مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۲ صفحه‌های۱۸۱ تا ۱۹۴ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

تغییرهای کیفی میوه و اجزای عملکرد توت‌فرنگی رقم کاماروسا در پاسخ به کاربرد نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن در کشت بدون خاک[1]

Fruit Quality Changes and Yield Components of Strawberry cv. Camarosa in Responses to Application of Potassium to Nitrogen Ratios in Soilless Culture

سمانه یوسفی*، سعید عشقی، علی قرقانی و هادی آتشی[2]

چکیده

تامین نسبت‌های مناسب عنصرهای غذایی در مراحل رشدی مختلف، سبب افزایش عملکرد و کیفیت میوه می‌گردد. بدین منظور برای ارزیابی تاثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی آزمایشی شامل ۱۳ تیمار با ترکیب سطح‌های مختلف نیتروژن (۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر) و پتاسیم (۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. برای تهیه محیط کشت از کوکوپیت و پرلایت با نسبت ۱:۱ استفاده شد. محلول غذایی با نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن به‌مدت ۴۵ روز (تا کامل شدن دوره رشد رویشی) با تناوب دوره سه روز یک‌بار، تیمارهای رشد رویشی و پس از آن تیمارهای رشد زایشی اعمال شد. نتیجه‌ها نشان داد تیماری که نسبت پتاسیم به نیتروژن دریافت شده در طول دوره رشد رویشی ۲۰۰/۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر و در دوران زایشی ۳۰۰/۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود، موجب افزایش معنی‌دار در اجزای عملکرد و تغییرهای کیفی چون طول، قطر، وزن میوه، شمار فندقه، درصد تشکیل میوه، عملکرد، ویتامین C، آنتوسیانین و فنول کل گردید. هیچ کدام از تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر شمار گل در هر گل‌آذین، شمار گل‌آذین در هر بوته و مقدار اسیدیته قابل تیتر توت‌فرنگی نداشتند. به‌طور کلی، زمانی که در دوره رشد رویشی نیتروژن بیشتری و پتاسیم کمتری و برعکس در دوره رشد زایشی نیتروژن کمتری و پتاسیم بیشتری به کار برده شود، سبب بهبود ویژگی‌های زایشی می‌گردد. با در نظر گرفتن تمامی ویژگی‌های ارزیابی شده در این پژوهش در اندام‌های مختلف توت‌فرنگی، تیماری که نسبت پتاسیم به نیتروژن دریافت شده در طول دوره رشد رویشی ۲۰۰/۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر و در دوران زایشی ۳۰۰/۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود، بهترین تیمار برای اعمال محلول‌غذایی به‌منظور افزایش کیفیت توت‌فرنگی و بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی بود.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، عملکرد، کیفیت، مرحله رشد، نیتروژن.

مقدمه

تغذیه مناسب توت‌فرنگی می‌تواند به تولید میوه‌های بیشتر، درشت‌تر و با کیفیت مرغوب‌تر منجر شود (۳۱). رشد بهینه، عملکرد مطلوب و ویژگی‌های کمّی و کیفی مورد قبول محصول‌های کشاورزی زیر تاثیر مقدار کافی عنصرهای غذایی، نسبت‌های مناسب عنصرها و هم‌چنین فرم‌های مختلف یک عنصر و برهمکنش آن‌ها در محلول غذایی است (۴). هم‌چنین دسترسی ماده‌های غذایی کافی در نسبت‌های درست برای عملکرد بالا و کیفیت خوب محصول ضروری است و نبود تعادل عنصرهای غذایی می‌تواند باعث عملکرد پایین و کاهش کیفیت شود (۲۲). مقدار جذب یون‌ها از محلول غذایی نه تنها به غلظت آن‌ها در

۱ - تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱/۲۶

۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار بخش علوم باغبانی و دانشیار بخش علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (s.yousefi@shirazu.ac.ir).

محلول غذایی مرتبط است، بلکه زیر تاثیر نسبت‌های مختلف عنصرهای غذایی قرار دارد. برهمکنش مستقیم و غیر مستقیم زیادی در بین عنصرها در گیاه وجود دارد که بر غلظت بحرانی[1] عنصرها تاثیر دارد (۴).

به‌طور کلی، نیتروژن و پتاسیم از ضروری‌ترین عنصرهای غذایی گیاهان هستند و برای افزایش تولید و بهبود تغذیه گیاه با هم تعامل دارند. نتیجه‌های پژوهش‌ها، رابطه مثبتی بین این عنصرهای غذایی در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نشان داده‌اند و هم‌چنین بر استفاده مناسب و متعادل این عنصرها تاکید کرده‌اند (۲۵).

از میان عنصرهای معدنی، نیتروژن نقش بسیار مهمی در رشد و تولید ماده‌های اولیه گیاه، در ساختار نوکلئوتیدها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و هورمون‌ها دارد (۳۷). هم‌چنین توت‌فرنگی مانند خیلی از گیاهان میوه‌ای دیگر در فاز زایشی نیاز بیشتری به پتاسیم دارد زیرا این عنصر با اندازه، رنگ و اسیدیته میوه ارتباط مثبتی دارد. بنابراین پتاسیم برای افزایش اندازه و کیفیت میوه اهمیت زیادی دارد (۱۶).

پتاسیم در رشد طولی یاخته‌ها، روابط آبی، حمل و نقل، فعال شدن آنزیم‌ها و هم‌چنین در ساختن کربوهیدارت‌ها نقش مهمی دارد، از این رو اگر این عنصر به‌طور کامل و مناسب به گیاه توت‌فرنگی داده شود، گیاه قند بیشتری تولید می‌کند (۹). برهمکنش این عنصر با دیگر عنصرها اثرهای مهمی بر گیاه دارد. افزایش جذب پتاسیم می‌تواند مفید یا مضر باشد، به‌طوری که اگر نسبت پتاسیم به نیتروژن افزایش یابد، سبب حساسیت بیشتر به بیماری‌ها می‌گردد، به‌گونه‌ای که استفاده از غلظت‌های مناسب نیتروژن و پتاسیم در محلول‌های غذایی سبب مقاومت زیادی به آنتراکنوز توت‌فرنگی نسبت به عنصرهایی چون فسفر و کلسیم می‌شود (۷).

