اثر نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی توت فرنگی رقم گاویوتا

سید مهدی میری[1]*، مهسا حسینی[2]، محمدکاظم سوری[3] و سینا عباسپور[4]

۱*- **نویسنده مسئول:** استادیار، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (smmiri@kiau.ac.ir)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۳- استادیار، گروه باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک بر رشد رویشی و زایشی توت‌فرنگی رقم گاویوتا پژوهشی به‌صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. محلول‌پاشی نیترات پتاسیم (صفر، ۱، ۲ و ۵ گرم در لیتر) بر روی برگ‌ها و اسید فنیل فتالامیک (صفر، ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر روی گل‌آذین انجام شد و صفاتی همچون تعداد گل‌آذین و میوه، عملکرد بوته، وزن تر و خشک میوه، مواد جامد محلول کل (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و نیز مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم قابل جذب برگ و میوه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد ۵ گرم در لیتر نیترات پتاسیم یا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک بیشترین تأثیر را بر روی وزن تر و خشک میوه دارد. هم‌چنین با استفاده از نیترات پتاسیم به غلظت ۲ گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری برتعداد گل‌آذین و میزان فسفر برگ و میوه مشاهده شد. بالاترین تعداد میوه (۲۶ میوه در هر بوته) با ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم و بیشترین عملکرد هر بوته (۵۴۱/۲ گرم) و TSS آب میوه (۸/۳) نیز با ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم + ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک به‌دست آمد. به‌طورکلی استفاده از نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک به‌ترتیب در غلظت‌های ۲ گرم در لیتر و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش عملکرد و صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی شدند.

کلید واژه‌ها: توت فرنگی، نیترات پتاسیم، اسید فنیل فتالامیک، عملکرد.

مقدمه

توت فرنگی[1] یکی از میوه‌های ریز است که به دلیل داشتن عطر، طعم و بعنوان منبع خوبی از ویتامین ث و عناصر معدنی از جمله پتاسیم طرفداران زیادی دارد و روز بروز بر اهمیت و سطح زیر کشت آن در جهان افزوده می شود. از ارقامی که کشت و پرورش آن‌ها در ایران رواج یافته است می‌توان گاویوتا[2] را نام برد که دارای میوه درشت و سفت بوده و طعم خوبی دارد (Taghavi, 2004). اسید فنیل فتالامیک[3] یکی از مواد تنظیم‌کننده رشد بوده که باعث افزایش طول عمر تخمک شده و در نتیجه دوره گرده‌افشانی مؤثر و درنهایت میزان میوه‌دهی و عملکرد را افزایش می دهد. هم‌چنین این تنظیم‌کننده‌ی رشد با کاهش اثرات نامطلوب شرایط محیطی، زمینه را برای تولید محصول بیشتر فراهم می‌آورد. این ماده اکسین نبوده، ولی اثرات سینرژیسم با اکسین دارد. فرمولاسیون توصیه شده این

1- *Fragaria* × *ananassa* Duch.
2- Gaviota
3- Phenyl Phthalamic Acid (PPA)

ماده با توجه به شرایط محیطی و شرایط کشت اثرات سمی ندارد (Nyeki, 1980؛ Racsko, 2004؛ Racsko and Laktos, 2003). اثر این ماده در افزایش میوه‌دهی و کیفیت میوه برخی از درختان میوه مانند سیب، آلو، گیلاس و آلبالو مورد بررسی قرار گرفته و مثبت بوده است (Khadivi-Khub and Nosrati, 2013؛ Racsko, 2004؛ Racsko, 2006؛).

