱۳۹۳، در استان فارس، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه فاکتور، ۱۲ تیمار در سه تکرار بر روی درخت انار رقم تجاری حسین‌آقایی اجرا گردید. برای

سولفات آمونیوم بر مبنای ۵۰۰ گرم، سکوسترین آهن ۵۰ گرم، سولفات روی و سولفات منگنز هر کدام ۱۰۰ گرم به‌ازای هر درخت بود که در سایه‌انداز درخت و در عمق ریشه به‌صورت یکنواخت مصرف شدند. مصرف همه کودها به‌صورت چالکود بود. مراقبت‌های لازم از جمله آبیاری و کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی به موقع صورت گرفت. در زمان مناسب از برگ همه تیمارها نمونه تهیه و غلظت عناصر در آن‌ها اندازه‌گیری شد (۸). صفات مورد اندازه‌گیری در آزمایش عبارت بودند از: عملکرد هر درخت، قند کل میوه، میزان پلی‌فنول‌های میوه، اسیدیته میوه، کربوهیدرات‌های محلول و مقدار کل مواد جامد محلول در آب میوه. اندازه‌گیری مواد مؤثره موجود در آب انار به روش کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) و اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول به روش کوچارت (۱۹۷۸) انجام گرفت (۱۸). مقدار کل مواد جامد محلول در آب میوه توسط دستگاه غلظت‌سنج (رفراکتومتر)، مقدار اسیدیته آب میوه با pH متر اندازه‌گیری شد. همه داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل و سپس توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج آزمون خاک: براساس نتایج به‌دست آمده خاک باغ دارای شوری کم، اسیدیته قلیایی، فسفر قابل جذب خوب و کلسیم متوسط بود. خاک مزرعه مورد مطالعه دارای عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز بسیار کم و بافت خاک شنی لومی بود.

انجام پژوهش در یک قطعه باغ انار که دارای درختان ده ساله و مثمر بود، ۷۲ اصله درخت با شرایط رشدی تقریباً یکنواخت انتخاب گردید. قبل از اجرای پژوهش از محل اجرای طرح یک نمونه خاک مرکب از عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تهیه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن بر اساس دستورالعمل‌های موجود (۱) تعیین گردید. قسمت انتخاب‌شده باغ به سه بلوک موازی و در کنار هم تقسیم شد. هر بلوک یک تکرار به‌حساب می‌آمد. هر بلوک دارای ۲۴ درخت شامل ۱۲ درخت در طول و ۲ درخت در عرض بود. هر دو درخت در عرض یک تیمار منظور گردید. همه درخت‌ها کاملاً مستقل از هم و از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای جداگانه آبیاری شدند. تیمارهای آزمایشی ترکیبی از دو سطح قارچ میکوریزا شامل عدم مصرف قارچ (M_0) و مصرف ۵۰۰ گرم قارچ برای هر درخت در مرحله قبل از گلدهی (M_1)، سه سطح صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم کود پلیت مرغی دامی به‌ازای هر درخت قبل از گلدهی (به‌ترتیب P_0 ، P_1 و P_2) و دو تیمار بدون محلول‌پاشی کلسیم (Ca_0) و محلول‌پاشی کلسیم با غلظت ۵ در هزار از منبع کلرید کلسیم (Ca_1) در دو مرحله (مرحله اول در زمانی که قطر میوه به‌طور میانگین ۴۵ میلی‌متر بود و مرحله دوم ۲۵ روز بعد) بود. زادمایه قارچ میکوریزا آربسکولار استفاده شده حاوی سه گونه قارچ *Glomus mossea*, *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* بود که با جمعیت برابر از هر سه گونه تحت نام تجاری مایکوروت فرموله شده و از شرکت دانش بنیان زیست فناور پیشتاز واریان دریافت شده بود. زادمایه استفاده شده حاوی ۱۰۰ اندام فعال قارچ در هر گرم بود. مصرف کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک تعیین گردید و شامل

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک باغ.

Table 1. Selected physical and chemical characteristics of the garden soils samples.

Ec	pH	P	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu	sand	silt	clay
dS.m ⁻¹				mg.kg ⁻¹					%	
3.61	7.45	15	115	5.1	0.84	0.83	0.47	49.28	36.68	14.04

پلیت مرغی بر مقدار عملکرد و هر ۵ فنولیک اسید و کاربرد توأم میکوریزا و کلسیم بر گالیک اسید، کاتچین، راتین و اسکوربیک اسید در سطح (P<۰/۰۱) معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا، کلسیم و پلیت مرغی به‌جز بر مقدار بریکس و pH بر سایر پارامترهای مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۳).

نتایج تجزیه واریانس: نتایج نشان داد که کاربرد منفرد میکوریزا، پلیت مرغی و محلول‌پاشی کلسیم تیمارها تأثیر معنی‌داری بر اسیدیته آب میوه داشتند. کاربرد منفرد میکوریزا به‌جز بر سیناپیک اسید، تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر دیگر پارامترهای مورد مطالعه داشت. محلول‌پاشی کلسیم و پلیت مرغی تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۱) بر مقادیر هر پنج فنولیک اسید مورد مطالعه داشت. تأثیر کاربرد توأم میکوریزا و

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر برخی پارامترهای انار.

Table 2. Analysis of variance of different treatments effects on some properties of pomegranate.