مدیریت نیتروژن یک مساله مهم در رشد گیاه توت‌فرنگی می‌باشد، زیرا بیشترین نیاز گیاهان به نیتروژن در مراحل اولیه رشد است که تا انتهای مرحله رشد افزایش و سپس با مسن شدن گیاه کاهش می‌یابد، به‌طوری که اگر در هنگام رسیدن میوه از نیتروژن زیاد استفاده گردد، نه تنها قند میوه را کاهش می‌دهد، بلکه رنگ میوه را نیز می‌کاهد، به‌دلیل این که نیتروژن برای تبدیل شدن به پروتئین‌ها قند مصرف می‌کند (۱)، هم‌چنین در محصول‌های میوه‌ای کشت بدون خاک برای اطمینان از این‌که پتاسیم در سیستم‌های بسته کاهش پیدا نکند، نسبت پتاسیم به نیتروژن اهمیت دارد.

در آزمایشی با کاربرد سه سطح نیتروژن (۱۱۰، ۲۲۰ و ۳۳۰ میلی‌گرم در لیتر)، سه سطح پتاسیم (۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ میلی‌گرم در لیتر) و سه سطح منیزیوم (۱۲، ۲۴ و ۴۸ میلی‌گرم در لیتر) در محیط کشت بدون خاک توت‌فرنگی بیشترین عملکرد توت‌فرنگی با کاربرد ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن، ۲۴ میلی‌گرم در لیتر منیزیوم و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر پتاسیم به‌دست آمد. هم‌چنین با افزایش پتاسیم و نیتروژن عملکرد میوه کاهش یافت (۵).

بیشتر گیاهان در زمان توسعه میوه، برای بهبود ویژگی‌های کیفی به مقدار بهینه‌ای از پتاسیم نیاز دارند. بیشتر تولیدکنندگان توجهی به مساله تغذیه مناسب از جمله نسبت مناسب عنصرها در محلول غذایی و تغییر غلظت هر کدام از عنصرها و نسبت آن‌ها در مراحل مختلف رشد ندارند. بنابراین، با توجه به اهمیت بررسی نقش عنصرهای غذایی و نسبت آن‌ها در مراحل مختلف رشد گیاه و کم بودن اطلاعات در دسترس در این رابطه، پژوهش حاضر با هدف بررسی پاسخ نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی و افزایش کیفیت میوه‌های تولیدی در کشت بدون خاک، انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر پاسخ‌های فیزیولوژیک، زیست‌شیمیایی و عملکرد توت‌فرنگی رقم کاماروسا در گلخانه پژوهشی بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه در شرایط کشت بدون خاک انجام شد. این پژوهش در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی و شامل ۱۳ تیمار (جدول ۲) که از سطوح مختلف نیتروژن (۱۲۰ و ۱۸۰میلی‌گرم در لیتر) و پتاسیم (۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. هر تیمار شامل سه تکرار و هر تکرار دارای دو بوته بود. برای تهیه محیط کشت به نسبت ۱:۱ از کوکوپیت و پرلایت استفاده شد. میانگین دمای شب و روز در گلخانه به‌ترتیب ۳±۱۵ و ۳±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰٪ و شرایط نور طبیعی (800 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-}$ 800 PPFD>[1]) بود. پس از کاشت، گیاهان ابتدا به‌مدت یک هفته گلدان‌ها با آب معمولی آبیاری شدند. سپس محلول غذایی در

۱- Critical concentration

مراحل استقرار گیاهان به‌مدت چهار نوبت از محلول غذایی هوگلند نیم غلظت و سپس با تعیین غلظت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن به مدت ۴۵ روز (تا کامل شدن دوره رشد رویشی) با تناوب دوره سه روز یک بار، تیمارهای رشد رویشی و پس از آن تیمارهای رشد زایشی به‌کار برده شد. برای تعیین غلظت‌های تعیین شده از پتاسیم و نیتروژن ابتدا غلظت عنصرها در محلول غذایی هوگلند با استفاده از جرم مولکولی آن‌ها محاسبه شد. به‌علت تغییر غلظت‌ها در برخی از تیمارها به محلول ساخته‌شده ترکیب کلرید پتاسیم و سولفات پتاسیم افزوده شد، هم‌چنین دقت شد که نسبت نیترات به آمونیوم ۷۵ به ۲۵ باشد. غلظت‌ها و تیمارهای آزمایشی در جدول‌های زیر نشان داده شده‌اند (جدول شماره ۱).

جدول ۱- غلظت نمک‌های مورد استفاده برای تهیه محلول غذایی (میلی‌لیتر در لیتر).

Table 1. The concentration of salts used to prepare a nutrition solution (ml L^{-1}).

	نسبت‌های مختلف K: N (میلی‌گرم در لیتر) Different ratios of K: N (mg L^{-1})					
	300/180	250/180	200/180	300/120	250/120	200/120
KNO_3	4	4	4	0	0	0
$NH_4 H_2PO_4$	1	1	1	1	1	1
$Ca(NO_3)_2$	4	4	4	4	4	4
K_2SO_4	1.9	0.65	0	3.4	3.2	2
KCl	0	0	1	1	0	1

جدول ۲- تیمارها: نسبت‌های مختلف K:N (میلی‌گرم در لیتر).

Table 2. Treatments: Different ratios of K: N (mg L^{-1}).

تیمار Treatment	دوره رشد رویشی Vegetative period	دوره رشد زایشی Reproductive period
1	300/180	300/180
2	250/180	250/180
3	200/180	200/180
4	250/120	250/120
5	200/120	200/120
6	300/180	300/120
7	300/180	250/120
8	250/180	300/120
9	250/180	250/120
10	200/180	300/120
11	200/180	250/120
12	300/180	200/120
13*	300/120	300/120

*Control

*شاهد

در این پژوهش شمار گل‌آذین در هر بوته، شمار گل در هر گل‌آذین، وزن، طول، قطر، شمار فندقه میوه، درصد تشکیل میوه و عملکرد و ماده جامد محلول (TSS)، اسید کل (TA)، شاخص طعم میوه (TSS/TA)، فنول کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اسکوربیک‌اسید میوه اندازه‌گیری شدند.

