

نقش کودهای حاوی فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی در کشت گلخانه‌ای

نسرین توفیقیان^۱، سمیه رستگار*^۲ و عبدالنبی باقری^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۷)

چکیده

به منظور بررسی نقش کودهای حاوی فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی در کشت گلخانه‌ای، این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در آذرماه ۱۴۰۱ در گلخانه‌ای در حاجی‌آباد استان هرمزگان انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین میزان وزن میوه (۱۴۵ گرم)، طول میوه (۴/۹۸ سانتی‌متر)، قطر میوه (۶/۹۵ سانتی‌متر)، حجم میوه (۱۶۴)، وزن کل یک خوشه (۶۳۷ گرم) و تعداد میوه‌های یک خوشه (۶/۸) با کاربرد ۲۰-۲۰-۲۰ (N-P-K) + سوپرفسفات تریپل به دست آمد. هم‌افزایی کودها بر صفات کیفی میوه نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد محلول میوه با کاربرد کود اسیدفسفریک ۷۵٪ مشاهده شد. کاربرد کودهای فسفر توانست میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را افزایش دهد. بیش‌ترین میزان فنل (۰/۷۴ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر) با کاربرد کود ۲۰-۲۰ + اسید فسفریک در میوه‌ها مشاهده شد. کودهای فسفر به تنهایی و در ترکیب با کود کامل نقش موثری در افزایش محتوی فلاونوئید میوه داشتند. به‌طور کلی با توجه به خصوصیات مختلف مورد بررسی، کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + سوپرفسفات تریپل جهت بهبود خصوصیات مختلف میوه گوجه‌فرنگی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدفسفریک، سوپرفسفات تریپل، گوجه گلخانه‌ای

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران
۳. استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، هرمزگان، ایران

* مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: rastegarhort@gmail.com

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) از خانواده Solanaceae یکی از محصولات سبزی و صیفی بسیار مهم در دنیا است. کشت گوجه‌فرنگی در گلخانه، میوه تازه را برای مصرف‌کننده در تمام طول سال فراهم می‌کند (۶). از دیدگاه اقتصادی محصول گوجه‌فرنگی پس از سیب‌زمینی، دومین محصول پرارزش کشاورزی محسوب شده و از لحاظ مصرف سرانه پس از آن قرار دارد که به دو صورت تازه و فرآوری شده مصرف می‌شود و به همین خاطر طی سال‌های اخیر میزان تولید آن در سراسر جهان افزایش پیدا کرده است. گوجه‌فرنگی میوه‌ای غنی از ویتامین آ و ث است که البته در اکثر تقسیم‌بندی‌ها به‌عنوان سبزی میوه‌ای تلقی می‌شود (۹).

تغذیه معدنی، نقش مهمی در افزایش توان تولیدی گیاهان دارد (۱۸). فسفر (P) یک ماکرومولکول حیاتی است که نقش مهمی در رشد و متابولیسم گیاه دارد. فسفر خاک معمولاً رشد گیاه را به‌دلیل تحرک ضعیف محدود می‌کند. در حال حاضر، غلبه بر کمبود فسفر و افزایش در دسترس بودن فسفر خاک یک مسئله ضروری برای دستیابی به بهره‌وری بالای محصول است که نیاز به استفاده از مقادیر زیادی کود فسفر غیر آلی در اکوسیستم‌های کشاورزی را برجسته می‌کند (۲۸).

حاجیان و همکاران (۱۰) به‌منظور بررسی نقش نسبت‌های مختلف تغذیه با کودهای حاوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) بر خواص کمی و کیفی گوجه‌فرنگی رقم سوپر استون، آزمایشی اجرا کردند. در این پژوهش تلفیق نسبت ۲۰-۲۰-۲۰ از کودهای NPK در مرحله رویشی با نسبت‌های بالای پتاسیم به‌خصوص نسبت ۳۸-۱۱-۳ از کودهای NPK هم در عملکرد نهایی و کیفیت میوه تأثیر بیشتری به‌همراه داشت. در پژوهشی تأثیر کودهای فسفره با ترکیبات مختلف را بر عملکرد محصول گوجه‌فرنگی بررسی کردند. این مطالعه نشان داد که از بین کودهای فسفره افزودن فسفات منیزیم آمونیوم بر عملکرد گوجه‌فرنگی تأثیر مثبت دارد (۲). در تحقیقی تأثیر کود فسفر را

بر روی رشد گوجه‌فرنگی بررسی و گزارش دادند که کاربرد فسفر باعث افزایش جذب فسفر و ماده خشک گیاه گوجه‌فرنگی شد (۱۱). محققین گزارش دادند که استفاده از سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی را به طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین تعداد گل، تعداد میوه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، تعداد میوه در بوته و میزان عملکرد میوه در هکتار با کاربرد ترکیبی نیتروژن (۱۰۰٪) + فسفر (۷۵٪) ثبت شد. درحالی‌که حداکثر مدت زمان برداشت، طول میوه، قطر میوه و میانگین وزن میوه، با کاربرد توأم نیتروژن (۷۵٪) + فسفر (۱۰۰٪) ثبت شد. این نتایج نشان داد که تولید بهینه گوجه‌فرنگی را می‌توان با کاربرد تلفیقی نیتروژن (۱۰۰٪) + فسفر (۷۵٪) به‌دست آورد (۵).

استفاده از کودهای شیمیایی از قبیل نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) و همچنین کوه‌های فسفر بالا در مراحل رشد رویشی و زایشی در گیاه گوجه‌فرنگی، که بتواند گلدهی، کیفیت و عملکرد در این محصول را افزایش دهد یکی از ضرورت‌های اساسی برای تولید این محصول است. در این پژوهش تلاش می‌شود تا با بررسی اثر هم‌افزایی کودهای حاوی فسفر با کود ۲۰-۲۰-۲۰ (N-P-K) روی گیاه گوجه‌فرنگی رقم دافنيس، بتوان به صفات مرغوب‌تری در گیاه گوجه‌فرنگی رسید.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل آزمایش: این پژوهش در آذر ماه ۱۴۰۱ در گلخانه‌ای در سایت گلخانه‌ای علی‌آباد حاجی‌آباد هرمزگان انجام شد. این گلخانه با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۹۵ دقیقه و عرض ۲۸ درجه و ۳۱ دقیقه با ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا و حداقل دما ۱- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای ۴۷ درجه سانتی‌گراد است.