میانگین مربعات Mean squares				درجه آزادی Degree of freedoms	منابع تغییر Sources of variation
کربوهیدرات Carbohydrate	بریکس Brix	اسیدیته میوه Fruit pH	عملکرد درخت Tree yield		
6035**	42.08**	4.84**	538**	2	تکرار (Replication)
2394**	0.49**	0.19*	727**	1	میکوریزا (mycorrhiza)
1953**	12.36**	0.10**	523**	2	کود مرغی (manure)
536**	8.41**	0.67**	77**	1	کلسیم (calcium)
76 ^{ns}	12.16 ^{ns}	0.15 ^{ns}	16**	2	میکوریزا × کود مرغی (mycorrhiza × manure)
233**	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1	میکوریزا × کلسیم (mycorrhiza × calcium)
234 ^{ns}	1.45 ^{ns}	0.05 ^{ns}	9 ^{ns}	2	کود دامی × کلسیم (manure × calcium)
846**	1.47 ^{ns}	0.09 ^{ns}	33**	2	میکوریزا × کود دامی × کلسیم (mycorrhiza × manure × calcium)
0.17	7.3	3.33	5.74	22	خطا (Error)
15.11	18.5	6.1	7.4		ضریب تغییرات (درصد) CV(%)

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر مقادیر پلی فنول‌های آب انار.

Table 3. Analysis variance of different treatments effects on polyphenol contents of pomegranate fruit.

میانگین مربعات Mean squares					درجه آزادی Degree of freedoms	منابع تغییر Sources of variation
اسکوربیک اسید Ascorbic acid	راتین Rutin	کاتچین Catechin	گالیک اسید Gallic acid	سیناپیک اسید Sinapic acid		
145**	2.66**	262**	0.62**	38.99**	2	تکرار (Replication)
311**	74.97**	752**	18.53**	9.09 ^{ns}	1	میکوریزا (mycorrhiza)
210**	4.18**	79**	12.10**	23.72**	2	کود مرغی (manure)
9**	30.09**	52**	1.04**	167.00**	1	کلسیم (calcium)
91**	2.56**	994**	29.51**	75.55**	2	میکوریزا × کود مرغی (mycorrhiza × manure)
11**	2.53**	327**	39.47**	0.01 ^{ns}	1	میکوریزا × کلسیم (mycorrhiza × calcium)
8.5**	0.42**	73**	1.50**	0.64 ^{ns}	2	کود دامی × کلسیم (manure × calcium)
2.3**	0.70**	26**	8.71**	18.91**	2	میکوریزا × کود دامی × کلسیم (mycorrhiza × manure × calcium)
4.2	0.09	16.37	0.05	18.0	22	خطا (Error)
11.4	5.732	9.82	9.31	12.2		ضریب تغییرات (درصد) CV(%)

^{ns}، ** و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح ۱ درصد و معنی داری در سطح ۵ درصد.

^{ns} non-significant, ** P<0.01 and * P<0.05.

اثرات اصلی تیمارهای مختلف بر صفات مورد مطالعه: نتایج نشان داد که کاربرد منفرد میکوریزا به جز بر سیناپیک اسید، مقدار عملکرد میوه، بریکس، میزان کربوهیدرات و بقیه پلی فنول‌ها را به طور معنی داری (P<۰/۰۱) افزایش داد. محلول پاشی کلسیم به جز بر کربوهیدرات، مقادیر دیگر صفات مورد مطالعه از جمله پلی فنول‌ها را بطور معنی داری

افزایش داد. کاربرد پلیت مرغی موجب افزایش معنی دار همه پارامترهای مورد مطالعه گردید که فقط در مورد کاتچین در سطح (P<۰/۰۵) معنی دار بود. تأثیر کاربرد ۵۰۰ گرم پلیت مرغی در مقایسه با ۲۵۰ گرم بر همه پارامترها به جز اسیدیت میوه بیش تر بود.

جدول ۴- اثرات اصلی تیمارهای مختلف بر برخی صفات انار.

Table 4. The main effects of different treatments on some properties of pomegranate fruit.

اسکوربیک اسید	راتین	کاتچین	گالیک اسید	سیناپیک اسید	کربوهیدرات	بریکس	اسیدیته میوه	عملکرد درخت	تیمارها
Ascorbic acid	Rutin	Catechin	Gallic acid	Sinapic acid	Carbohydrate	Brix	Fruit pH	Tree yield	Treatments
		mg.l ⁻¹			m.l ⁻¹			kg.tree ⁻¹	
18.1 ^b	13.9 ^b	44.5 ^b	4.8 ^b	14.7 ^a	86.9 ^b	12.0 ^b	3.59 ^a	18.7 ^b	M ₀ (عدم مصرف میکوریزا)
24.0 ^a	16.7 ^a	53.7 ^a	6.2 ^a	14.8 ^a	103.2 ^a	14.7 ^a	3.44 ^b	21.3 ^a	M ₁ (مصرف ۵۰۰ گرم میکوریزا)
20.5 ^a	14.4 ^b	47.9 ^a	5.3 ^b	12.1 ^b	91.2 ^a	12.1 ^b	3.65 ^a	19.1 ^b	K ₀ (عدم مصرف کلسیم)
21.52 ^a	16.2 ^a	50.3 ^a	5.7 ^a	17.0 ^a	98.9 ^a	14.3 ^a	3.38 ^b	21.1 ^a	K ₁ (مصرف ۵۰۰ گرم کلسیم)
17.3 ^b	14.7 ^c	46.5 ^b	4.4 ^b	13.3 ^c	84.1 ^b	12.7 ^c	3.60 ^a	19.1 ^b	P ₀ (عدم مصرف کود مرغی)
20.3 ^b	15.5 ^b	49.2 ^b	5.8 ^a	15.1 ^b	92.0 ^b	12.9 ^b	3.52 ^{ab}	20.0 ^a	P ₁ (مصرف ۱۰ کیلوگرم کود مرغی)
25.5 ^a	17.8 ^a	51.6 ^a	6.3 ^a	16.0 ^a	109.1 ^a	13.8 ^a	3.42 ^b	20.9 ^a	P ₂ (مصرف ۲۰ کیلوگرم کود مرغی)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

Means followed by the same letters at each column are not significantly different at the level $P < 0.05$.