در طول دوره آزمایش شمار گل‌آذین‌های هر بوته و شمار گل‌های هر گل‌آذین شمارش و میانگین آن‌ها به‌دست آمد. گرده‌افشانی با دست و به کمک قلم مویی انجام شد و پس از رسیدن میوه‌های اول و دوم هر گل‌آذین، میوه‌ها توزین شده و طول و قطر آن‌ها با استفاده از کولیس دیجیتال[1] اندازه‌گیری و شمار فندقه‌ها در میوه اول و دوم شمارش شد.

پس از شمارش گل‌ها، شمار میوه‌های هر بوته نیز شمارش شد و درصد تشکیل میوه در هر بوته محاسبه گردید.

$$\text{درصد تشکیل میوه} = \frac{\text{شمار میوه در هر بوته}}{\text{شمار گل در هر بوته}} \times ۱۰۰$$

به‌تدریج با رسیدن میوه‌ها، آن‌ها را جمع‌آوری کرده و وزن شدند. سپس وزن تمامی میوه‌ها از آغاز تا پایان آزمایش با هم جمع و به‌عنوان عملکرد تک بوته در این مدت (۲ ماه) در نظر گرفته شد.

ماده‌های جامد محلول آب میوه پس از قرار گرفتن یک قطره آب میوه بر قندسنج دیجیتال Milwaukee made in Romany خوانده و بر حسب درصد بریکس بیان شد.

اندازه‌گیری مقدار اسید کل به روش تیتراسیون انجام شد. مقدار ۵ میلی‌لیتر از آب‌میوه با سود ۰/۳ نرمال تا رسیدن به pH، ۸/۲ تیتر شد. برای محاسبه اسید کل از فرمول زیر استفاده گردید (Ghasemnezhad, 2013).

$$\% \text{ Acid (w/v)} = N \times V1 \times Eq.wt / V2 \times 10$$

در این فرمول N: نرمالیته سود، V1: حجم سود مصرفی، V2: حجم نمونه و Eq.wt: وزن مولکولی اسید غالب می‌باشد.

مقدار ویتامین C به روش Bor و همکاران (۱۲) اندازه‌گیری شد. به این منظور ۱۰۰ میکرولیتر از آب‌میوه با ۱۰ میلی‌لیتر متافسفریک اسید ۱٪ مخلوط شد، سپس ۱۰۰۰ میکرولیتر از محلول حاصل با ۹ میلی‌لیتر ۲ و ۶ دی کلرو ایندوفنول ۵۰ میکرومولار برای چند ثانیه با همزن انگشتی تکان داده شد. مقدار جذب نمونه در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T60 UV visible اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مقدار ویتامین C نمونه‌ها از منحنی استاندارد اسکوربیک‌اسید استفاده شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از راه ویژگی خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱و۱-دی فنیل ۲- پیکریل هیدرازیل) تعیین گردید (۱۸). مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره آب‌میوه به ۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH ۰/۱ میلی‌مولار افزوده شد. آمیخته پس از افزودن DPPH به‌سرعت به هم زده شد. سپس در دمای اتاق به‌مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی تا رسیدن محلول به‌حالت یکنواخت نگهداری شد. کاهش مقدار جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T60 UV visible تعیین شد. از محلول تریس به عنوان Blank استفاده گردید.

$$\text{DPPHsc (\%)} = \{\mathbf{A\ control - A\ sample}/\text{A control}\} \times 100$$

در این فرمول A sample: عدد خوانده شده نمونه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و A control: مقدار جذب (۱ میلی‌لیتر تریس + ۱ میلی‌لیتر DPPH) می‌باشد و DPPH حل شده در متانول بود.

اندازه‌گیری مقدار فنول کل با استفاده از معرف فولین انجام شد (۳۶). ۹۰۰ میکرولیتر آب‌میوه با ۱۸۰ میکرولیتر از محلول ۵۰ درصد فولین- سیوکالتیو و ۹۰۰ میکرولیتر سدیم کربنات ۲ ٪ مخلوط گردید. آمیخته به‌مدت ۹۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگهداری شد. جذب آمیخته واکنش در طول موج ۶۵۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T60 UV Visible اندازه‌گیری شد. نمودار استاندارد فنول با استفاده از غلظت‌های مختلف گالیک اسید رسم و مقدار فنول نمونه‌ها به‌صورت میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ میلی لیتر آب‌میوه گزارش شد.

داده‌ها با استفاده از رویه GLM در نرم‌افزار SAS واکاوی شدند. میانگین حداقل مربعات تیمارها در سطح معنی‌داری ٪۵مقایسه شد و از آزمون Tukey برای تعیین مقایسه‌های چندگانه[2] استفاده شد.

۱- Digital Caliper

۲- Multiple testing correction

نتایج

اجزای عملکرد و فراسنجه‌های کیفی

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد کمیت و کیفیت میوه زیر تأثیر برنامه تغذیه‌ای قرار گرفت. نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر شمار گل و گل‌آذین بوته‌های توت‌فرنگی اثر معنی‌داری نداشت (شکل ۱) اما این اثر بر وزن، طول، قطر، شمار فندقه میوه‌های اولیه و ثانویه هر بوته، شمار و درصد تشکیل میوه و عملکرد در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ($P< 0.01$) (جدول‌های ۳، ۴ و شکل ۲).