در تغذیه توت‌فرنگی پتاسیم اهمیت زیادی دارد. این عنصر باعث افزایش میزان قند و اسید شده و مزه میوه را بهبود می‌بخشد. سفتی میوه و در نتیجه قابلیت نگهداری آن با تغذیه پتاسیم بهبودیافته و مقدار ویتامین ث آن افزایش پیدا می‌کند. به‌علاوه پتاسیم در گل‌آغازی، تشکیل و درشتی میوه نیز نقش مؤثری دارد (Bolat *et al.*, 1992). تخلیه پتاسیم در سیستم‌های لایه نازک مواد غذایی یا سیستم گردشی معمول است. تراکم بالای گیاهان توت‌فرنگی می تواند در زمان نمو سریع میوه باعث تخلیه پتاسیم در سیستم گردشی شود. در اثر کمبود پتاسیم میوه دارای بافتی نرم و فاقد طعم و مزه می شود. نیتروژن نیز در تمام اسیدهای‌آمینه سازنده پروتئین‌ها مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و در ترکیبات مربوط به طعم در میوه‌ها شرکت دارد. این عنصر بیشترین نقش خود را در پیکره رویشی گیاه ایفا می‌کند (Tabatabaei *et al.*, 2006). پژوهش حاضر با هدف مطالعه اثر نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک بر رشد رویشی و زایشی و جذب عناصر غذایی توت‌فرنگی رقم گاویوتا صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تجاری کشت هیدروپونیک توت‌فرنگی واقع در شهرک گلخانه‌ای هشتگرد اجرا گردید و اندازه‌گیری صفات کیفی در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. در تاریخ ۲۰ تا ۳۰ آبان ماه سال ۱۳۹۱، نشاهای توت‌فرنگی رقم گاویتا که به خوبی ریشه‌دار شده بودند در مرحله چهار برگی در گلدان‌های ۲ لیتری حاوی پرلیت، کوکوپیت و ماسه بادی با نسبت‌های برابر که در فاصله یک متری از سطح زمین قرار گرفته بودند کشت شدند. تا اواخر بهمن ماه گل گیری جهت تأمین رشد رویشی کافی هر بوته صورت گرفت و بعد از آن اجازه تشکیل گل داده شد (رهاسازی گل). محلول‌دهی غذایی در ابتدای کشت با NPK به نسبت ۱۰:۵۰:۱۰، در فصل زمستان به نسبت ۲۰:۲۰:۲۰ و در بهار با نسبت ۱۵:۱۵:۳۰ روزی ۳-۱ بار و هر دفعه به مدت ۳ دقیقه انجام گردید. pH محلول غذایی بین ۵/۸ تا ۶/۲ متغیر بوده و به‌وسیله اسید سیتریک کنترل گردید و EC محلول غذایی در محدوده ۱/۸ دسی زیمنس تنظیم شد. عوامل آزمایشی شامل محلول‌پاشی نیترات پتاسیم (Plantin ساخت فرانسه، دارای ۱۳ درصد نیتروژن و ۳۶ درصد پتاسیم) در غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۱، ۲ و ۵ گرم در لیتر از ۲ هفته قبل از رهاسازی گل به فاصله هر ۱۴ روز یک‌بار بر روی قسمت‌های رویشی و اسید فنیل فتالامیک (Nevirol 60) با نام تجاری بارافشان در غلظت‌های صفر (آب مقطر)، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتردر طول دوره گلدهی به فاصله ۵ روز یک‌بار بر روی گل‌آذین (جمعاً ۴ بار) انجام شد. پس از برداشت میوه، صفات عدد اسپد، تعداد گل آذین، تعداد میوه و عملکرد هر بوته و درصد بدشکلی میوه اول (میوه‌های دفرمه) یادداشت برداری گردید. جهت اندازه‌گیری عدد اسپد[1] به‌عنوان شاخصی از میزان کلروفیل از دستگاه کلروفیل متر (مدل SPAD-502) استفاده شد و پس از کالیبره کردن دستگاه، از هر بوته ۳ برگ انتخاب گردید و میانگین مربوطه به‌عنوان مقدار نهایی مورد استفاده قرار گرفت. وزن تر میوه با استفاده از ترازوی حساس و برای تعیین وزن خشک، میوه‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت یک هفته نگهداری و سپس توزین شدند (Haghighat Afshar *et al.*, 2006). حجم میوه با استفاده از یک استوانه مدرج ۲۵۰ میلی‌لیتری محتوی ۱۵۰ میلی لیتر آب اندازه‌گیری شد. میوه‌ها به آرامی داخل استوانه مدرج آب انداخته شده و حجم

1- SPAD

میوه بر اساس حجم آب جابجا شده محاسبه گردید. پس از تهیه عصاره میوه‌ها، مواد جامد محلول کل (TSS[1]) با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که چند قطره از آب نمونه صاف شده را بر روی صفحه حساس دستگاه قرار داده و با قرار دادن صفحه دستگاه در مقابل نور، درجه آن برحسب بریکس قرائت و یادداشت گردید. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (TA[2])، ۵۰ میلی لیتر عصاره میوه با آب مقطر به حجم رسانده شده، سپس توسط بورت اتوماتیک سود ۰/۱ نرمال داخل ارلن حاوی محلول ریخته شد. pH محلول روی عدد ۸/۲ ثابت و درنهایت حجم NaOH مصرفی معادل اسید داخل عصاره قرائت گردید (Abdollahi *et al*., 2010).

کلسیم به روش کمپلکسومتری، نیتروژن به روش تقطیر کجلدال، فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و میزان پتاسیم قابل جذب نیز از طریق قرائت یون‌های پتاسیم با دستگاه فیلم فتومتر در نمونه‌های برگ و میوه اندازه‌گیری شد (Ehyaei and Behbehani, 1991؛ Jaafari Haghighi, 2003؛ Jones, 2001). این تحقیق به‌صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار (هر تکرار یک گلدان با ۳ بوته) انجام شد و تجزیه داده‌ها و محاسبه ضریب همبستگی به‌وسیله نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

طبق نتایج تجزیه واریانس، تعداد گل‌آذین، نیتروژن برگ، فسفر و پتاسیم برگ و میوه تنها تحت تأثیر نیترات پتاسیم در سطح احتمال ۱ درصد و نیتروژن میوه در سطح احتمال ۵ درصد قرار گرفت، در حالیکه اثرات ساده نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک در سطح احتمال ۱ درصد بر حجم، وزن تر و وزن خشک میوه‌ها تأثیر معنی‌داری داشت. برهمکنش نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص سبزینگی برگ، تعداد میوه، درصد بدشکلی میوه اول، TA و در سطح احتمال ۵ درصد بر TSS و کلسیم برگ و میوه داشته است.