مرغی بر مقدار عملکرد و هر ۵ فنولیک اسید (سیناپیک اسید، گالیک اسید، کاتچین، راتین و اسکوربیک اسید) در سطح ($P < 0.01$) معنی‌دار بود. کم‌ترین میزان اسیدیته آب میوه به میزان ۳/۳۹ و بیش‌ترین میزان پلیفنول‌های مورد بررسی از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا و ۵۰۰ گرم پلیت مرغی به‌دست آمد. در بین صفات مورد مطالعه، کاربرد توأم میکوریزا و پلیت مرغی با ۱۳۱/۶ درصد برتری نسبت به شاهد بیش‌ترین تأثیر را بر گالیک اسید داشت به‌طوری‌که کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا و ۵۰۰ گرم پلیت مرغی در مقایسه با تیمار شاهد میزان این اسید در آب انار را از ۳/۸ به ۸/۸ میلی‌گرم در لیتر افزایش معنی‌دار داد. در اثر کاربرد همین تیمار بالاترین عملکرد میوه در هر درخت با ۲۵ درصد برتری نسبت به شاهد به‌میزان ۲۲/۴۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

اثرات کاربرد توأم میکوریزا و کلسیم بر عملکرد میوه: کاربرد توأم میکوریزا و پتاسیم تأثیر معنی‌داری در سطح ($P < 0.01$) بر مقدار کربوهیدرات و هر پنج فنولیک اسید مورد مطالعه داشت. کمترین میزان اسیدیته آب میوه به‌میزان ۳/۲۹ از محلول‌پاشی کلسیم و بدون کاربرد میکوریزا به‌دست آمد. بالاترین میزان بریکس، کربوهیدرات، پلیفنول‌های مورد بررسی از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا و محلول‌پاشی کلسیم به‌دست آمد. بالاترین میانگین عملکرد هر درخت به‌میزان ۲۲/۱۰۰ کیلوگرم میوه از محلول‌پاشی کلسیم به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد میکوریزا و کلسیم) ۲۶/۳ درصد افزایش عملکرد داشت.

اثرات کاربرد توأم میکوریزا و پلیت مرغی بر عملکرد میوه: اثرات کاربرد توأم میکوریزا و پلیت

مرغی و محلول پاشی کلسیم به دست آمد. بر اثر کاربرد این تیمار بریکس ۳۸، میزان کربوهیدرات ۴۱/۶، سیناپیک اسید ۶۲، گالیک اسید ۶۸، کاتچین ۲۰، راتین ۲۳ و اسکوربیک اسید ۵۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافتند. کمترین میزان اسیدیته آب میوه به میزان ۳/۳ و بیشترین میزان بریکس و کربوهیدرات نیز از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا و ۵۰۰ گرم پتاسیم به دست آمد.

اثرات کاربرد توأم پلیت مرغی و کلسیم بر عملکرد میوه: کاربرد توأم ۵۰۰ گرم پلیت مرغی و محلول پاشی کلسیم با میانگین عملکرد ۲۲/۳ کیلوگرم در درخت موجب بیش از ۱۷ درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد (عدم کاربرد پلیت مرغی و کلسیم) با عملکرد ۱۹/۰۰ کیلوگرم در درخت شد. نتایج حاصله نشان داد که بالاترین میزان بریکس، کربوهیدرات و پلیفنول‌های آب میوه از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم پلیت

جدول ۵- اثرات کاربرد توأم میکوریزا- کلسیم، میکوریزا- کود دامی و کود دامی- کلسیم بر برخی ویژگی‌های انار.

Table 5. Combined effects of the combined use of mycorrhiza- calcium, mycorrhiza-manure and manure-calcium on some properties of pomegranate.