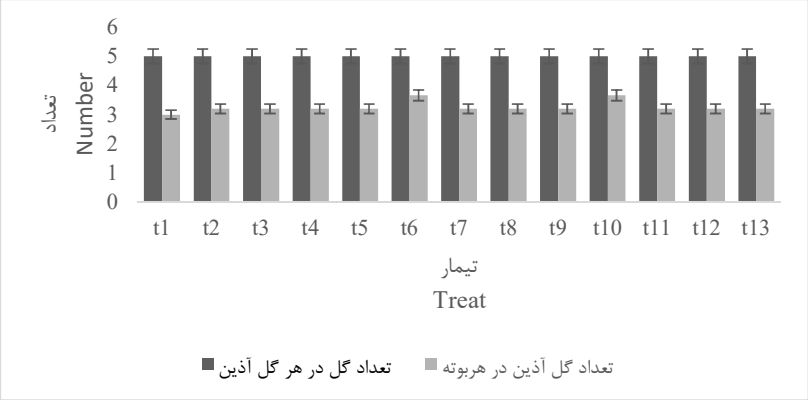

Fig. 1. Effects of potassium to nitrogen ratios on number of flowers in each inflorescence and number of inflorescences per plant of strawberry cv. Camarosa.-

شکل ۱- اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر شمار گل در هر گل‌آذین و شمار گل‌آذین در هر بوته توت‌فرنگی رقم کاماروسا.

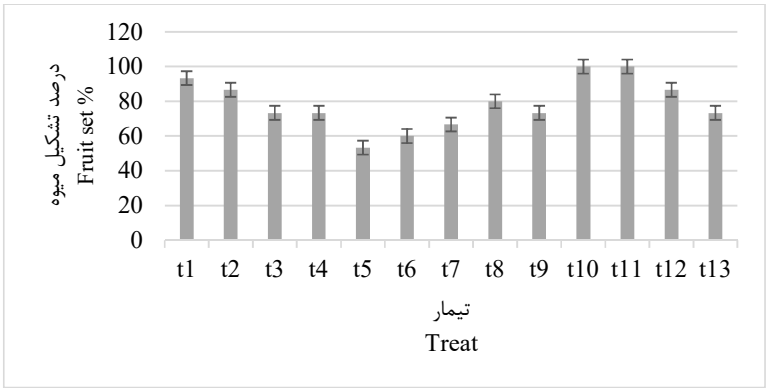

Fig. 2. Effects of potassium to nitrogen ratios on fruit set of strawberry cv. Camarosa.

شکل ۲- اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر درصد تشکیل میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار ۱۰ (نسبت پتاسیم به نیتروژن دریافت شده در طول دوره رشد رویشی ۲۰۰/۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر و در دوران زایشی ۳۰۰/۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) و به‌دنبال آن تیمار ۱۱ (نسبت پتاسیم به نیتروژن دریافت شده در طول دوره رشد رویشی ۲۰۰/۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر و در طول دوره رشد زایشی ۲۵۰/۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) دارای بیشترین مقدار طول، قطر، وزن، شمار فندقه میوه‌های اولیه و ثانویه بود (جدول‌های ۳ و ۴). هم‌چنین این تیمار زیر تاثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن، بالاترین مقدار عملکرد را با مقدار ۱۴۹/۰۵ گرم در هر بوته داشت و کمترین مقدار عملکرد در تیمار ۳ (نسبت پتاسیم به نیتروژن دریافت شده در طول دوره رشد رویشی و زایشی ۲۰۰/۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر) با ۵۹/۵۰ گرم در هر بوته مشاهده شد (جدول ۴).

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین مقدار ماده‌های جامد محلول در تیمار ۸ با نسبت پتاسیم به نیتروژن در دوره رشد رویشی ۱۸۰/ ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و در طول دوره رشد زایشی ۳۰۰/۱۲۰ میلی‌گرم

در لیتر با مقدار ۸/۷۳ بریکس بود و کمترین مقدار ماده‌های جامد محلول مربوط به تیمارهای ۱۳ و ۳ به‌ترتیب با مقدار ۶/۷۰ و ۶/۶۶ بریکس بود (جدول ۵). هم‌چنین نتیجه‌های واکاوی داده‌ها نشان داد که تیمارها از نظر ماده‌های جامد محلول با هم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ دارند. مقایسه TA میوه‌ها در تمام تیمارها در آزمایش نشان داد که مقدار TA در تیمارهای ارزیابی شده با سطوح مختلف پتاسیم به نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). براساس نتیجه‌های به‌دست آمده از واکاری داده‌ها، نسبت TSS/TA ارزیابی شده میوه‌ها در زمان برداشت زیر تاثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن قرار گرفتند و اثر تیمار بر این ویژگی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تیمارهای ۸، ۷ و ۹ به‌ترتیب با نسبت ۲/۴۹، ۲/۶۳ و ۲/۵۷ دارای بالاترین مقدار TSS/TA بودند (جدول ۵).

جدول ۳- اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر شمار فندقه، قطر، طول و وزن اولین میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا.

Table 3. Effect of different ratios of potassium to nitrogen on number of achenes, diameter, length and weight of primary fruit of strawberry cv. Camarosa.

میانگین حداقل مربعات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده Mean least squares of measured traits				
پتاسیم: نیتروژن K:N (Mg/L)	وزن اولین میوه Weight of primary fruit (g)	طول اولین میوه Length of primary fruit (mm)	قطر اولین میوه Diameter of primary fruit (mm)	شمار فندقه اولین میوه Number of achenes in/+ primary fruit
تیمار (Treat)				
1	35.1 b	44.78 c	41.29 bc	401.00 bc
2	32.2 c	42.99 cd	40.72 c	391.3 bc
3	24.00 f	36.32 g	36.12 f	365.33 d
4	35.44 b	47.60 b	41.69 b	392.00 bc
5	25.00 f	39.17 f	37.03 e	365.66 d
6	27.28 e	40.89 ef	37.40 e	282.00 f
7	27.77 e	41.53 de	37.18 e	283.66 f
8	28.41 e	42.10 de	38.72 d	285.00 f
9	29.76 d	41.89 de	37.66 e	291.33 ef
10	36.93 a	49.74 a	43.05 a	453.00 a
11	35.71 ab	48.04 ab	42.71 a	404.33 b
12	30.18 d	42.71 de	38.75 d	388.00 c
13 *	30.24 d	41.26 de	39.51 d	304.33 e
خطای استاندارد SE	(0.23)	(0.35)	(0.17)	(2.99)

NS (P≥0.05) Mean least squares with at least one common character and multiple tests were corrected by Touky's method.