بالاترین تعداد گل‌آذین در تیمار ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم با میانگین ۷/۹ عدد به‌دست آمد که نسبت به استفاده از نیترات پتاسیم در سطوح ۰، ۱ و ۵ گرم در لیتر که هر سه در یک گروه آماری قرار گرفتند، سبب افزایش ۵۰ درصدی تعداد گل‌آذین شده است (جدول ۱). Eshghi و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان کردند نیترات پتاسیم بیشترین اثر را در تعداد گل و گل‌آذین و رشد بوته‌های توت‌فرنگی رقم مراک[3] داراست. گیاهان محلول‌پاشی شده با ۵ گرم در لیتر نیترات پتاسیم، بیشترین وزن تر و خشک و حجم میوه و شاهد (آب مقطر) کمترین وزن تر و خشک میوه را داشتند که نشان‌دهنده افزایش بیش از دو برابری وزن تر، ۶۸ درصدی وزن خشک و ۲۲ درصدی حجم میوه می باشد (جدول ۱).

جدول ۱- اثر نیترات پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی

Table 1. Effect of potassium nitrate on quantitative and qualitative characteristics of strawberry fruit

نیترات پتاسیم Potassium nitrate ($g.l^{-1}$)	تعداد گل آذین Inflorescence No.	وزن تر میوه Fruit fresh weight (g)	وزن خشک میوه Fruit dry weight (g)	حجم میوه Fruit volume (cm^3)
0	5.8^{b}	13.9^{d}	1.3^{d}	22.6^{c}
1	5.2^{b}	16.9^{c}	1.7^{c}	24.6^{b}
2	7.9^{a}	20.5^{b}	1.9^{b}	24.7^{b}
5	5.7^{b}	28.5^{a}	2.2^{a}	27.6^{a}

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

1- Total Soluble Solid
2- Titrable acidity
3- Merak

در محلول‌پاشی با اسید فنیل فتالامیک، تیمار ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک کمترین وزن تر و خشک و حجم میوه و استفاده از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین وزن تر و خشک و حجم میوه را در بین سطوح مختلف اسید فنیل فتالامیک داشت (جدول ۲). در جدول (۳) نتایج نشان می‌دهد که، در تیمارهای ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک با یا بدون ۱ گرم در لیتر نیترات پتاسیم بیشترین شاخص سبزینگی برگ و با ۵ گرم در لیتر نیترات پتاسیم + ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک کمترین میزان شاخص سبزینگی به‌دست آمد. بیشترین درصد بدشکلی میوه اول در نیترات پتاسیم ۱ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و با میانگین ۱۰۰ درصد مشاهده شد و پس از آن تیمارهای نیترات پتاسیم ۲ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، نیترات پتاسیم ۲ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید فنیل فتالامیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر قرار دارند، درحالی‌که کمترین درصد میوه اول بدشکل به نیترات پتاسیم ۵ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۳۵ درصد اختصاص داشت. یکی از علل بدشکلی میوه‌های توت‌فرنگی، گرده‌افشانی ناقص است و اسید فنیل فتالامیک با بالا بردن کارایی گرده‌افشانی موجب کاهش درصد بدشکلی میوه‌های اول در غلظت مناسب گردید (Ariza *et al.*, 2012؛ Racsko, 2004).

با توجه به این نکته که غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک سبب سوختگی گل گردیده، درصد میوه‌های بدشکل در تمامی تیمارهایی که غلظت‌های مذکور را داشتند بیشتر از سایر تیمارها بود. اما در تیمارهای دارای ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک، افزایش غلظت نیترات پتاسیم به ۵ گرم در لیتر به کاهش درصد میوه‌های بدشکل کمک کرد. بیشترین تعداد میوه هر بوته با نیترات پتاسیم ۲ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و با میانگین ۲۶ میوه حاصل شد که نسبت به شاهد (آب مقطر) که کمترین تعداد میوه را داشت، بیش از ۲/۵ برابر شده است (نمودار ۱).