اسکوربیک اسید Ascorbic acid	راتین Rutin	کاتچین Catechin	گالیک اسید Gallic acid	سیناپیک اسید Sinapic acid	کربوهیدرات Carbohydrate	بریکس Brix	اسیدیته میوه Fruit pH	درخت Tree yield	تیمارها Treatments
		mg.l ⁻¹			m.l ⁻¹			kg.tree ⁻¹	
اثرات کاربرد توأم میکوریزا و کلسیم (Combined effects of mycorrhizae and calcium)									
18.2 ^c	13.2 ^b	46.3 ^b	5.7 ^b	12.6 ^b	85.5 ^b	11.0 ^a	3.71 ^a	17.5 ^c	M ₀ Ca ₀
18.0 ^c	14.5 ^c	42.7 ^b	3.9 ^d	16.9 ^a	88.3 ^b	13.1 ^a	3.29 ^d	20.1 ^b	M ₀ Ca ₁
22.9 ^b	15.6 ^b	49.4 ^b	5.0 ^c	12.7 ^b	96.9 ^a	13.4 ^a	3.59 ^b	20.7 ^b	M ₁ Ca ₀
25.1 ^a	17.9 ^a	57.9 ^a	7.5 ^a	17.0 ^a	109.6 ^a	15.8 ^a	3.47 ^c	22.1 ^a	M ₁ Ca ₁
اثرات کاربرد توأم میکوریزا و پلیت مرغی (Combined effects of mycorrhizae and manure)									
16.5 ^c	13.1 ^c	39.5 ^{cd}	3.8 ^c	11.1 ^c	83.8 ^c	11.4 ^a	3.81 ^a	17.9 ^d	M ₀ P ₀
18.3 ^d	13.7 ^d	37.0 ^d	4.4 ^d	13.3 ^d	84.0 ^c	11.5 ^a	3.57 ^b	18.5 ^d	M ₀ P ₁
19.5 ^c	14.9 ^c	57.1 ^{ab}	6.2 ^b	14.4 ^c	92.9 ^{bc}	13.4 ^d	3.40 ^c	19.9 ^c	M ₀ P ₂
18.0 ^d	16.3 ^b	46.1 ^c	4.3 ^d	15.5 ^b	84.4 ^c	14.3 ^c	3.48 ^{bc}	20.5 ^{bc}	M ₁ P ₀
22.4 ^b	16.7 ^b	53.5 ^b	5.5 ^c	15.8 ^b	100.0 ^b	14.8 ^b	3.41 ^c	21.6 ^{ab}	M ₁ P ₁
31.6 ^a	17.2 ^a	61.3 ^a	8.8 ^a	18.8 ^a	125.3 ^a	15.1 ^a	3.39 ^c	22.4 ^a	M ₁ P ₂
اثرات کاربرد توأم پلیت مرغی و کلسیم (Combined effects of manure and calcium)									
16.5 ^f	13.7 ^c	44.4 ^b	3.8 ^c	11.1 ^c	84.4 ^c	11.6 ^f	3.81 ^a	19.0 ^b	P ₀ Ca ₀
18.0 ^c	15.6 ^c	46.1 ^{ab}	5.0 ^d	15.4 ^b	83.8 ^c	12.1 ^e	3.60 ^b	19.4 ^b	P ₀ Ca ₁
19.1 ^d	14.7 ^d	48.6 ^{ab}	5.8 ^c	12.7 ^d	90.5 ^{bc}	12.5 ^d	3.55 ^b	18.5 ^b	P ₁ Ca ₀
21.5 ^c	16.2 ^b	50.0 ^{ab}	5.8 ^{bc}	17.5 ^a	93.5 ^{bc}	13.0 ^c	3.44 ^c	21.5 ^a	P ₁ Ca ₁
25.1 ^b	14.7 ^b	52.3 ^a	6.2 ^{ab}	14.1 ^c	98.7 ^b	14.1 ^b	3.40 ^{cd}	19.6 ^b	P ₂ Ca ₀
26.0 ^a	16.9 ^a	53.2 ^a	6.4 ^a	18.0 ^a	119.5 ^a	16.0 ^a	3.30 ^d	22.3 ^a	P ₂ Ca ₁

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

Means followed by the same letters at each column are not significantly different at the level P<0.05.

۵۰۰ گرم میکوریزا، ۵۰۰ گرم پلیت مرغی به‌ازای هر درخت و محلول‌پاشی کلسیم (تیمار $M_1Ca_1P_1$) به‌دست آمد. کاربرد این تیمار در مقایسه با شاهد (عدم مصرف میکوریزا، پلیت مرغی و کلسیم) موجب افزایش ۶۰، ۱۴۷، ۱۰۳، ۴۴۷، ۸۶، ۵۲ و ۲۶ درصدی به‌ترتیب بریکس، هیدارت‌های کرین، سیناپیک اسید، گالیک اسید، کاتچین، راتین و اسکوربیک اسید و کاهش ۲۶ درصدی اسیدیته میوه گردید.

اثرات کاربرد توأم میکوریزا، پلیت مرغی و کلسیم بر صفات کیفی میوه: بالاترین عملکرد میوه به‌میزان ۲۴/۰۷ کیلوگرم در درخت از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا، ۵۰۰ گرم پلیت مرغی به‌ازای هر درخت و محلول‌پاشی کلسیم به‌دست آمد. به‌عبارت دیگر کاربرد این تیمار موجب ۴۳ درصد برتری نسبت به شاهد شد. کم‌ترین میزان pH و بالاترین مقادیر بریکس، هیدارت‌های کرین، سیناپیک اسید، گالیک اسید، کاتچین، راتین و اسکوربیک اسید از کاربرد توأم

جدول ۶- اثرات کاربرد توأم میکوریزا- کلسیم، میکوریزا- کود دامی و کود دامی - کلسیم بر برخی ویژگی‌های انار.

Table 6. Combined effects effect of the combined use of mycorrhiza- calcium, mycorrhiza-manure and manure- calcium on some properties of pomegranate.