*Control

میانگین حداقل مربعات دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند (P≥0.05) و آزمون‌های چندگانه به روش توکی تصحیح شدند.

*شاهد

جدول ۴- مقایسه میانگین در اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر شمار فندقه، قطر، طول و وزن میوه ثانویه توت‌فرنگی رقم کاماروسا.

Table 4: Effect of different ratios of potassium to nitrogen number of achenes, diameter, length and weight of secondary of fruits of strawberry cv. Camarosa.

پتاسیم: نیتروژن K:N (Mg/L)	وزن میوه ثانویه Weight of secondary fruits(g)	طول میوه ثانویه Length of secondary fruits (mm)	قطر میوه ثانویه Diameter of secondary fruits. (mm)	شمار فندقه میوه ثانویه Number of achenes in secondary fruits.	عملکرد Yield (g)
تیمار (Treat)					
1	25.53 b	36.75	34.1 b	311.00 cd	102.2 cd
2	23.40 cd	36.36 cd	33.7 b	310.00 d	101.89
3	14.24 i	31.43 g	28.2 f	317.66 c	59.5 g
4	22.08 d	37.23 a-c	34.2 b	240.66 b	106.91 c
5	17.03 gh	32.14 g	28.1	268.33 g	61.91 g
6	15.14 hi	34.49 g	29.2 de	240.33 i	81.18 f
7	18.12 e-g	35.96 gc-e	31.2 c	242.33 hi	81.36 f
8	17.54 fg	35.74 d-f	31.2 c	248.66 h	88.27 e
9	19.73 e	34.62 f	29.7 d	277.66 f	81.32 f
10	28.72 a	38.52 a	35.6 a	360.33 a	149.05 a
11	24.88 bc	37.79 ab	34.1 b	340.66 b	129.45 b
12	19.48 ef	35.40 ef	30.6 c	270.66 g	92.11 d
13 *	24.93 bc	34.85 f	28.7 ef	291.33 e	83.09 ef
خطای استاندارد SE	(0.39)	(0.25)	(0.14)	(1.33)	(1.18)

NS (P≥0.05) Mean least squares with at least one common character and multiple tests were corrected by Touky's method.
*Control

میانگین حداقل مربعات دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند (P≥0.05) و آزمون‌های چندگانه به روش توکی تصحیح شدند.
*شاهد

جدول ۵- اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر ویژگی‌های بیوشیمیایی اندازه گیری شده توت‌فرنگی رقم کاماروسا.

Table 5. Effect of different ratios of potassium to nitrogen on measured biochemical traits of strawberry cv. Camarosa.

پتاسیم: نیتروژن K:N (Mg/L)	میانگین حداقل مربعات ویژگی‌های اندازه گیری شده Mean least squares of measured traits						
	فتل کل Phenol)	درصد مهارکنندگی رادیکالهای آزاد (% DPPH) Antioxidant	آنتوسیانین Anthocyanin	ویتامین C Ascorbic Acid (Mg $100gr^{-1}$ wet weight)	مادههای جامد محلول (TSS) ($Brix^{o}$)	اسید قابل تیتراسیون (TA) (%)	TSS/TA
تیمار (Treat)							
1	101.00 d	70.49 d	121.04 C	57.32 j	7.0 f	3.93 a	1.78 b
2	98.00 de	28.59 f	114.28 d	52.48 k	7.2 ef	3.67 a	1.96 b
3	57.33 j	78.38 C	83.89 h	42.60 l	6.7 g	3.56 a	1.88 b
4	106.00 C	80.54 bc	153.90 b	98.15 h	7.3 e	3.35 a	2.17 ab
5	59.00 i	81.71 bc	84.81 hg	94.28 i	6.2 h	3.48 a	1.78 b
6	66.00 h	51.53 C	91.05 g	114.36 e	8.3 b	3.77 a	2.20 ab
7	73.00 g	71.98 d	106.48 e	116.75 d	\8.5 b	3.39 a	2.50 a
8	95.00 e	70.07 d	118.33 Cd	128.24 b	8.7 a	3.32 a	2.62 a
9	70.66 gh	84.45 ab	97.61 f	118.48 C	8.5 b	3.28 a	2.59 a
10	122.33 a	81.87 bc	164.76 a	130.96 a	7.9 c	3.47 a	2.27 ab
11	112.00 b	81.79 bc	165.26 a	127.76 b	7.5 d	3.28 a	2.28 ab
12	98.00 de	69.82 d	117.41 Cd	112.17 f	7.3e	3.84 a	1.90 b
13*	85.00 f	86.20 a	107.97 e	103.03 g	6.7g	3.65 a	1.83b
خطای استاندارد SE	(0.20)	(0.90)	(0.90)	(0.53)	(1.60)	(0.19)	(0.27)

NS (P≥0.05) Mean least squares with at least one common character and multiple tests were corrected by Touky's method.

*Control

میانگین حداقل مربعات دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند (P≥0.05) و آزمون‌های چندگانه به روش توکی تصحیح شدند.

* شاهد

بررسی اثر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن بر مقدار فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و اسکوربیک‌اسید میوه در سطح احتمال ۱٪ ($P < 0.01$) معنی‌دار بود، مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ۱۰ با مقدار ۱۳۰/۹۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه دارای بیشترین مقدار اسکوربیک‌اسید در میوه است. هم‌چنین کمترین مقدار اسکوربیک‌اسید مربوط به تیمار ۳ با مقدار ۴۲/۶۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه بود (جدول ۵).

مقدار آنتوسیانین ارزیابی شده میوه‌ها در زمان برداشت زیر تاثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن قرار گرفتند و اثر تیمارها بر این ویژگی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تیمارهای ۱۰ و ۱۱ به‌ترتیب با مقدار ۱۶۴/۷۶ و ۱۶۵/۲۶ میلی‌گرم سیانیدین گلوکوزاید ـ۳ـ در ۱۰۰ گرم میوه دارای بالاترین مقدار آنتوسیانین بودند و کمترین مقدار آنتوسیانین مربوط به تیمار ۳ و ۵ بود (جدول ۵).