بالاترین عملکرد هر بوته نیز با تیمار نیترات پتاسیم ۲ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و با میانگین ۵۴۱/۲ گرم به‌دست آمد که افزایش ۳/۱ برابری نسبت به محلول‌پاشی با آب مقطر داشت (نمودار ۲). از آنجایی‌که ترکیبات دارای اکسین و شبه اکسین در رشد نهنج و نمو میوه تأثیر گذار هستند، استفاده از غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک از طریق افزایش میزان باروری برچه‌ها به‌طور غیرمستقیم و هم‌چنین با داشتن خواص شبه اکسینی به‌طور مستقیم علاوه بر افزایش تعداد میوه، بر روی رشد همگن و یکنواخت نهنج نیز تأثیر گذاشته و سبب تولید میوه‌های با وزن و حجم بالا گردید اما غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب سوختگی گل‌ها شده و میوه‌های کوچکی تولید کرد. از سویی، نیتروژن نیترات پتاسیم سرعت رشد و نمو فندقه‌ها را افزایش داده و موجب افزایش وزن میوه می‌گردد و پتاسیم نیز در درشتی میوه و افزایش عملکرد نقش مؤثری دارد (Davis, 1964).

جدول ۲- اثر اسید فنیل فتالامیک بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی

Table 2. Effect of phenyl phthalamic acid on quantitative and qualitative characteristics of strawberry fruit

اسید فنیل فتالامیک PPA ($mg.l^{-1}$)	وزن تر میوه Fruit fresh weight (g)	وزن خشک میوه Fruit dry weight (g)	حجم میوه Fruit volume (cm^3)
0	19.6^{b}	1.8^{b}	25.9^{ab}
500	24.6^{a}	2.3^{a}	26.9^{a}
1000	19.5^{b}	1.8^{b}	24.6^{b}
1500	16.2^{c}	1.3^{c}	22.1^{c}

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's multiple range test ($P< 0.05$).

یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج پژوهش Racsko and Laktos (۲۰۰۳) مبنی بر تأثیر مثبت اسید فنیل فتالامیک در تشکیل میوه مطابقت دارد و از آنجائی‌که هم زمان با مصرف اسید فنیل فتالامیک، نیازهای کودی گیاه نیز افزایش می‌یابد (Racsko and Laktos, 2003)، استفاده توأم نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک در غلظت بهینه موجب حصول بالاترین میزان عملکرد گردید. بیشترین میزان TSS در استفاده از ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم به همراه عدم محلول‌پاشی و یا محلول‌پاشی در سطح ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک و با میانگین به‌ترتیب ۸ و ۸/۳ درجه بریکس به‌دست آمد. هم‌چنین کمترین میزان TSS در تیمار نیترات پتاسیم ۵ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۱۵۰۰میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که با یافته‌های Cantliffe و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر این‌که افزایش سطح نیتروژن در محلول غذایی موجب کاهش TSS میوه توت‌فرنگی رقم فستیوال[1] می شود مشابهت دارد. بیشترین میزان TA با نیترات پتاسیم یک گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که نسبت به شاهد بیش از ۵۰ درصد افزایش نشان می‌دهد و کمترین میزان TA در نیترات پتاسیم ۵ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۳).

Jarosz and Konopinska (۲۰۱۰) نشان دادند که نسبت متناسبی از کود نیتروژنی در بهبود کیفیت میوه رقم الاسانتا[2] توت‌فرنگی مؤثر است اما Lanauskas و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند محلول‌پاشی نیترات کلسیم تأثیری در مواد جامد محلول کل، قند کل و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه توت‌فرنگی رقم هانئوی[3] ندارد. Bolat و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند که پتاسیم صفات کیفی میوه را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش میزان قند و اسید میوه می‌گردد.

جدول ۳- اثر نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک بر خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی

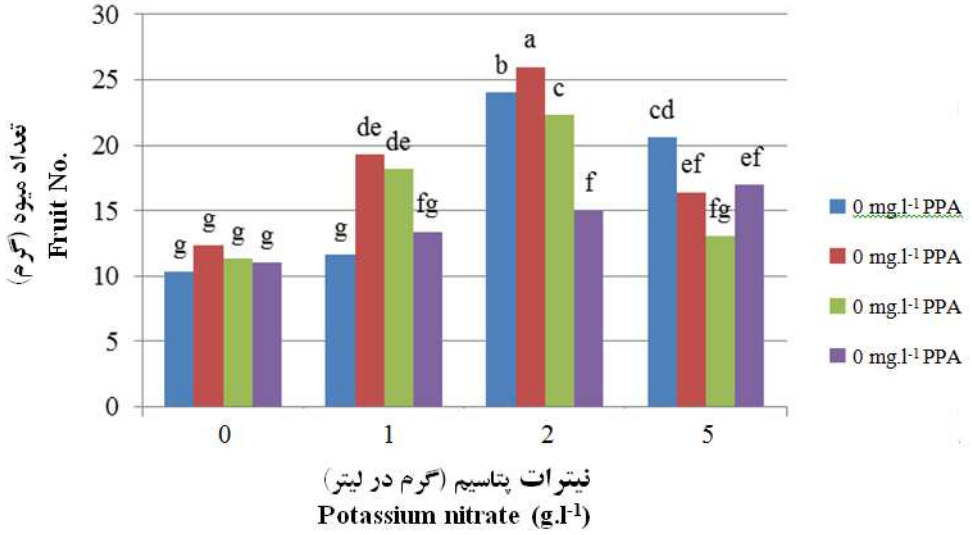
Table 3. Effect of potassium nitrate and phenyl phthalamic acid on quantitative and qualitative characteristics of strawberry fruit