اسکوربیک اسید Ascorbic acid	راتین Rutin	کاتچین Catechin	گالیک اسید Gallic acid	سیناپیک اسید Sinapic acid	کربوهیدرات Carbohydrate	بریکس Brix	اسیدیته میوه Fruit pH	عملکرد درخت Tree yield	تیمارها Treatments
		mg.l ⁻¹			m.l ⁻¹			kg.tree ⁻¹	
17.0 ^c	12.2 ^d	35.6 ^f	1.7 ⁱ	10.2 ⁱ	66.3 ^c	10.7 ^l	3.91 ^a	16.86 ^g	M ₀ P ₀ Ca ₀
17.1 ^c	13.5 ^{bcd}	38.3 ^f	3.2 ^h	10.7 ^h	75.5 ^{de}	11.1 ^k	3.27 ^b	18.95 ^f	M ₀ P ₀ Ca ₁
17.5 ^{de}	13.8 ^d	38.9 ^f	4.4 ^g	12.0 ^g	80.0 ^{de}	11.2 ^j	3.59 ^{bc}	16.23 ^g	M ₀ P ₁ Ca ₀
18.0 ^d	13.9 ^{bcd}	40.0 ^f	5.6 ^e	15.3 ^e	88.0 ^{ed}	11.6 ⁱ	3.63 ^{bcd}	20.72 ^{cd}	M ₀ P ₁ Ca ₁
19.1 ^c	13.9 ^{cd}	50.9 ^{cd}	5.9 ^{de}	16.9 ^d	101.3 ^{bc}	12.2 ^h	3.60 ^{def}	19.28 ^{ef}	M ₀ P ₂ Ca ₀
19.2 ^c	15.8 ^{ab}	63.4 ^{ab}	6.7 ^c	18.9 ^b	110.3 ^b	16.7 ^b	3.59 ^h	20.48 ^{ede}	M ₀ P ₂ Ca ₁
17.9 ^d	15.3 ^{ab}	43.1 ^e	3.0 ^h	12.3 ^{gh}	66.2 ^e	13.0 ^g	3.20 ^b	21.19 ^c	M ₁ P ₀ Ca ₀
19.5 ^c	15.5 ^{bcd}	48.8 ^{de}	3.9 ^f	12.1 ^f	84.1 ^{cd}	13.4 ^f	3.71 ^{cd}	19.77 ^{def}	M ₁ P ₀ Ca ₁
20.8 ^b	16.0 ^{bcd}	49.2 ^d	6.2 ^d	14.7 ^e	99.0 ^{bc}	14.6 ^e	3.57 ^{de}	20.82 ^{cd}	M ₁ P ₁ Ca ₀
21.0 ^{ab}	17.3 ^{bc}	56.5 ^c	6.9 ^c	16.9 ^d	101.0 ^{bc}	15.0 ^d	3.39 ^{eg}	22.37 ^b	M ₁ P ₁ Ca ₁
21.3 ^{ab}	18.0 ^{ab}	58.3 ^b	8.1 ^b	18.0 ^c	102.5 ^b	15.3 ^c	3.38 ^g	20.01 ^{cf}	M ₁ P ₂ Ca ₀
21.5 ^a	18.5 ^a	66.2 ^a	9.3 ^a	20.7 ^a	163.4 ^a	17.1 ^a	3.10 ^h	24.07 ^a	M ₁ P ₂ Ca ₁
26	52	86	447	103	147	60	-3	43	درصد افزایش نسبت به شاهد

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

Means followed by the same letters at each column are not significantly differentns at the level P<0.05.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربرد منفرد میکوریزا، پلیت مرغی و محلول‌پاشی کلسیم موجب افزایش معنی‌دار عملکرد در سطح ($P < 0/01$) و کاهش معنی‌دار اسیدیته آب میوه شدند. کاربرد منفرد میکوریزا به‌جز بر سیناپیک اسید، مقدار عملکرد میوه، بریکس، میزان کربوهیدرات و بقیه پلی‌فنول‌ها را به‌طور معنی‌داری ($P < 0/01$) افزایش داد. تاکنون پژوهش‌های اندکی در زمینه اثرات قارچ‌های مایکوریز بر تولید ترکیبات فنولی که برای بشر قابل استفاده هستند، صورت گرفته است. ترکیبات فنولی نقش مهمی در دفاع شیمیایی گیاهان در برابر میکروب‌ها دارند. شواهدی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد فنول‌ها به‌عنوان سیگنال در نمو گیاه و برهمکنش گیاه-میکوریزا عمل می‌کنند (۲۳). افزایش فنول‌ها در گیاهان میکوریزیایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزیایی توسط لاروس (۲۰۰۲) و توسیانت (۲۰۰۷) گزارش شده است (۱۹ و ۳۸). در مطالعه انجام شده توسط ماچور و ویاس (۱۹۹۵) مشخص شد که در گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا، علاوه بر افزایش معنی‌دار فنول‌ها، موجب همبستگی مثبتی بین مقدار پلی‌فنول‌ها و فعالیت آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز می‌گردد. بررسی‌ها نشان داده است که قارچ‌های میکوریزی قادر به تولید و آزادسازی هورمون‌های گیاهی از جمله سیتوکین‌ها می‌باشند که می‌توانند بر رشد گیاهان تأثیر بگذارند. مکانیسم احتمالی برای افزایش ترکیبات فنولیک، پتانسیل قارچ‌های مایکوریزا آربسکولار برای القاء تغییرات در میزان فیتوهورمون‌های گیاه میزبان مانند سیتوکینین‌ها و جبرلین ذکر شده است (۲). سویت (۲۰۰۴) گزارش نمود که استفاده از میکوریزا به‌دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین بهبود فعالیت فتوسنتزی سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (۳۷). تورک و همکاران (۲۰۰۶) و اسمیت و رید (۲۰۰۸) نیز گزارش نمودند، قارچ‌های