روش انجام پژوهش: این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. برای این منظور بذور گوجه‌فرنگی رقم دافنيس (رشد نامحدود) در تاریخ

۱۴۰۱/۸/۲۴ در سینی‌هایی با حفره‌های ۱۰۵ تایی با مخلوط پیت ماس و کوکوپیت به نسبت ۱/۳ پیت ماس و ۲/۳ کوکوپیت

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق خاک (سانتی‌متر)	زیمنس بر متر	هدایت الکتریکی (دسی-)	pH	کرن آلی	ازت کل (درصد)	آهک (درصد)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم) پتاسیم قابل جذب	(میلی‌گرم بر کیلوگرم) فسفر قابل جذب	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
۰-۳۰	۰/۹۱	۷/۷۳	۰/۴۳	۰/۰۴	۳۹/۷	۲۳۲	۷	۲۴	۶۲	۱۴	سیلت لوم	

جانبی انجام شد و هرس برگ و میوه صورت نگرفت و بوته‌ها با نخ به قیم بسته شدند.

مقادیر کودهای مصرفی: ۲۰-۲۰-۲۰ (N-P-K) مقدار ۳۰ گرم برای ۳۰ بوته (هر گلدان ۱ گرم)، ۱۰-۵۲-۱۰ مقدار ۳۰ گرم برای ۳۰ بوته (هر گلدان ۱ گرم)، اسیدفسفریک (۷۵٪) ۱۸۰ سی سی برای ۳۰ بوته (هر گلدان ۶ سی سی) و سوپر فسفات تریپل ۱۸۰ گرم برای ۳۰ بوته (هر گلدان ۶ سی سی).

شرایط متوسط دمایی گلخانه در زمستان ۱۵-۱۸ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۶۰ درصد و در فروردین و اردیبهشت‌ماه دما ۲۵-۲۸ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۷۰-۶۰٪ بود. برای خنک کردن سیستم فن و پد و برای گرمایش از بخاری گازسوز استفاده شد. سرانجام در تاریخ ۱۴۰۲/۲/۹ میوه‌ها برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند و صفات زیر اندازه‌گیری شد.

طول و قطر میوه: طول و قطر میوه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شدند.

حجم میوه: برای اندازه‌گیری حجم میوه، وزن تر میوه با ترازوی دقیق اندازه‌گیری و حجم میوه از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرار دادن در حجم مشخصی از آب محاسبه شد.

تعداد میوه‌های یک خوشه و وزن کل یک خوشه: تعداد میوه‌های یک خوشه شمارش و سپس یک خوشه توسط ترازو وزن شد.

متوسط وزن میوه: پس از برداشت میوه‌ها، میوه با استفاده از

کشت شدند. آبیاری اول با آب و آبیاری دوم به نسبت ۲ در هزار از اسید هیومیک جهت تسریع در جوانه‌زنی استفاده شد. پس از جوانه‌زنی و سبز شدن بذور در مرحله ۲ برگی تغذیه نشاها با کود ۱۰-۵۲-۱۰ (N-P-K) به نسبت ۱ در هزار انجام شد. آبیاری با توجه میزان رطوبت موجود در سینی‌ها دو روز در میان انجام شد. در مرحله ۴ برگی برای جلوگیری و پیشگیری از بوته‌میری از قارچ‌کش هایمکسازول به نسبت ۱ در هزار به‌صورت غوطه‌ور کردن ته سینی نشا در محلول استفاده شد همچنین در این مرحله در نوبت دیگر آبیاری از کلپ ریشه جهت افزایش حجم ریشه نشا به نسبت ۱ در هزار به‌صورت غوطه‌ور کردن سینی و آغشته شدن ریشه در محلول استفاده شد. همچنین از کود نترات کلسیم به نسبت ۱ در هزار در نوبت بعدی آبیاری استفاده شد. انتقال نشا بعد از ۴۵ روز در تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۹ انجام شد. گلدان‌های پلاستیکی به حجم ۱۰ کیلوگرم خاک به‌عنوان بستر کشت اصلی در نظر گرفته شد. خصوصیات خاک مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. انتهای گلدان‌ها چند سوراخ جهت زهکشی تعبیه شد و سپس نشاها به گلدان‌ها منتقل شدند. دو مرحله اسیدهیومیک به میزان ۵۵ گرم برای تعداد ۵۵ بوته نشا تزریق شد (۲/۵ کیلوگرم در هکتار). لازم به ذکر است که آبیاری با آبپاش انجام گرفت. اولین اعمال تیمار در تاریخ ۱۴۰۱/۱۱/۱۴ انجام شد. هر تیمار ۳۰ بوته در نظر گرفته شد. سه نوبت کوددهی به فاصله ۱۵ روز یکبار صورت گرفت. در ضمن فقط هرس شاخه

ترازو وزن شدند.

در طول موج ۷۵۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (سسیل ۲۵۰۱، ساخت انگلستان) قرائت شد (۲۶). برای تهیه منحنی کالیبراسیون از غلظت‌های مختلف اسیدگالیکاستفاده شد. در نهایت نتایج به صورت میلی گرم اسیدگالیک بر گرم وزن تر گزارش شد.

اندازه‌گیری فلاونوئید: اندازه‌گیری میزان فلاونوئید میوه از روش چانگ و همکاران (۴) با کمی تغییر براساس رنگ سنجی کلریدآلومینیوم تعیین شد. برای این پروتکل میزان ۰/۵ میلی لیتر از عصاره میوه، ۱/۵ میلی لیتر متانول ۰/۸۵، ۰/۱ میلی لیتر کلریدآلومینیوم ۱۰ درصد، ۰/۱ میلی لیتر استات سدیم ۱ مولار و ۲/۸ میلی لیتر آب دوبار تقطیر با سمپلر برداشته و در لوله آزمایشی ریخته شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط نگهداری و پس از جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرائت شد. برای رسم منحنی استاندارد از کوئرتستین استفاده شد و نتایج حاصل بر حسب میلی گرم کوئرتستین در هر گرم عصاره بیان شد.