مقدار فنول کل زیر تاثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار ۱۰ با مقدار ۱۲۲/۳۳ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه دارای بیشترین مقدار فنول کل در میوه است. هم‌چنین، کمترین مقدار فنول مربوط به تیمار ۳ با مقدار ۵۷/۳۳ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه قرار گرفت (جدول ۵).

بحث

شمار گل، گل‌آذین، درصد تشکیل میوه و میانگین وزن میوه از ویژگی‌هایی هستند که رابطه مستقیمی با عملکرد محصول دارند. از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند عملکرد توت‌فرنگی را زیر تاثیر قرار دهند، رقم و تغذیه مناسب می‌باشد. در برزیل رقم کاماروسا را به‌عنوان بهترین رقم توت‌فرنگی از نظر عملکردی معرفی کرده‌اند (۸)، که عملکرد آن زیر تاثیر تغذیه با محلول‌های پتاسیمی و نیتروژنی بود. شمار گل و گل‌آذین در این پژوهش زیر تاثیر هیچ‌یک از تیمارها قرار نگرفت، ولی تیمارها عملکرد را به‌صورت معنی‌داری در سطح ۱٪ زیر تاثیر قرار دادند که نشان می‌دهد بعضی از گل‌ها به دلایل متفاوتی چون کمبود تغذیه و تغذیه نادرست در مراحل رشدی متفاوت تبدیل به میوه نشده‌اند و یا میوه کوچکی تولید کرده‌اند، در نتیجه سبب تغییر در مقدار عملکرد می‌گردد. در پژوهشی روی توت‌فرنگی نشان داده شد با کاهش مصرف نیتروژن، شمار میوه و عملکرد کاهش می‌یابد و در مقابل وزن تک میوه افزایش می‌یابد (۱۷). وزن تر میوه، به‌عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد بوته توت‌فرنگی محسوب می‌شود. در گزارش Morgan (۳۱) بیان شد که وزن میوه می‌تواند زیر تاثیر نسبت‌های مختلف فسفر به نیتروژن و پتاسیم به نیتروژن باشد و هرچه این نسبت‌ها متناسب‌تر باشد، وزن میوه نیز افزایش می‌یابد. در پژوهش حاضر تیمار ۱۰ با توجه به این‌که در طول دوره رشد رویشی نیتروژن بالاتر و پتاسیم کمتر و هم‌چنین با شروع دوره رشد زایشی نیتروژن کمتر و پتاسیم بیشتری دریافت کرده بود، وزن اولیه و ثانویه میوه افزایش و عملکرد بالاتری نسبت به دیگر تیمارها داشت. تیمارهایی که تا انتهای دوره رشد زایشی مقدار نیتروژن بالاتری را دریافت کردند، از دیدگاه رشد زایشی عملکرد ضعیف‌تری‌داشتند، که نشان می‌دهد نیتروژن ناهمساز با رشد زایشی توت‌فرنگی است (جدول ۴). بوته‌های توت‌فرنگی که دچار کمبود نیتروژن شوند، میوه‌های ریز با وزن و اندازه کوچکی تولید می‌کنند و مصرف مناسب کودهای نیتروژنه به‌طور معناداری سبب افزایش اندازه میوه می‌شود. یکی از علت‌های افزایش عملکرد به کمک نیتروژن، افزایش رشد اندام‌های هوایی و استفاده مفید از نور خورشید و ماده‌های فتوسنتزی در طول دوره رشد می‌باشد، در حالی که مصرف زیاد نیترژن باعث سایه‌اندازی برگ‌ها روی همدیگر شده و به‌دلیل جابه‌جایی بیشتر ماده خشک به سمت برگ‌ها و روندک‌ها می‌تواند سبب کاهش رشد زایشی و عملکرد گردد (۲۰).

مدیریت نیتروژن یک مساله مهم در رشد گیاه توت فرنگی می‌باشد، زیرا بیشترین نیاز گیاهان به نیتروژن در مراحل اولیه رشد است که تا انتهای مرحله رشد افزایش و سپس با مسن شدن گیاه به‌شدت کاهش می‌یابد (۲۰). هم‌چنین توت‌فرنگی مانند بسیاری از گیاهان میوه‌ای دیگر در فاز زایشی نیاز بیشتری به پتاسیم دارد، زیرا این عنصر با اندازه، رنگ و اسیدیته میوه ارتباط مثبتی دارد. بنابراین، پتاسیم برای به بیشینه رساندن اندازه و کیفیت میوه اهمیت زیادی دارد و افزایش اندازه میوه به‌دلیل نقش پتاسیم در توسعه و تقسیم یاخته‌ای می‌باشد (۳۵). در مطالعه‌ای Bradfield و همکاران (۱۱) بیان کردند که افزایش غلظت پتاسیم در محلول

غذایی از دوره کاشت تا مرحله خواب، روی عملکرد اثر معنی‌داری ندارد. ولی همین افزایش، در دوره گلدهی و میوه‌دهی روی عملکرد اثر معنی‌داری دارد به‌طوری که نتیجه‌های حاصل از پژوهش حاضر نشان داد زمانی که مقدار پتاسیم در طی دوره رشد زایشی افزایش می‌یابد، طول، قطر و هم‌چنین وزن میوه افزایش می‌یابد (جدول‌های ۳ و ۴).

پژوهش حاضر نشان داد که بالاترین مقدار ماده‌های جامد محلول در تیمارهایی دیده شد که پتاسیم و نیتروژن بالایی دریافت کرده‌اند و هم‌چنین اندازه میوه کوچکتری نسبت به دیگر تیمارها داشتند (جدول ۵). از شاخص‌های مهم کیفی TSS است که رابطه مستقیمی با کیفیت خوراکی میوه در زمان رسیدن دارد و مصرف کننده تمایل زیادی به مصرف میوه با TSS بالا دارد. کاهش در مقدار TSS میوه در پاسخ به مقدار بالای کود نیتروژن در کیوی گزارش شده است (۲۵). گزارشی توسط Bhargava (۳۳) نشان داد که کاربرد پتاسیم، در حبه‌های انگور چه در زمان قبل از گلدهی و چه بعد از آن سبب افزایش TSS خواهد شد. پتاسیم هم‌چنین ممکن است از راه بارگیری و تخلیه آوند آبکش در انتقال ماده‌های جامد محلول حبه‌های انگور موثر باشد. مصرف زیاد پتاسیم در توت‌فرنگی رقم چندلر[۲] اثر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه، ماده‌های جامد محلول و اسیدیته نداشت (۲۹).