میکوریزا پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تأثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می‌شود (۳۹) و (۳۵). بر اساس نتایج به‌دست آمده کاربرد پلیت مرغی نیز موجب افزایش معنی‌دار همه پارامترهای مورد مطالعه گردید که فقط در مورد کاتچین در سطح ($P < 0/05$) معنی‌دار بود. مطالعات انجام‌شده نشان داده است که افزودن کودهای آلی به خاک اثرات مثبت فراوانی در خاک دارد که می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود: (۱) مواد آلی منبع مواد معدنی و انرژی برای گیاهان و موجودات خاک است (۲) مواد آلی با کلاته کردن عناصر غذایی آن‌ها را به شکل قابل جذب گیاه در خاک نگه می‌دارد، (۳) مواد آلی خاک‌دانه‌سازی و توسعه ریشه را افزایش می‌دهد، (۴) مواد آلی نفوذپذیری خاک و راندمان آب مصرفی را افزایش می‌دهد، (۵) کودهای آلی خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود بخشیده و عملیات کشاورزی را تسهیل می‌کند (۲۵). تمامی موارد فوق می‌توانند روی افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات زراعی و باغی تأثیر بگذارند. امیری و فلاحی (۲۰۰۹) گزارش نمودند که با کاربرد مواد آلی در سیب، عملکرد و میانگین وزن میوه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (۳). نتایج مشابهی توسط لئونل و تجیو (۲۰۰۹) بر روی انجیر و هالمن (۲۰۱۲) بر روی گوجه‌فرنگی گزارش شده است (۱۸ و ۱۱). بر اساس گزارش بلدی و همکاران (۲۰۱۰) کاربرد کود حیوانی یا کمپوست می‌تواند باعث افزایش مواد آلی و سلامت خاک شود و همچنین این مواد می‌تواند عناصر غذایی را برای گیاه فراهم کند (۶). داده‌ها نشان دادند که محلول‌پاشی کلسیم به‌جز کربوهیدرات، مقادیر دیگر صفات مورد مطالعه از جمله پلی‌فنول‌ها را به‌طور معنی‌داری ($P < 0/01$) افزایش داد. مطالعات انجام‌شده نشان داده است که حرکت کلسیم در گیاه بسیار کند بوده و فقط

همچنین نشان می‌دهد که در میوه زرد آلو (۱۰)، توت‌فرنگی (۲۹) و سیب (۳۱) محلول‌پاشی با کلسیم میزان ویتامین ث را افزایش می‌دهد. برعکس شواهدی نیز در دست است که کاربرد کلسیم، میزان مواد جامد محلول^۱ میوه توت‌فرنگی (۴) و کیوی (۲۹) را کاهش می‌دهد. غلظت کلسیم با ماده خشک میوه‌ها نیز ارتباط مثبت دارد (۳۴) و کیفیت میوه را در دوره انبارمانی تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۷). فنگ و همکاران (۲۰۰۶) معتقدند در میوه کیوی نسبت بین کلسیم و نیتروژن از میزان هر کدام از این دو عنصر به تنهایی مهم‌تر است (۹).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که کاربرد میکوریزا، کود دامی و محلول‌پاشی کلسیم در انار، در افزایش تولید و بهبود کیفیت آن بسیار مؤثر است. بالاترین عملکرد انار در هر درخت (۲۴/۰۴ کیلوگرم در درخت) از کاربرد توأم ۵۰۰ گرم میکوریزا، ۵۰۰ گرم پلیت مرغی در هر درخت و محلول‌پاشی کلسیم به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد، ۴۲/۶ درصد افزایش عملکرد داشت. با توجه به یک‌ساله بودن آزمایش، حصول نتایج قابل‌اطمینان‌تر نیاز به بررسی بیشتر دارد.

توسط آوندهای چوبی انتقال می‌یابد حال آن‌که اثری از آن در آوندهای آبکش و شیرده پرورده مشاهده نمی‌شود. مقدار کلسیمی که از طریق آوندهای چوبی انتقال می‌یابد برای تامین کلسیم مورد نیاز میوه کافی نیست و در نتیجه میوه‌ها با کمبود کلسیم مواجه می‌شوند و این امر باعث ظهور عوارض فیزیولوژیکی ناشی از کمبود کلسیم در میوه در طول فصل رشد و عمدتاً پس از برداشت و در طول مدت نگهداری و یا انبارداری خواهد شد. کمبود کلسیم در شرایط بالا بودن درجه حرارت محیط و در نتیجه افزایش شدت تفرق از سطح برگ‌ها، مصرف بیش از حد ازت، درشت بودن میوه‌ها و آبیاری بی‌رویه و یا تنش خشکی تشدید می‌شود. از آن‌جا که در شرایط مدیریتی معمولاً این مشکلات به‌طور خواسته و یا ناخواسته به وجود می‌آید بنابراین استفاده از محلول‌پاشی کلسیم جهت تعدیل و یا تخفیف اثر عوامل فوق بر کیفیت میوه‌ها ضروری است (۱۷) و (۲۶). کاظمی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند ترکیب عناصر معدنی میوه به‌ویژه کلسیم از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت میوه کیوی است، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با کلسیم می‌تواند مقدار کلسیم میوه کیوی را افزایش دهد و به دنبال آن عمر انبارمانی میوه‌ها را زیاد کند (۱۶). گزارش‌های قبلی

منابع

1. Ali Ehyae, M., and Behbahani Zadeh, A.A. 1993. Description of Soil Chemical Analysis Methodes. Soil and Water Research Institute. Technical Publication No. 1024, Vol. 2. Tehran. (In Persian)
2. Allen, M.F., Moore, T.S., and Christensen, M. 1982. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. II. Altered levels of gibberellin-like substances and abscisic acid in the host plant. Can. J. Bot. 60: 468-471.
3. Amiri, M.E., and Fallahi, E. 2009. Impact of animal manure on soil chemistry, mineral nutrients, yield and fruit quality in 'Golden Delicious' apple. J. Plant Nutr. 32: 610-617.
4. Atri, M., Gholami, M., and Karami, F. 2008. The effects of calcium chloride foliar application on shelf life of strawberry cv. 'Kurdistan'. Agriculture Research, Water, Soil and Plant in Agriculture. 8: 1. 47-55.