آنالیز داده‌ها: در پایان آزمایش داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج

متوسط وزن میوه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به متوسط وزن میوه نشان داد که متوسط وزن میوه تحت تأثیر اثرات ساده کودهای کامل (A) NPK و فسفره (B) و اثر متقابل کودهای کامل و فسفره AB در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه اثر متقابل کود کامل (A) NPK و کود فسفره (B) بر متوسط وزن میوه نشان داد که کاربرد کودها توانست وزن میوه را افزایش دهد؛ به طوری که بیش‌ترین میزان وزن میوه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + سوپرفسفات تریپل (۱۴۱ گرم) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ نداشت (جدول ۳).

تهیه عصاره: جهت تهیه عصاره ده گرم از گوشت چند میوه را برداشته و با ترازوی دیجیتالی وزن کرده، در هاون چینی ساییده شد و با ۳۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر مخلوط شد، در فالكون ۵۰ ریخته به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری کرده، سپس با سرعت شش هزار دور در دقیقه به مدت ده دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. از روشناور این عصاره برای اندازه‌گیری قندکل (TSS) و اسید قابل تیتراسیون (TA) استفاده شد (۱۵).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS): ابتدا دستگاه را با آب مقطر کالیبره کرده و سپس چند قطره عصاره میوه روی صفحه دستگاه رفراکتوتمتر مدل (ATCIE-ATAGO ساخت ژاپن) ریخته شد و میزان مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس قرائت شد.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): جهت اندازه‌گیری میزان اسیدیته میوه 10 (TA) میلی لیتر از روشناور عصاره را در ارلن ریخته و به آن دو قطره فنل فتالین اضافه کرده و با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH 2/8 تیتراسیون انجام شد و میزان سود مصرفی ثبت شد. اسیدیته با استفاده از فرمول زیر محاسبه و بر حسب درصد بیان شد (۱۶).

$$100 \times \frac{\text{اکی‌والان اسید} \times \text{نرمالیه سود} \times \text{حجم سود مصرفی}}{\text{حجم عصاره}} = \% \text{ اسیدیته قابل تیتراسیون}$$

تهیه عصاره متانولی: برای تهیه عصاره متانولی یک گرم از گوشت چند میوه وزن کرده و با ۷ میلی لیتر متانول در هاون چینی ساییده و در فالكون ۱۵ ریخته و ۲۴ ساعت در یخچال گذاشته و بعد از ۲۴ ساعت در دور شش هزار به مدت ده دقیقه سانتریفیوژ شد. از روشناور این عصاره برای آزمایشات فنول، فلاونوئید و آنتی‌اکسیدانت استفاده شد.

اندازه‌گیری فنل کل: برای اندازه‌گیری محتوای فنل کل از معرف فولین سیوکالتو استفاده شد. ۳۰۰ میکرولیتر عصاره، ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین (فولین ۱ به ۱۰ با آب مقطر رقیق شد) بعد از ۵ دقیقه ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد و ۹۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد بعد از ۹۰ دقیقه جذب

احتمال ۱ درصد معنی دار شد و اثرات ساده کودهای کامل NPK (A) و فسفره (B) معنی دار نشدند (جدول ۲).

طول میوه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به طول میوه نشان داد که طول میوه تحت تأثیر اثر متقابل کودهای کامل و فسفره AB در سطح

جدول ۲. تجزیه واریانس داده‌ها در رابطه با صفات زایشی

میانگین مربعات (M.S)							
تعداد میوه های تک پلکته	وزن کل تک پلکته	حجم تک پلکته	قطر تک پلکته	طول تک پلکته	متوسط وزن میوه	درجه آزادی D.F	منبع تغییر S.V
۳/۷۲**	۱۱۰/۱۷۹**	۴۱۵۵**	۱/۹۵*	۰/۴۱ ^{ns}	۳۳۷۲**	۲	کود کامل NPK (A)
۳/۴۲**	۹۰/۹۸۸**	۴۷۵۲**	۱/۲۲ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}	۳۷۶۷**	۲	کود فسفره (B)
۱/۰۹*	۶۴۴۴۴**	۷۳۲۱**	۳/۳۷**	۰/۸۳**	۴۲۳۵**	۴	اثر متقابل AB
۰/۳۰	۱۹۰	۳۳/۰	۰/۴۴	۰/۲۶	۷۱/۴	۲۷	خطا
۴/۲	۵/۴	۱۱/۲	۱۱/۶	۹/۲	۱/۰		ضرب تدریجی تغییرات C.V%

*، ** و ^{ns} به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK و کود فسفره بر صفات زایشی

تعداد میوه های یک خوشه	وزن کل یک خوشه (گرم)	حجم میوه	قطر میوه (سانتی متر)	طول میوه (سانتی متر)	متوسط وزن میوه (گرم)	صفت اثر متقابل کود کامل NPK و کود فسفره
۴/۹۴ ^d	۵/۰ ^{cd}	۱۶۶ ^h	۵۵/۰ ^f	۴/۹۴ ^d	۳/۹۸ ^{cd}	۵۶/۸ ^e
۵/۴۸ ^{bcd}	۴/۸ ^{cd}	۲۳۸ ^g	۸۶/۰ ^d	۵/۴۸ ^{bcd}	۴/۲۲ ^{bcd}	۶۸/۷ ^{de} صفر
۶/۹۲ ^a	۴/۸ ^{cd}	۳۶۴ ^c	۱۴۲ ^b	۶/۹۲ ^a	۴/۳۰ ^{abcd}	۱۱۸ ^b
۶/۸۸ ^a	۵/۵ ^{bc}	۴۵۳ ^b	۱۴۹ ^b	۶/۸۸ ^a	۴/۸۰ ^{ab}	۱۳۲ ^a
۵/۵۲ ^{bcd}	۵/۵ ^{bc}	۲۱۹ ^g	۷۰/۰ ^e	۵/۵۲ ^{bcd}	۳/۶۸ ^d	۶۲/۰ ^{de} ۲۰-۲۰-۲۰
۶/۹۵ ^a	۶/۸ ^a	۶۳۷ ^a	۱۶۴ ^a	۶/۹۵ ^a	۴/۹۸ ^a	۱۴۱ ^a
۶/۰۰ ^{abc}	۴/۵ ^d	۳۲۴ ^d	۱۰۹ ^c	۶/۰۰ ^{abc}	۴/۴۵ ^{abc}	۸۹/۰ ^c
۶/۰۸ ^{ab}	۴/۸ ^{cd}	۲۸۶ ^c	۱۰۶ ^c	۶/۰۸ ^{ab}	۴/۶۰ ^{abc}	۹۳/۰ ^c ۱۰-۵۲-۱۰
۵/۱۰ ^{cd}	۶/۲ ^{ab}	۲۶۰ ^f	۷۵/۰ ^e	۵/۱۰ ^{cd}	۴/۴۲ ^{abc}	۷۱/۰ ^d

میانگین های موجود در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی داری با هم ندارند.