نیترات پتاسیم Potassium nitrate ($g.l^{-1}$)	اسید فنیل فتالامیک PPA ($mg.l^{-1}$)	شاخص سبزینگی SPAD index	بدشکلی میوه اول Deformity of first fruit (%)	مواد جامد محلول کل TSS (%)	اسیدتیه کل TA (%)
0	0	25.5^{de}	74.4^{e-g}	6.0^{de}	0.85^{fg}
	500	28.0^{bc}	72.7^{d-f}	7.0^{bc}	0.92^{d-f}
	1000	26.8^{cd}	81.3^{f-h}	6.5^{cd}	1.12^{ab}
	1500	25.5^{de}	90.3^{hi}	6.0^{de}	0.78^{gh}
1	0	26.8^{cd}	66.0^{cd}	6.5^{cd}	0.99^{cd}
	500	29.4^{ab}	55.7^{bc}	7.5^{ab}	1.05^{a-c}
	1000	28.1^{bc}	100^{i}	7.0^{bc}	1.17^{a}
	1500	22.9^{fg}	80.0^{f-h}	5.0^{fg}	0.82^{f-h}
2	0	30.7^{a}	69.4^{de}	8.0^{a}	0.92^{d-f}
	500	31.6^{a}	51.8^{b}	8.3^{a}	0.98^{c-e}
	1000	29.4^{ab}	67.9^{hi}	7.5^{ab}	1.03^{b-d}
	1500	24.2^{ef}	67.9^{hi}	5.5^{ef}	0.72^{hi}
5	0	24.2^{ef}	52.3^{b}	5.5^{ef}	0.86^{e-g}
	500	25.5^{de}	35.0^{a}	6.0^{de}	0.69^{hi}
	1000	22.9^{fg}	82.2^{f-h}	5.0^{fg}	0.78^{gh}
	1500	21.6^{g}	82.2^{f-h}	4.5^{g}	0.64^{i}

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

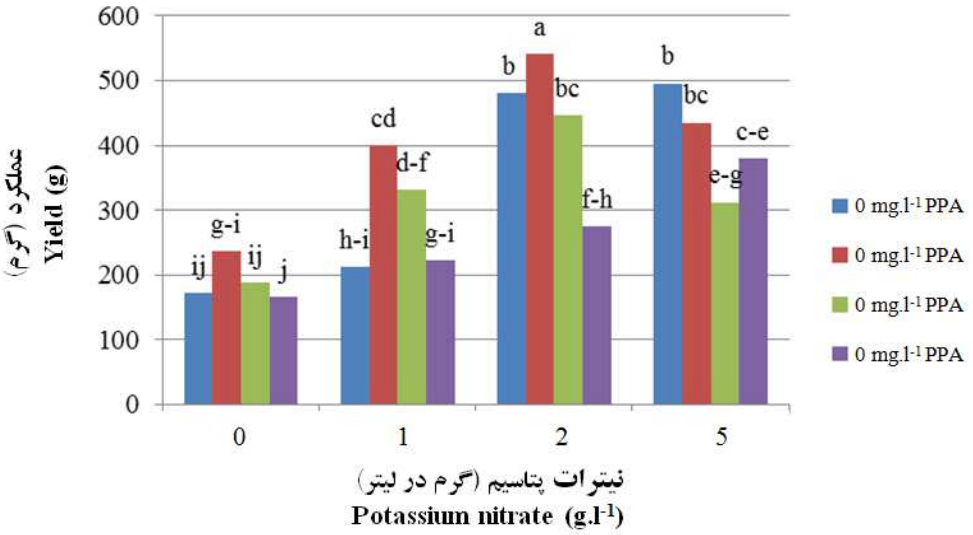
Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's multiple range test ($P< 0.05$).

1- Festival
2- Elasanta
3- Haneoye



نمودار ۱- اثر نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک بر تعداد میوه هر بوته توت‌فرنگی.

Fig 1. Effect of potassium nitrate and phenyl phthalamic acid on fruit number per strawberry plant.



نمودار ۲- اثر نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک بر عملکرد هر بوته توت‌فرنگی.

Fig 2. Effect of potassium nitrate and phenyl phthalamic acid on yield of strawberry.