اسید کل میوه، ویژگی مهم در تعیین کیفیت آن می‌باشد و اسیدهای قابل تیتر به‌طور مستقیم با غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه ارتباط دارند (۶) و یک منبع اندوخته انرژی برای میوه می‌باشند که در هنگام رسیدن میوه با افزایش سوخت‌وساز طی اکسایش اسیدها در چرخه کربس مصرف می‌شوند (۲۶). عاشوری و همکاران (۳) در طی پژوهشی روی کیوی نشان دادند کود نیتروژن بر مقدار اسیدکل میوه کیوی اثری ندارد، که همسو با یافته‌های پژوهش حاضر است، کوددهی با سطح‌های متفاوت نیتروژن اثر معنی‌داری بر مقدار اسید کل میوه کیوی نداشت. نسبت TSS/TA یا شاخص طعم یکی از مهم‌ترین راه‌های استفاده برای ارزیابی عطر و طعم میوه است و از نظر مصرف کننده این نسبت بر مزه و طعم میوه اثر تعیین کننده‌ای دارد (۸).

در پژوهشی روی رقم‌های مختلف توت‌فرنگی بیان شد که نسبت TSS/TA برای رقم کوئین‌الیزا [۲] نسبت به رقم پاروس[۳] بیشتر بود (۲)، که این را می‌شود به مقدار TSS بیشتر در رقم کوئین‌الیزا نسبت داد و زیاد بودن مقدار TSS در این رقم را می‌توان به‌دلیل کوچک‌تر بودن میوه و در نتیجه افزایش کیفیت میوه دانست. در پژوهش حاضر نیز دیده شد تیمارهایی که پتاسیم و نیتروژن بیشتری دریافت کردند و هم‌چنین اندازه کوچکتری داشتند، TSS بالاتری داشتند (جدول‌های ۴-۶). در تیمارهایی که نیتروژن بالا بود، به‌دلیل دریافت مقدار نیتروژن بیشتر، رشد رویشی تحریک شده در نتیجه کیفیت میوه کاهش می‌یابد (۲۵ و ۳۱).

به‌طور کلی گیاهان دارای سیستم آنتی‌اکسیدانی هستند که تولید اضافی گونه‌های فعال اکسیژن را زیر شرایط تنش کنترل می‌کند و بنابراین، آن‌ها را در مقابل اثرهای زیان‌بار گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند و از سوی دیگر، سطح مناسبی از ROS را برای رشد و مسیر انتقال پیام حفظ می‌کند (۳۰). به‌طورکلی، اثر عنصرهای معدنی بر بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه با افزایش دادن سطح فنول پیش از این گزارش شده است (۱۴).

گزارش شده است که ترکیب کودی حاوی نیتروژن، روی و بر موجب افزایش مقدار کربوهیدرات می‌شود که این کربوهیدرات اضافی برای زیست‌ساخت آنتی‌اکسیدان‌ها استفاده می‌شود (۳). بررسی‌ها نشان داده است که عنصر پتاسیم نقش کلیدی در کاهش رادیکال‌های آزاد با کاهش فعالیت NAD(P)H اکسیداز و انتقال الکترون دارد و با مصرف بیشتر کودهای پتاسیمی، تنش‌های اکسیداتیو و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاهش یافته و در نتیجه تولید متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابد (۳۰). در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد تیمار شاهد که از ابتدا تا انتهای دوره رشد پتاسیم بالایی دریافت کرده است، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را دارد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۹ ندارد. در بین تیمارها ، تیمارهایی که در ابتدای دوره رشد نیتروژن بیشتر و پتاسیم کمتر و با رسیدن به مرحله زایشی نیتروژن کمتر و پتاسیم بیشتری دریافت کرده بودند، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشتند (جدول ۵).

۲- Chandler ۲- Queen Elisa ۳- Paros

در میان میوه‌ها، توت‌فرنگی یکی از محصول‌های غنی از اسکوربیک‌اسید است. اسکوربیک‌اسید از قندهای تولید شده در فرآیند فتوسنتز ساخته می‌شود (۲۴). در ارتباط با اسکوربیک‌اسید نیز گزارش شده است که سطح آن در میوه پایدار نیست و می‌تواند توسط شرایط رشد از جمله کوددهی زیر تاثیر قرار گیرد.

توت‌فرنگی مانند خیلی از گیاهان میوه‌ای دیگر در فاز زایشی نیاز بیشتری به پتاسیم دارد و با اندازه، رنگ و اسیدیته میوه ارتباط مثبتی دارد. از این‌رو پتاسیم برای بهبود کیفیت میوه اهمیت زیادی دارد (۱۶). بنابراین ماده‌های معدنی به‌کار رفته در این پژوهش با افزایش ماده‌های فتوسنتزی می‌تواند بر افزایش مقدار اسکوربیک‌اسید میوه موثر باشد. با توجه به این‌که این طرح پژوهشی در قالب تیمارهای تغذیه‌ای با فاز رویشی و زایشی متفاوت بود، مشاهده شد تیمارهایی که در ابتدا رشد رویشی بهتری داشتند و در انتهای مرحله رشد، تغذیه زایشی بهتری دریافت کردند، اسکوربیک‌اسید بالاتری را داشتند، به‌طوری که دیده شد با افزایش مصرف پتاسیم و کاهش مصرف نیتروژن مقدار اسکوربیک‌اسید میوه افزایش می‌یابد (جدول ۵).