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) بر طول میوه نشان داد که کاربرد کودها توانست طول میوه را افزایش دهد؛ به طوری که بیشترین میزان طول میوه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰+ سوپرفسفات تریپل (۴/۹۸ سانتی متر) مشاهده شد، اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با کاربردهای ۲۰-۲۰-۲۰+ به تنهایی، ۱۰-۵۲-۱۰+ سوپرفسفات تریپل (۱۰-۵۲-۱۰+ اسید فسفریک و ۱۰-۵۲-۱۰+ سوپرفسفات تریپل نداشت (جدول ۳).

قطر میوه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به قطر میوه نشان داد که قطر میوه تحت تأثیر اثر متقابل کودهای کامل و فسفره AB در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد و اثرات ساده کودهای کامل NPK (A) و فسفره (B) معنی دار نشدند (جدول ۲).

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) بر قطر میوه نشان داد که کاربرد کودها توانست قطر میوه را افزایش دهد؛ به طوری که بیشترین میزان طول میوه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰+ سوپرفسفات تریپل (۴/۹۸ سانتی متر) مشاهده شد، اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با کاربردهای ۲۰-۲۰-۲۰+ به تنهایی، ۱۰-۵۲-۱۰+ سوپرفسفات تریپل (۱۰-۵۲-۱۰+ اسید فسفریک و ۱۰-۵۲-۱۰+ سوپرفسفات تریپل نداشت (جدول ۳).

حجم میوه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به حجم میوه نشان داد که حجم میوه تحت تأثیر اثرات ساده کودهای کامل NPK (A) و فسفره (B) و اثر متقابل کودهای کامل و فسفره AB در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲).

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) بر حجم میوه نشان داد که کاربرد کودها توانست حجم میوه را افزایش دهد؛ به طوری که بیشترین میزان حجم میوه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰+ سوپرفسفات تریپل (۱۶۴) مشاهده شد (جدول ۳).

وزن کل یک خوشه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن کل یک خوشه نشان داد که وزن کل یک خوشه تحت تأثیر اثرات ساده کودهای کامل NPK (A) و فسفره (B) و اثر متقابل کودهای کامل و فسفره AB در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲).

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) بر وزن کل یک خوشه نشان داد که کاربرد کودها توانست وزن کل یک خوشه را افزایش دهد؛ به طوری که بیشترین میزان وزن کل یک خوشه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰+ سوپرفسفات تریپل (۶۳۷ گرم) مشاهده شد (جدول ۳).

تعداد میوه‌های یک خوشه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد میوه‌های یک خوشه نشان داد که تعداد میوه‌های یک خوشه تحت تأثیر اثرات ساده کودهای کامل NPK (A) و فسفره (B) در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل کودهای کامل و فسفره AB در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲).

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) بر تعداد میوه‌های یک خوشه نشان داد که کاربرد کودها توانست تعداد میوه‌های یک خوشه را افزایش دهد؛ به طوری که بیشترین تعداد میوه‌های یک خوشه (۶/۸) با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰+ سوپرفسفات تریپل مشاهده شد، اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با کودهای ۱۰-۵۲-۱۰+ سوپرفسفات تریپل نداشت (جدول ۳).

مواد جامد محلول کل (TSS)

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به TSS نشان داد که TSS میوه تحت تأثیر اثر متقابل کودهای کامل NPK و فسفره (AB) در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد و اثرات ساده کود کامل NPK (A) و کوده فسفره (B) معنی دار نشدند (جدول ۴).

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) بر TSS نشان داد که کاربرد کودها توانست میزان TSS را افزایش

دهد، به طوری که بیشترین میزان TSS با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + اسیدفسفریک (۶/۱۱ درصد) مشاهده شد؛ اگرچه از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با کودهای ۱۰-۵۲-۱۰ به تنهایی و سوپرفسفات تریپل نداشت (جدول ۵).

اسیدقابل تیتراسیون (TA) تجزیه واریانس داده‌های مربوط به TA نشان داد که TA تحت تأثیر اثرات ساده کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) در سطح احتمال ۱ معنی دار شد و اثر متقابل کودهای کامل NPK

جدول ۴. تجزیه واریانس داده‌ها در رابطه با صفات بیوشیمیایی

میانگین مربعات (M.S)					
منبع تغییر S.V	درجه آزادی D.F	مواد جامد محلول کل	اسید قابل تیتراسیون (میلی گرم)	فنل کل	فلاونوئید کل
کود کامل NPK (A)	۲	۰/۲۸ ^{ns}	۱/۴۷ ^{**}	۸۵۳ ^{**}	۰/۰۲۹ ^{**}
کود فسفره (B)	۲	۰/۲۹ ^{ns}	۱/۱۱ ^{**}	۲۹۵ ^{**}	۰/۰۵۳ ^{**}
اثر متقابل AB	۴	۴/۶۸ ^{**}	۰/۱۳ ^{ns}	۵۱۱ ^{**}	۰/۰۵۶ ^{**}
خطا	۲۷	۰/۷۱	۰/۱۷	۷/۶	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات % C.V		۱۷/۷	۱۹/۹	۷/۶	۱۲/۲

جدول ۵. مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK و کود فسفره بر مواد جامد محلول کل، فنل و فلاونوئید