مقایسه سطوح مختلف محلول‌پاشی نیترات پتاسیم در جدول (۴) نشان می دهد که، بیشترین میزان نیتروژن برگ و میوه به‌ترتیب با میانگین ۳/۱۵ و ۱/۵۶ درصد در تیمار ۵ گرم در لیتر نیترات پتاسیم حاصل شد و بین سطوح ۰ و ۱ گرم در لیتر نیترات پتاسیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به گفته Claussen (۱۹۸۶) و Kaya و همکاران (۲۰۰۱) کاهش نیتروژن برگ به کمتر از ۲ درصد موجب کمبود نیتروژن در بادنجان و گوجه فرنگی می‌گردد و اگر برگ‌ها بین ۲/۳ تا ۲/۸ درصد نیتروژن داشته باشند، میوه‌های درشت و عملکرد بیشتری به دست خواهد آمد. محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم توانست بیشترین میزان فسفر برگ و میوه را از آن خود سازد. مطابق جدول (۵) بیشترین میزان کلسیم برگ و میوه با محلول‌پاشی نیترات پتاسیم ۲ گرم در لیتر با یا بدون اسید فنیل فتالامیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین میزان کلسیم برگ و میوه با نیترات پتاسیم ۵ گرم در لیتر + اسید فنیل فتالامیک ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد.

جدول ٤- اثر نیترات پتاسیم بر غلظت عناصر غذایی برگ و میوه توت‌فرنگی

Table 4. Effect of potassium nitrate on nutrient concentration of strawberry leaves and fruit

پتاسیم (درصد) K (%)		فسفر (درصد) P (%)		نیتروژن (درصد) N (%)		نیترات پتاسیم Potassium nitrate ($g.l^{-1}$)
میوه Fruit	برگ Leaf	میوه Fruit	برگ Leaf	میوه Fruit	برگ Leaf	
2.33[b]	2.49[b]	0.22[b]	0.41[b]	1.36[b]	2.64[b]	0
2.30[b]	2.45[b]	0.20[b]	0.37[b]	1.36[b]	2.69[b]	1
2.55[a]	2.75[a]	0.31[a]	0.55[a]	1.49ab	2.91[ab]	2
2.52[a]	2.72[a]	0.22[b]	0.40[b]	1.56[a]	3.15[a]	5

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's multiple range test (P<0.05).

جدول ٥- اثر نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک بر غلظت کلسیم برگ و میوه توت‌فرنگی

Table 5. Effect of potassium nitrate and phenyl phthalamic acid on calcium concentration of strawberry leaves and fruit

کلسیم (درصد) Ca (%)		اسید فنیل فتالامیک PPA ($mg.l^{-1}$)	نیترات پتاسیم Potassium nitrate ($g.l^{-1}$)
میوه Fruit	برگ Leaf		
0.17[h]	1.47[de]	0	0
0.20[b-e]	0.17[bc]	500	
0.19[c-e]	1.60[cd]	1000	
0. 18[e-g]	1.48[de]	1500	
0.18[efg]	1.60[cd]	0	1
0.23[ab]	1.85[ab]	500	
0.21[b-d]	1.73[bc]	1000	
0.15[f-h]	1.23[fg]	1500	
0.23[ab]	1.97[a]	0	2
0.24[a]	2.06[a]	500	
0.22[a-c]	1.84[ab]	1000	
0.16[f-h]	1.35[ef]	1500	
0.15[f-h]	1.35[ef]	0	5
0.18[d-f]	1.48[de]	500	
0.14[f-h]	1.23[fg]	1000	
0.13[f-h]	1.11[g]	1500	

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Similar letters within columns indicate insignificant differences according to the Duncan's multiple range test (P<0.05).

نتایج در جدول (۶) نشان می دهد که، میزان فسفر در گیاه همبستگی مثبتی با وزن تر و خشک میوه، TSS، TA، تعداد گل‌آذین و اندازه میوه داشته است. این نتایج توسط Langford (۱۹۹۶) و Chow و همکاران (۱۹۹۲) نیز گزارش گردیده است. طبق نتایج آزمون همبستگی صفات، افزایش میزان پتاسیم برگ سبب افزایش پتاسیم میوه، وزن تر و خشک میوه، تعداد گل‌آذین و هم‌چنین نیتروژن برگ و میوه و کاهش میزان بد شکلی میوه شده است. هم‌چنین تمامی تیمارهای بدون نیترات پتاسیم با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. تعداد میوه همبستگی مثبت معنی‌داری با میزان فسفر، پتاسیم و کلسیم برگ و میوه داشت (جدول ۶). Tabatabaei و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیان کردند پتاسیم برای گل آغازی و تشکیل میوه ضروری است. سطوح ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک موجب سوختگی گل‌ها شد و تعداد میوه‌های حاصل در اغلب موارد کمتر از شاهد بود. اما غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با بهبود شرایط تشکیل میوه سبب افزایش تعداد گل‌های تبدیل شده به میوه گردید و عوارض نامطلوبی نیز نداشت. بالاترین میزان پتاسیم برگ و میوه در تیمارهای ۲ و ۵ گرم در لیتر نیترات پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۴).