5. Bagri, P., Ali, M., Aeri, V., Bhowmik, M., and Soltana, S. 2009. The Antidiabetic effect of *Punica granatum* flowers: effects on hyperlipidemia, Pancreatic cells Li did Peroxidation and antioxidant enzymes in experimental diabetes. *Food and Chemical Toxicology*. 47: 50-54.
6. Baldi, E., Toselli, M., and Marangoni, B. 2010. Nutrient partitioning in potted peach (*Prunus persica* L.) trees supplied with mineral and organic fertilizers. *J. Plant Nutr.* 33: 2050-2061.
7. Buxton, K.N. 2005. Preharvest practices affecting postharvest quality of Hayward kiwifruit. Ph.D. Thesis of Massey University, Massey University, North Palmerston, New Zealand.
8. Emami, A. 1996. Methods of Plant Analysis. Technical Publication No. 182. Soil and Water Research Institute, Tehran. (In Persian)
9. Feng, J., Maguire, K.M., and MacKay, B.R. 2006. Discrimination batches of Hayward kiwifruit for storage potential. *Postharvest biology and Technology*. 41: 128-134.
10. Gerasopoulos, D., Chouliaras, V., and Lionakis, S. 1996. Effects of preharvest calcium sprays on maturity and storability of 'Hayward' kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*. 7: 65-72.
11. Haghghat Nia, H., Nadian, H.A., and Rejali, F. 2011. Effects of mycorrhizal colonization on growth, nutrients uptake and some other characteristics of *citrus volkameriana* rootstock under drought stress. *World Appl. Sci. J.* 13: 5. 1077-1084.
12. Hallmann, E. 2012. The influence of organic and conventional cultivation systems on the nutritional value and content of bioactive compounds in selected tomato types. *J. Sci. Food Agric.* 92: 14. 2840-2848.
13. Hamazu, Y., and Hanakawa, T. 2003. Relation of highly polymerized procyanidin to the potential browning susceptibility in pear fruits. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 72: 415-421.
14. Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, Gh.R., and Tabatabaee, S.Z. 2013. Effect of urea and cow manure on leaf nutrients concentration, yield and fruit quality of pomegranate (*Punica granatum* L.). *J. Plant Prod.* 20: 2. 2013-2020.
15. Kaur, G., Jabbar, Z., Athar, M., and Alam S. 2006. *Punica granatum* (*pomegranatum*) flower extract possesses potent antioxidant activity and abrogates Fe-NTA induced hepatotoxicity in mice. *Food Chemical Toxicology*. 44: 948-993.
16. Kazemi, M., Aran, M., and Zamani, S. 2011. Effect of Calcium Chloride and salicylic acid treatment on quality characteristics of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) during storage. *Americ. J. Plant Physiol.* 6: 3. 183-189.
17. Khoshgoftarmanesh, A.H. 1386. Principles of plant nutrition. Isfahan University Press, 462p. (In Persian)
18. Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method, In: Helebust, J.A. and Craig, J.S. (ed.), Hand book of phycologia method. P 56-97, Cambridge University Press, Cambridge.
19. Larose, G., Chenevert, R., Moutoglis, P., Gagne, S., Piche, Y., and Vierheilig, H. 2002. Flavonoid levels in roots of *Medicago sativa* are modulated by the developmental stage of the symbiosis and the root colonizing arbuscular mycorrhizal fungus. *J. Plant Physiol.* 159: 1329-1339.
20. Leonel, S., and Tecchio, M.A. 2009. Cattle manure fertilization increases fig yield. *Science Agriculture*. 66: 6. 806-811.
21. Lester, G.E., Chiffon, J.L., and Max, D.J. 2006. Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. *Horticulture Science*. 41: 741-744.
22. Ling-Lee, M., Chilvers, G.A., and Ash Ford, A.E. 1977. A histochemical study of phenolic materials in mycorrhizae and uninfected roots of *Eucalyptus fastigata* Deana and Maiden. *New Phytology*. 78: 313-28.
23. Lynn, D.J., Chang, M. 1990. Phenolic signals in cohabitation: Implication for Plant Development. *Ann. Rev. Plant Physiology and Plant Mol. Biology*. 41: 497-526.
24. Malakouti, M.J., and Ghaibi, M.N. 1997. Determine the critical level of nutrients in strategic plants and accurate fertilizer recommendations in country. Agricultural Education Publication, Karaj, Iran, 56p. (In Persian)

25. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press.
26. Mathur, N., and Vyas, A. 1995. Changes in isozyme patterns of peroxidase and polyphenol oxidase by VAM fungi in roots of *Ziziphus* species. *Plant Physiology*. 145: 4. 498-500.
27. Melgarejo, P., Martínez, J.J., and Hernández, F. 2012. The pomegranate tree in the world: Its problems and uses. II International Symposium on the Pomegranate, Pp: 11-28.
28. Mustafa, C., Yashar, H., and Gokhan, D. 2009. Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. *Food Chemistry*. 112: 721-726.
29. Naphun, W., Kawada, K., Matsui, T., Yoshida, Y., and Kusunoki, M. 1997. Effects of calcium spray on the quality of 'Nyoho' strawberries grown by peat-bag-substrate bench culture. *Kasetsart J. Natur. Sci.* 32: 9-14.
30. Pekmezci, M., and Erkan, M. 2003. Pomegranate. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Akdeniz University, Turkey.
31. Poovaviah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technology*. 58: 86-89.
32. Ranjbar, H., Hasanpour, M., Asgari, M.A., Sameei Zadeh, H., and Baniasadi, A. 2007. The effects of calcium chloride, hot water treatment and polyethylene bag packaging on the storage life and quality of pomegranate (Cv: Malas- Saveh). *J. Food Sci. Technol.* 4: 1. 2-9. (In Persian)
33. Sadeghi Pour Marvi, M. 2011. The effect of different amounts of manure and nitrogen on quantitative and qualitative characteristics of spinach. Final report No. 1690. Soil and Water Research Institute. Iran, Karaj. (In Persian)
34. Smith, G.S., Geravett, I.M., Edwards, C.M., Curtis, J.P., and Buwalda, J.G. 1994. Spatial analysis on the canopy of kiwifruit vines as it relates to the physical. Chemical and postharvest attributes of the fruit. *Annals of Botany*. 73: 99-111.
35. Smith, S.E., and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition. Academic Press, London, U.K., 804p.
36. Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. *J. Biol. Chem.* 1: 44-48.
37. Swift, C.E. 2004. Mycorrhiza and soil phosphorus levels. Area Extension Agent, <http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/PLANTS/Mycorrhiza>.
38. Toussaint, J.P., Smith, F.A., and Smith, S.E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. *Mycorrhiza*. 17: 291-297.
39. Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. *World J. Agric. Sci.* 2: 1. 16-20.
40. Usha, K., Mathew, R., and Singh, B. 2004. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on growth, nutrient uptake and yield of *Foeniculum vulgare*. *Karnataka J. Hort.* 1: 1. 56-60.
41. Vazifah Shenan, M.R. 2014. Final Reports: Registration and identification of commercial varieties of pomegranates in country. Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj. (In Persian)
42. Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhiza fungi influence on growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well watered and water stress conditions. *J. Plant Physiol.* 4: 417-425.



Mycorrhiza, plate's avain fertilizer and calcium application effects on the yield and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit

M.S. Ghorbani¹ and *A.H. Ziaeyan²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Darab Branch, Islamic Azad University, Darab, Iran,

²Associate Prof., Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources
Research Center, AREEO, Shiraz, Iran

Received: 07/09/2016; Accepted: 02/20/2017

Abstract

Background and Objectives: Calcium is an essential element affecting fruit quality. Fruits that have enough calcium have greater capability to transport and warehousing (2, 21 and 22). Mycorrhizal symbiosis due to the increases uptake of water and nutrients, as well as due to increases photosynthesis activities, can increases plant biomass (36 and 37). Plants with mycorrhizal symbiosis, has better growth and higher yield and show greater resistance to stresses (40). Manure can improve soil organic matter and soil health (3 and 6). Amiri and Fallahi (2009) reported that by use of manure in apple, yield and average fruit weight significantly increases (3). In order to study the main and combined effects of mycorrhiza, calcium and manure on the pomegranate production, this research was conducted in Fars province.

Materials and Methods: In order to achieve the desired goals, in 2014, an experiment were conducted as factorial in a randomized completely block design with 12 treatments in three replicates. Experimental factors were included combinations of two levels of 0 and 500 g.tree⁻¹ mycorrhiza, three levels of 0, 250 and 500 g.tree⁻¹ manure and two treatments of without foliar spray and foliar spray of calcium chloride with 0.5% concentration. Treatments were carried out on two ten-year-old pomegranate trees with almost uniform growing conditions. The measured traits were including yield per tree, contents of pH, berix, carbohydrates and phenolic acids (sinapic acid, gallic acid, catechin, rutin and ascorbic acid) in the pomegranate fruits. All obtained data were analyzed with SAS software.

Results and Discussion: The results showed that main effects of different treatments on the decreasing of pomegranate juice acidity were significant. Mycorrhiza application, except sinapic acid, significantly ($P<0.01$) increased the others studied properties. Foliar applications of calcium chloride, except the amount of carbohydrates, had a significant effects ($P<0.01$) on the other studied properties, such as polyphenols. The manure application significantly increased all of studied properties. The combined application of mycorrhiza, manure and calcium, with the exception of fruit weight and juice acidity had a significant effect ($P<0.01$) on other traits. The lowest juice pH, the highest average weight of 5 fruits and highest values of sinapic acid, gallic acid, catechin, rutine and ascorbic acid were obtained from combined application of 500 g.tree⁻¹ mycorrhiza, 500 g manure.tree⁻¹ and calcium chloride spraying.

Conclusion: The results showed that application of mycorrhiza, manure and calcium spraying in pomegranates are very effective in increasing of its production and improving its quality. The highest yield (24.04 kg.tree⁻¹) were obtained from combined application of 500 g.tree⁻¹ mycorrhiza, 500 g.tree⁻¹ of manure and calcium chloride spray which in compared with the control treatment showed 42.6% increase in yield. In general, due to one year of testing, to achieve more reliable results need to investigate further.

Keywords: Calcium chloride, Manure, Mycorrhizal fungi, Phenolic acids, Pomegranate

* Corresponding Author; Email: ziaeyan_39@yahoo.com