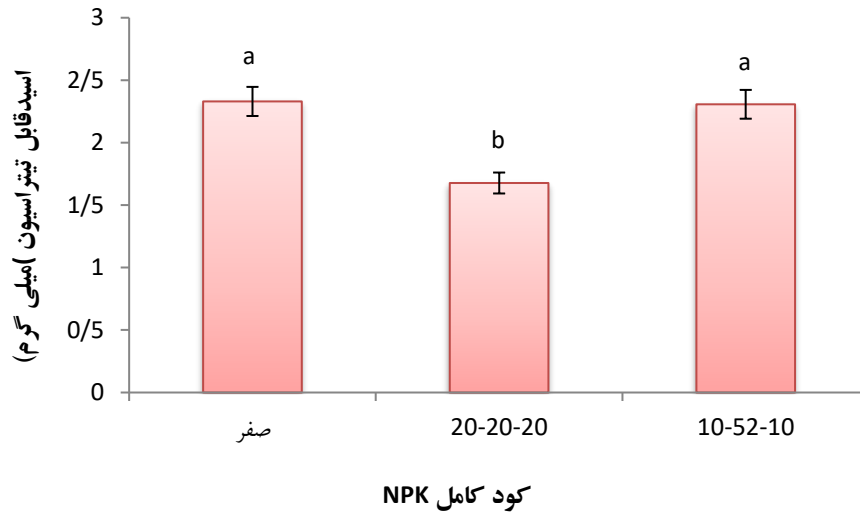
اثر متقابل کود کامل NPK و کود فسفره	مواد جامد محلول کل (درصد)	فنل کل (میلی گرم) گالیک اسید بر گرم وزن (تر)	فلاونوئید کل (میلی گرم) کوئرستین بر گرم وزن (تر)	صفت
صفر	۲۷/۹ ^{ef}	۰/۴۸ ^{de}	۱/۷۵ ^{bc}	صفر
اسید فسفریک	۵۸/۰ ^a	۰/۶۱ ^b	۲/۴۲ ^a	صفر
سوپرفسفات تریپل	۵۱/۰ ^b	۰/۳۹ ^e	۲/۵۲ ^a	صفر
صفر	۲۴/۳ ^f	۰/۵۰ ^{cd}	۱/۴۰ ^c	۲۰-۲۰-۲۰
اسید فسفریک	۳۶/۴ ^d	۰/۷۴ ^a	۲/۰۲ ^{ab}	صفر
سوپرفسفات تریپل	۲۷/۰ ^{ef}	۰/۴۷ ^{de}	۱/۵۷ ^{bc}	صفر
صفر	۴۱/۰ ^c	۰/۶۳ ^{ab}	۲/۰۲ ^{ab}	۱۰-۵۲-۱۰
اسید فسفریک	۲۸/۴ ^e	۰/۵۰ ^{cd}	۲/۴۵ ^a	صفر
سوپرفسفات تریپل	۳۲/۵ ^d	۰/۵۹ ^{bc}	۲/۴۵ ^a	صفر

میانگین‌های موجود در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنی داری با هم ندارند.

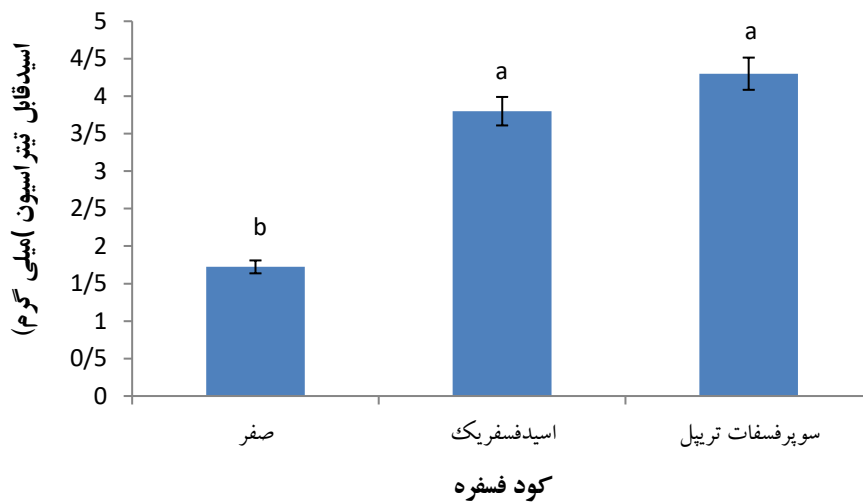
و فسفره (AB) معنی دار نشدند (جدول ۴).
 بر اساس مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر ساده کود کامل، کم‌ترین میزان TA در کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ (۱/۶۷ میلی گرم) مشاهده شد (شکل ۱). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اثر ساده کود فسفره بر TA نشان داد که کود فسفره توانست TA را نسبت به شاهد افزایش دهد؛ به طوری که

بیشترین میزان TA در کاربرد کودهای اسیدفسفریک و سوپرفسفات تریپل به ترتیب (۳/۸ و ۴/۳ میلی گرم) مشاهده شد (شکل ۲).
 نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فنل نشان داد که فنل تحت تأثیر اثرات ساده کودهای کامل NPK (A) و فسفره (B) و اثر متقابل کودهای کامل و فسفره (AB) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

فنل کل



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر ساده کود کامل NPK بر اسیدقابل تیتراسیون. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. ارور بارها نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر ساده کود فسفره بر اسیدقابل تیتراسیون. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. ارور بارها نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

فیزیولوژیکی قوی نظیر میوه‌ها رساننده و موجب بهبود اندازه میوه شود.

در این مطالعه هم‌افزایی کودها نشان داد که بیشترین تعداد میوه‌های یک خوشه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + سوپرفسفات تریپل مشاهده شد. این ممکن است به دلیل در دسترس بودن نیتروژن و فسفر تأثیر مثبتی به خصوص فسفر در شروع گل و تشکیل آن داشته باشد. با تأمین مواد مغذی اصلی مانند نیتروژن و فسفر، عملکرد بهتری در تشکیل میوه انجام شد (۳). یکی دیگر از دلایل احتمالی ممکن است به این دلیل باشد که با افزایش عرضه مواد مغذی ضروری به گوجه‌فرنگی، در دسترس بودن، اکتساب، تحرک به بافت‌های گیاهی افزایش یافته و در نتیجه تعداد میوه‌های یک خوشه افزایش یافته است (۲۰). نتایج مشابهی نیز توسط محققین در گوجه‌فرنگی گزارش شده است (۵).