جدول ٦- ضریب همبستگی صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی

Table 6. The correlation coefficient of quantitative and qualitative characteristics of strawberry

	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	شاخص سبزینگی SPAD index	مواد جامد محلول کل TSS	تعداد میوه Fruit no.	میوه بدشکل Deformity fruit	تعداد گل‌اذین Inflorescence no.	حجم میوه Fruit volume	اسیدیته کل TA	نیتروژن برگ Leaf N	نیتروژن میوه Fruit N	پتاسیم برگ Leaf K	پتاسیم میوه Fruit K	فسفر برگ Leaf P	فسفر میوه Fruit P	کلسیم برگ Leaf Ca
وزن خشک Dry weight	0.88**															
شاخص سبزینگی SPAD index	0.44**	0.42**														
مواد جامد محلول کل TSS	0.44**	0.42**	1.00**													
تعداد میوه Fruit no.	0.72**	0.67**	0.54**	0.54**												
میوه بدشکل Deformity fruit	-0.33*	-0.49**	-0.24	-0.24	-0.40											
تعداد گل اذین Inflorescence no.	0.52**	0.36*	0.40**	0.40**	0.47**	-0.22										
حجم میوه Fruit volume	0.79**	0.85**	0.59**	0.59**	0.15	-0.51**	0.38**									
اسیدیته کل TA	0.43**	0.41**	0.99**	0.99**	0.51**	-0.22	0.38**	0.58**								
نیتروژن برگ Leaf N	0.14	0.12	-0.18	-0.18	-0.18	-0.09	0.11	0.01	-0.19							
نیتروژن میوه Fruit N	0.16	0.13	-0.14	-0.14	-0.01	-0.02	0.18	0.03	-0.15	0.94**						
پتاسیم برگ Leaf K	0.41**	0.31*	-0.01	-0.01	0.30*	-0.20	0.52**	0.20	-0.02	0.85**	0.82**					
پتاسیم میوه Fruit K	0.39**	0.29*	-0.03	-0.03	0.29*	-0.17	0.51**	0.18	-0.04	0.83**	0.80**	0.99**				
فسفر برگ Leaf P	0.52**	0.36*	0.39**	0.39**	0.46**	-0.21	0.99**	0.38**	0.37**	0.11	0.17	0.51**	0.50**			
فسفر میوه Fruit P	0.57**	0.39**	0.44**	0.44**	0.49**	-0.22	0.98**	0.44**	0.41**	0.12	0.18	0.52**	0.51**	0.98**		
کلسیم برگ Leaf Ca	0.44**	0.41**	1.00**	1.00**	0.54**	-0.24	0.41**	0.58**	0.99**	-0.19	-0.14	-0.01	-0.03	0.40**	0.44**	
کلسیم میوه Fruit Ca	0.35*	0.38**	0.96**	0.96**	0.51**	-0.21	0.35*	0.54**	0.94**	-0.17	-0.12	-0.03	-0.04	0.34*	0.38**	0.96**

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and **: Significant at 5 and 1% probability level, respectively

Bolat و همکاران (۱۹۹۲) و Davis (۱۹۶۴) بیان کردند که پتاسیم در درشتی میوه و افزایش عملکرد نقش مؤثری دارد که با نتایج این تحقیق هماهنگ می‌باشد. اما بر خلاف گزارش آن‌ها مبنی بر افزایش قند، اسید و مزه میوه با افزایش میزان پتاسیم، همبستگی معنی‌داری بین مقدار پتاسیم برگ و میوه و این صفات در این آزمایش مشاهده نشد. Langford (۱۹۹۶) دریافتند که کمبود پتاسیم باعث پژمردگی گل و دمبرگ می شود. اگر نسبت پتاسیم به نیتروژن کمتر از ۱/۵ باشد رشد رویشی در گیاه افزایش یافته و اگر این نسبت بیشتر از ۱/۵ باشد گل‌دهی اتفاق می‌افتد (Davis, 1964؛ Tabatabaei *et al*., 2006). بنابراین با توجه به این‌که میزان عناصر نیتروژن و پتاسیم در کود نیترات پتاسیم به‌ترتیب ۱۳ و ۳۶ درصد می‌باشد، محلول‌پاشی نیترات پتاسیم شرایط را برای تغییر نسبت پتاسیم به نیتروژن به مقادیر بیشتر از ۱/۵ درصد هموار می کند.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از غلظت بهینه نیترات پتاسیم و اسید فنیل فتالامیک باعث بهبود صفات کمی و کیفی می شود. محلول‌پاشی ۵ گرم در لیتر نیترات پتاسیم یا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک موجب افزایش وزن میوه‌های توت‌فرنگی شد. هم‌چنین بالاترین میزان تعداد میوه در هر بوته، عملکرد بوته و TSS میوه با مصرف توأم ۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم + ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فنیل فتالامیک به‌دست آمد.

References

1. Abdollahi, R., Asghari, M.R., and Esmaiili, M. 2010. Effect of nitric oxide and putrescine on quality attributes and storage life of strawberry fruit cv. Selva. Journal of Food Research, 20(1): 177-190. [In Farsi]

2. Ariza, M.T., Soria, C., Medina-Minguez, J.J., and Martı´nez-Ferri, E. 2012. Incidence of misshapen fruits in strawberry plants grown under tunnels is affected by cultivar, planting date, pollination, and low temperatures. HortScience, 47(11): 1569-1573.

3. Bolat, I., Guleryuz, M., and Pirlak, L. 1992. Effects of some growing mineral on the growth of strawberry cv Aliso. Bahece, 2(1-2): 55-60.

4. Cantliffe, D.J., Castellanos, J.Z., and Paranjpe, A.V. 2007. Yield and quality of greenhouse-grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 120: 157-161.

5. Chow, K.K., Price, T.V., and Honger, B.C. 1992. Nutritional requirements for growth and yield of strawberry in deep flow hydroponic system. Scientia Horticulture, 52: 95-104.

6. Claussen, W. 1986. Influence of fruit load and environmental factors on nitratereductase activity and concentration of nitrate and carbohydrates in leaves of edggplant (*Solanum melongena*). Physiologia Plantarum, 67: 73-80.

7. Davis, J.N. 1964. Effect of nitrogen, phosphorous and potassium fertilizers on the non volatile organic acids of tomato fruit. Journal of the Science of Food and Agriculture, 15: 665-673.

8. Ehyaei, M. and Behbahani zadeh, A. 1991. Methods of chemical analysis of soil. Soil and Water Research Institute Press. Technical Bulletin, 893 P. [In Farsi]

9. Eshghi, S., Safizadeh, M.R., Jamali, B., and Sarseifi, M. 2012. Influence of foliar application of volk oil, dormex, gibberellic acid and potassium nitrate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. 'Merak'. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 6(16): 35-38.

10. Haghighat Afshar, M., Babalar, M., Kashi, A., Ebadi, A., and Asgari, M.A. 2006. The effect of NH_4/NO_3 ratio on growth and yield of some different strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa* Duch.). Journal of Water and Soil Science, 10(3): 321-335. [In Farsi]

11. Jaafari Haghighi, M. 2003. Methods of soil analysis, sampling and chemical and physical importance analysis. Nedai-e-Zoha Press. Tehetan, Iran. 236 P. [In Farsi]

12. Jarosz, Z. and Konopinska, J. 2010. Effect of substrate type and nitrogen fertilization upon yielding and chemical composition of "Elasanta" strawberry cultivar grown in unheated foil tunnel. Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus, 1: 87-96.

13. Jones, J.B. 2001. Laboratory guide for conducting soil Tests and Plant Analysis. CRC Press. 384 P.

14. Kaya, C., Kirnak, H., and Higgs, D. 2001. Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivar grown at high (NaCl) salinity. Journal of Plant Nutrition, 24(2): 357-367.

15. Khadivi-Khub, A. and Nosrati, Z. 2013. Study of N-phenyl-phthalamic acid effects on fruit setting and fruit quality of sweet, sour and duke cherries. Acta Agriculturae Serbica, 18(35): 3-9.

16. Lanauskas, J., Uselis, N., Valiuskaite, A., and Viskelis, P. 2006. Effect of foliar and soil applied fertilizers on strawberry healthiness, yield and berry quality. Agronomy Research, 4: 247-250.

17. Langford, D. 1996. Fertiliser recommendations for horticulture crop strawbrries. Hort Research Publications.

18. Nyeki, J. 1980. Gyumolcsfajtak viragzasbiologiaja es termekenyulese. MezIgazdasagi Kiado, Budapest.

19. Racsko, J. 2004. Effect of auxin-synergistic preparation and fertilization on fruit setting and fruit quality of apple. Journal of Agricultural Sciences, 15: 21-26.

20. Racsko, J. 2006. N-phenyl-phthalamic acid and fertilization effects on flowering, fruit set and fruit quality of apple (*Malus domestica* Borkh). Journal of Agricultural Sciences, 24: 24-28.

21. Racsko, J. and Lakatos, L. 2003. Effect of N-phenyl-phtalamic acid (NEVIROL 60 WP) on quantitative and qualitative parameters of some horticultural plants. Proceeding of 3rd International Plant Protection Symposium, Debrecen, 216-224.

22. Tabatabaei, S.J., Fatemi, L.S., and Fallahi, E. 2006. Effect of ammonium, nitrate ration on yield, calcium concentration, and photosynthesis rate in strawberry. Journal of Plant Nutrition, 29(7): 1273-1285.

23. Taghavi, T.S. 2004. Strawberry Production Guide. Sana Press. [In Farsi]