بر اساس نتایج این پژوهش، هم‌افزایی کودها نشان داد که بیشترین میزان وزن میوه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + سوپرفسفات تریپل (۱۴۱ گرم) مشاهده شد. در پژوهش دهیمان و همکاران (۵) حداکثر میانگین وزن میوه (۶۴/۱ گرم) در تیمار (۷۵ درصد نیتروژن + ۱۰۰ درصد فسفر) ثبت شد. ممکن است به این دلیل باشد که میزان نیتروژن و فسفر تأثیر مثبتی دارد، به ویژه فسفر تأثیر مثبتی بر وزن میوه دارد. نیتروژن اثر قابل توجهی بر رشد و نمو گوجه‌فرنگی دارد. دلیل احتمالی دیگر ممکن است به دلیل اثر تحریکی تجمعی نیتروژن و فسفر بر رشد رویشی باشد که پایه گلدهی و باردهی را تشکیل می‌دهد (۱). این نتایج با یافته‌های پژوهشگران در گوجه‌فرنگی (۳ و ۷) و محصول سیب زمینی (۲۷) مطابقت داشت.

در این پژوهش بیشترین میزان TSS با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + اسیدفسفریک مشاهده شد. که با نتایج گیرمدین و همکاران (۸) مطابقت داشت که گزارش دادند تفاوت معنی‌داری در TSS در بین مقادیر مختلف نیتروژن و فسفر مشاهده شد. به جز تیمارهای شاهد، تفاوتی در مقادیر TSS در مقادیر مختلف نیتروژن مشاهده نشد و کمترین مقدار TSS در شاهد ثبت شد.

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK (A) و کود فسفره (B) بر میزان فنل نشان داد که کاربرد کود اسیدفسفریک به تنهایی توانست فنل را افزایش دهد؛ به طوری که بیشترین میزان فنل با کاربرد کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + اسیدفسفریک (۰/۷۴ میلی گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر) مشاهده شد. اگرچه تفاوت آماری معنی‌داری با کاربرد کود ۱۰-۵۲-۱۰ به تنهایی نداشت (جدول ۵).

فلاونوئید کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به فلاونوئید نشان داد که فلاونوئید تحت تأثیر اثرات ساده کودهای کامل NPK (A) و فسفره (B) و اثر متقابل کودهای کامل و فسفره (AB) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

مقایسه اثر متقابل کود کامل NPK و کود فسفره بر فلاونوئید نشان داد که کاربرد کودها باعث افزایش فلاونوئید شد. به طوری که بیشترین میزان فلاونوئید در کاربرد کود اسیدفسفریک و سوپرفسفات تریپل به تنهایی و همچنین در ترکیب با کود ۱۰-۵۲-۲۰-۲۰ مشاهده شد (جدول ۵).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمارهای کودی مورد استفاده در این پژوهش بر بسیاری از جنبه‌های کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی کشت شده در گلخانه موثر بود؛ به طوری که بیشترین میزان طول، قطر و حجم میوه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + سوپرفسفات تریپل مشاهده شد. کمبود فسفر برای رشد زایشی محدودکننده‌تر از رشد رویشی است. به طوری که نتایج پژوهشگران نشان داد فسفر نقش تعیین‌کننده‌ای در تشکیل و نمو میوه انگور دارد و عدم تغذیه فسفره موجب کمترین وزن حبه شد (۲۲). طبق نتایج پژوهش مشایخی و تاتاری (۱۴) پتاسیم به دلیل نقشی که در بارگیری آوند آبکشی و انتقال کربوهیدرات‌ها دارد می‌تواند آن را از منبع به مقاصد

فسفر برای گیاه، توانسته است میزان فعالیت فلاونوئید را در گیاه گوجه‌فرنگی افزایش دهد. در تایید نتایج این تحقیق نوری حسینی و همکاران (۱۷) بیان کردند که مصرف تیمارهای کود شیمیایی سبب افزایش ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدان در گیاه زیره سیاه (*Bunium persicum* Boiss.) شد.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت هم‌افزایی کودها اثر معنی‌داری بر برخی صفات کمی و کیفی میوه داشت؛ به‌طوری‌که کاربرد کودها توانست طول و قطر میوه، تعداد میوه و وزن متوسط میوه را افزایش دهد؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان قطر میوه، تعداد میوه‌های یک خوشه و متوسط وزن میوه با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + سوپرفسفات‌تریپل مشاهده شد. بیشترین میزان TSS با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + اسیدفسفریک مشاهده شد. کاربرد کودها توانست میزان TA را افزایش دهد. بیشترین میزان فنل با کاربرد کود ۲۰-۲۰-۲۰ + اسیدفسفریک مشاهده شد. بیش‌ترین میزان فلاونوئید با کاربرد کودهای فسفر به‌تنهایی و در ترکیب با کودهای کامل NPK مشاهده شد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از دانشگاه هرمزگان برای فراهم آوردن تجهیزات آزمایشگاهی تشکر می‌نمایند.

به‌طور مشابه، محتوای TSS با کاربرد P افزایش یافت و کمترین مقادیر در شاهد مشاهده شد (۸). نیتروژن یک ماده تشکیل‌دهنده پروتئین است و اسیدهای آمینه مستقیماً بر TSS تأثیر می‌گذارد (۱۲). سایر محققان نیز گزارش دادند که جامدات محلول با کاهش نیتروژن کاهش می‌یابد (۱۳ و ۲۱). برعکس، برخی گزارش دادند که N هیچ تأثیری بر TSS گوجه‌فرنگی ندارد (۱۹ و ۲۵).

در این مطالعه کاربرد کودها توانست میزان TA را افزایش دهد؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان TA با کاربرد کودهای اسیدفسفریک و سوپرفسفات‌تریپل (۲/۳۰ و ۲/۱۸ میلی‌گرم) مشاهده شد. پژوهشگران تغییرات قابل توجهی در TA به‌دلیل میزان N و P نشان داده شد. در شاهد کمترین مقدار TA مشاهده شد، اما علاوه بر این، افزایش عرضه نیتروژن بیش از ۱۳۸ کیلوگرم در ساعت، TA میوه را افزایش نداد (۸). مطالعات دیگر همچنین گزارش کردند که TA با افزایش عرضه N افزایش می‌یابد (۱۳ و ۲۴). همچنین افزایش TA را با افزایش میزان N گزارش کردند و برخی گزارش کردند که شاهد کمترین TA را داشت (۲۳).

کاربرد کود اسیدفسفریک به‌تنهایی توانست فنل را افزایش دهد؛ به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان فنل با کاربرد کودهای اسیدفسفریک بدون حضور سایر کودها مشاهده شد. هم‌افزایی کودها نشان داد که بیش‌ترین میزان فلاونوئید با کاربرد کودهای ۲۰-۲۰-۲۰ + اسیدفسفریک مشاهده گردید. به نظر می‌رسد هم‌افزایی کودها با در اختیار قرار دادن عناصر غذایی نیتروژن و

منابع

1. Aminifard, M. H., H. Aroiee, H. Nemati, M. Azizi and M. Khayyat. 2012. Effect of nitrogen fertilizer on vegetative and reproductive growth of pepper plants under field conditions. *Journal of Plant Nutrition* 35: 235-242.
2. Bagnavets, N., A. Zhevnerov, M. Grigoryeva and T. Pshenichkina. 2021. Influence of phosphorus fertilizers of various composition on the yield of tomato crops and control of their consumption by plants. *Earth and Environmental Science* 937: 022131.
3. Balemi, T. 2008. Response of tomato cultivars differing in growth habit to nitrogen and phosphorus fertilizers and spacing on vertisol in ethiopia. *Acta Agriculturae Slovenica* 91: 103-119.
4. Chang, C. C., M. H. Yang, H. M. Wen and J. C. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis* 10(3): 178-182.
5. Dhiman, J. S., H. C. Raturi, D. S. Kachwaya and S. K. Singh. 2018. Effect of nitrogen and phosphorus on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under polyhouse condition. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 7(3): 130-133.

6. Engindeniz, S., D. Y. Engindeniz, M. Yercan and F. Kınıklı. 2017. An analysis of economic aspects of greenhouse tomato growing in Turkey. *Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu / Works of the Faculty of Agriculture University of Sarajevo* 62(67): 709-717.
7. Fandi, M., J. Muhtaseb and M. Hussein. 2010. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium concentrations of yield and fruit quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in tuff culture. *Central European Journal of Agriculture* 11(2): 179-184.
8. Gebremedhin, H., M. Gebremicheal and G. Fitsum. 2020. The effects of nitrogen and phosphorus fertilizer rates on yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in hawzen, Ethiopia. Available online at: Research Square. 1-20. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-80064/v1>.
9. Georgé, S., F. Tourniaire, H. Gautier, P. Goupy, E. Rock and C. Caris-Veyrat. 2011. Changes in the content of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes.. *Food Chemistry* 124(4): 1603-1611.
10. Hajian, F., M. Arshad and M. J. Nazari Deljo. 2018. The role of different nutritional ratios with NPK-containing fertilizers on the quantitative and qualitative traits of tomato 'Superstone. In: Proceeding of 11th Congress of Horticultural Sciences of Iran. Urmia, Iran. (In Farsi).
11. Higo, M., M. Azuma, Y. Kamiyoshihara, A. Kanda, Y. Tatewaki and K. Isobe. 2020. Impact of phosphorus fertilization on tomato growth and arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Microorganisms* 8(178): 1-16.
12. Kirimi, J., F. Itulya and V. Mwaja. 2011. Effects of nitrogen and spacing on fruit yield of tomato. *African Journal of Horticultural Science* 5: 50-60.
13. Kuscu, H., A. Turhan, N. Ozmen, P. Aydinol and O. Demir. 2014. Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Horticulture Environmental Biotechnology* 55(2): 103-114.
14. Mashaikhi, P. and M. Tatari. 2015. The effect of different concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on some quantitative and qualitative characteristics of strawberry in hydroponic culture. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)* 4: 390-402. (In Farsi).
15. Mortazavi, S. M. H., K. Arzani and M. Barzegar. 2008. The effect of water absorption time and temperature on the quality characteristics of Barhi dates in the moist stage. *Journal of Research and Construction in Agriculture And Horticulture* 21: 186-193. (In Farsi).
16. Mostofi, Y. and F. Najafi. 2007. Analytical Laboratory Methods in Horticultural Sciences. (Translation). Tehran University Publications, Tehran. (In Farsi).
17. Nouri Hosseini, S. M., R. Khorasani, A. R. Astarai, P. Rizvani Moghadam and H. R. Zabihi. 2016. Effect of different fertilizer sources and humic acid on morphological characteristics, yield and antioxidant content of black cumin seeds (*Bunium persicum* Boiss.). *Journal of Agricultural Applied Research* 29(4): 88-105. (In Farsi).
18. Raliya, R., J. C. Tarafdar, K. Gulecha, K. Choudhary, R. Ram, P. Mal and R. P.Saran. 2013. Review article; scope of nanoscience and nanotechnology in agriculture. *Journal of Applied Biology and Biotechnology* 1 (03): 041-044.
19. Ronga, D., A. Pentangelo and M. Parisi. 2020. Optimizing N fertilization to improve yield, technological and nutritional quality of tomato grown in high fertility soil conditions. *Plants* 9(5): 575.
20. Shukla, Y. R., A. K. Thakur and J. Arun. 2009. Effect of inorganic and bio-fertilizer on yield and horticultural traits in tomato. *Indian Journal of Horticulture* 66(2): 285-287.
21. Simonne, A., J. Fuzere, E. Simonne, R. Hochmuth and M. Marshall. 2007. Effects of nitrogen rates on chemical composition of yellow grape tomato grown in a subtropical climate. *Journal of Plant Nutrition* 30(6): 927-935.
22. Skinner, P. W. and M. A. Matthews. 1988. A novel interaction of magnesium translocation with the supply of phosphorus to roots of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant and Cell* 13(8): 821-826.
23. Taiwo, L., J. Adediran and O. Sonubi. 2007. Yield and quality of tomato grown with organic and synthetic fertilizers. *International Journal of Vegetable Science* 13(2): 5-19.
24. Wang, Y. T., S. W. Huang, R. L. Liu and J. Y. Jin. 2007. Effects of nitrogen application on flavor compounds of cherry tomato fruits. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170(4): 461-468.
25. Warner, J., Zhang. T. Q. and X. Hao. 2004. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. *Canadian Journal of Plant Science* 84(3): 865-871.
26. Waterhouse, A. L. 2002. Determination of total phenolics. pp. 111-118, In: R. E. Wrolstad (Ed.), *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. JohnWiley and Sons, New York.
27. Zewide, I., A. Mohammed and S. Tulu. 2012. Effect of different rates of nitrogen and phosphorus on yield and yield components of potato (*Solanum tuberosum* L.) at Masha district, South Western Ethiopia. *International Journal of Soil Science* 7(4): 146-156.
28. Zhu, J., M. Li and M. Whelan. 2018. Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils: a review. *Science Total Environmental* 612: 522-537.

The role of Phosphorus-Containing Fertilizers on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Tomato Fruit in Greenhouse Cultivation

Nasrin Tofighiyan¹, Somayeh Rastegar² and Abdoolnabi Bagheri³

1 and 2. M.Sc. Student of Horticulture and Associate Professor, Respectively, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran.

3. Assistant Professor, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Hormozgan, Iran

*Corresponding author's e-mail address: rastegarhort@gmail.com

(Received: January 15-2024; Accepted: August 28-2024)

Extended Abstract

Introduction

Phosphorus-containing fertilisers play a crucial role in improving both the quantity and quality of greenhouse-grown tomatoes. Greenhouses make it possible to produce fresh tomatoes all year round, and these tomatoes are among the most important and valuable horticultural crops globally. Phosphorus (P) is an essential nutrient contributing mainly to ATP production, root growth, and vigorous vegetative and reproductive growth. Being an immobile ion, P doesn't move easily in the soil, its deficiency becoming prevalent throughout the plant growth, necessitating P fertilizers application to guarantee an acceptable fruit yield. Research has shown that adding P fertilizer increases fruit yield, fruits/plant, and plant height. It also improves the quality of the fruit, enhancing traits like size, firmness, and nutritional content, particularly vitamins A and C. When P is combined with the right amounts of nitrogen and potassium, the benefits to the crop growth and productivity are even greater, leading to higher fruit yield and quality. To meet market demands and ensure consistent, high-quality tomatoes production, optimising P use in greenhouse farming is crucial.

Materials and Methods

This research was conducted in December 2022 in a greenhouse located at the Aliabad-Hajiabad greenhouse site in Hormozgan province, south of Iran (longitude of 55° 95', latitude of 28°31', an elevation of 1200 meters above sea level, and temperatures ranging from -1 °C to 47 °C). The study followed a factorial design within a completely randomized design (CRD) with four replications. Seeds of the *Dafnis* tomato cultivar (indeterminate type) were sown on 15 November 2022 in 105-cell trays filled with a mixture of peat moss and cocopeat (1:3 peat moss to 2:3 cocopeat). At the two-leaf stage, seedlings were fertilized with 10-52-10 (N-P-K) fertilizer. Irrigation conducted every two days based on tray moisture levels. Seedlings were transplanted into 10 kg plastic pots on 30th of December 2022. Humic acid was applied twice (55 g for 550 seedlings, equivalent to 2.5 kg/ha). Treatments began on 3rd of February 2023, with 30 plants per treatment group. Fertilization levels included: 0 (no fertilizer), 20-20-20 (N-P-K), 10-52-10 (N-P-K), Phosphoric Acid (75%), Triple Superphosphate which were carried out three times at 15-day intervals. Tomatoe fruits were harvested on 29th April 2023 and transported to the laboratory for further analysis. Fruit length and diameter were measured using a calliper. To determine fruit volume, the fresh weight was recorded using a precise balance,

and the volume was calculated based on water displacement after submerging the fruit in a known volume of water. Fruits/cluster was determined and the total weight of each cluster was measured with a balance. Mean fruit weight was determined by weighing individual fruits after harvest. For quality assessment, total soluble solids (TSS) were measured using a refractometer. Titratable acidity (TA) was determined by titration with a standard sodium hydroxide solution. Phenolic and flavonoid contents were quantified using spectrophotometric methods. These measurements provided a comprehensive evaluation of both the physical and biochemical properties of the harvested tomatoes.

Results and Discussion

This study revealed that the maximum fruit weight (141 g), length (4.98 cm), diameter (6.95 cm), and volume (164 cm³) were recorded when 20-20-20 fertilizer was combined with triple superphosphate. Similarly, the highest total cluster weight (637 g) and fruits/cluster (6.8) were observed under this treatment. The synergistic effects of different fertilizers on fruit quality were also investigated. The application of 75% phosphoric acid resulted in the highest soluble solids content in the fruit, indicating enhanced sweetness. Moreover, phosphorus fertilizers significantly increased the titratable acidity of the fruit, contributing to its flavor profile. The highest phenolic content (0.74 mg gallic acid equivalent/g fresh weight) was found in fruits treated with a combination of 20-20-20 fertilizer and phosphoric acid. Both phosphorus fertilizers alone and in combination with the complete fertilizer significantly enhanced the flavonoid content of the fruit. The availability of nitrogen and particularly phosphorus, has a positive impact on flower initiation and development. By supplying essential nutrients such as nitrogen and phosphorus, fruit set was significantly improved. Another possible reason is that increasing the supply of essential nutrients to the tomato plant enhanced nutrient availability, uptake, and mobility within plant tissues, resulting in an increased fruits/cluster..

Conclusions

The research demonstrated that a combination of 20-20-20 fertilizer with triple superphosphate and phosphoric acid can significantly enhance both the quantity and quality of tomato fruit. This fertilizer regime not only increased fruit size and fruits/cluster but also improved other fruit characteristics such as soluble solids content, acidity, and phenol compound. These findings highlight the importance of optimizing fertilizer application to maximize tomato fruit yield and quality.

Keywords: *Greenhouse tomatoes, Phosphoric acid, Triple superphosphate.*