ترکیب‌های فنولی از متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هستند که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های اصلی در میوه شناخته شده‌اند (۲۸). براساس یافته‌های پژوهش حاضر، تغذیه با نسبت‌های مختلف پتاسیم به نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار در مقدار فنول کل میوه در زمان برداشت شد. این افزایش در مقدار فنول کل میوه در تیمارهایی با پتاسیم و نیتروژن دریافت شده در مرحله رشدی متناسب مشاهده شد (جدول ۵). پژوهش‌های پیشین گزارش کرده‌اند که افزایش بیش از حد نیتروژن باعث کاهش قابل توجهی در پلی‌فنول کل می‌شود، در حالی که مصرف زیاد پتاسیم و مقدار مناسب نیتروژن، منجر به افزایش ترکیب‌های فنولی شد (۱۵) که نتایج ما با نتایج آن‌ها مطابقت دارد. بررسی‌ها نشان داده است که تولید فنول‌های کل، فلاونوئیدها و اسکوربیک‌اسید نیز با کوددهی ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در مقایسه با ۱۸۰و ۹۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است (۱۶)، بنابراین مشاهده شد که کود نیتروژن و پتاسیم می‌تواند پلی‌فنول‌ها و آنتوسیانین را تغییر دهد و از سوی دیگر نسبت N:K ممکن است تشکیل پلی فنول را افزایش دهد.

بر اساس یافته‌های این پژوهش محلول‌غذایی با نسبت مناسب نیتروژن و پتاسیم در مرحله رشد رویشی و زایشی تاثیر معنی‌داری بر مقدار آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی داشت (جدول ۵). گزارش شده است اثر کمبود عنصرهای غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر مقدار آنتوسیانین و رنگ میوه توت‌فرنگی، با کاهش ساخت آنتوسیانین مربوط به میوه توت‌فرنگی همراه است. هم‌چنین سطح زیاد کلرید پتاسیم، آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۲۸).

نتیجه گیری

بررسی نسبت‌های مختلف محلول غذایی در دوره رشد زایشی نشان داد زمانی که در دوره رشد رویشی نیتروژن بیشتری و پتاسیم کمتری و برعکس در دوره رشد زایشی نیتروژن کمتری و پتاسیم بیشتری به کار برده شود، سبب بهبود ویژگی‌های زایشی می‌گردد. با در نظر گرفتن تمامی ویژگی‌های ارزیابی شده در این پژوهش در اندام‌های مختلف توت‌فرنگی، تیمار ۱۰ (نسبت پتاسیم به نیتروژن دریافت شده در طول دوره رشد رویشی ۲۰۰/۱۸۰ میلی‌گرم در لیتر و در دوران زایشی ۳۰۰/۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) بهترین تیمار برای اعمال محلول‌غذایی به‌منظور افزایش کیفیت توت‌فرنگی و بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی بود.

منابع References

۱. احمدی، ن. ۱۳۶۳. فیزیولوژی گیاهی (فتوسنتز) و تغذیه. چاپ اول، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. صفحه ۱۶۶-۱۶۸.

۲. شیردل، م. ۱۳۹۵. مقایسه عملکرد ده رقم توت‌فرنگی در منطقه لارستان و پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی رقم‌های گزینش شده به تنش گرمایی در حضور قارچ میکوریز آربوسکولار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. شیراز: دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۱۶۰ صفحه.

۳. عاشوری، م. ۱۳۹۶. تغییرهای فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی در برگ و جوانه کیوی رقم هایوارد در پاسخ به محلول‌پاشی پاییزه اوره، اسید بوریک و سولفات روی. رساله دکتری. شیراز: دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۲۰۳ صفحه.

۴. عشقی، س. ب. دانشمند. ع. قرقانی. و م. شیردل. ۱۳۹۵. اثر نسبتهای مختلف عنصرهای در محلول غذایی بر رشد گیاه(اثرآمونیوم، نیترات و اوره بر مقدار عنصرهای غذایی، رشد و عملکرد توت‌فرنگی با افزودن نیکل در کشت بدون خاک). روستا، ح. ویراستار، خالصه مقاالت چهارمین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه ای. رفسنجان: دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج). صفحه ۱۸.

۵. گنجه‌ای، ب. و ا. گلچین. ۱۳۹۰. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، پتاسیم و منیزیوم بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه توت‌فرنگی در محیط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت های گلخانه‌ای، ۲ (۸) ، ۷۱-۸۰.

6. Akhtar, A., N. A. Abbasi, and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. Pakistan J. Bot. 42(1):181-188.

7. Anderson, S. 2002. The relationship between nutrients and other elements to plant diseases. Tree Care Indiamart, 26-32.

8. Antunes, L. E. C., Ristow, N. C., Krolow, A. C. R., Carpenedo, S., and Reisser Júnior, C. 2010. Yield and quality of strawberry cultivars. Hort. Bras. 28(2):222-226.

9. Barker, A. V. and D. J. Pilbeam, (Eds.). 2015. Hand book of plant nutrition. CRC press.

10. Bhargava, B. S. 2001. Potassium nutrition of grapes. International Potash Institute PRII K in Nutrient Management for Sustainable Crop Production in India, New Delhi, India.

11. Bradfield, E., G. D. Bonatsos, and J. F. Stickland, 1975. Potassium nutrition of the strawberry plant. Effect of potassium treatment and of the rooting media on components of yield and critical leaf potassium concentrations. J. Sci. Food Agr. 26(5):669-674.

12. Bor, J.-Y., H.-Y., Chen, and Yen, G.-C. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. Food Chem. 54(5):1680-1686.

13. Chen, Z., T. A., Cuin, M. Zhou, A. Twomey, B.P. Naidu, and S. Shabala. 2007. Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance. J. Exp..l Bot. 58(15-16):4245-4255.

14. Davarpanah, S., A. Tehranifar, G. H. Davarynejad, J. Abadía, and R. Khorasani, 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. Sci. Hort. 210:1–8.

15. Delgado, R., M.R. Gonzalez, and P. Martin. 2006. Interaction effects of nitrogen and potassium fertilization on anthocyanin composition and chromatic features of tempranillo grapes. J. Intl. Sci. Vigne Vin. 40(3):141–146.

16. Ebrahimi, R., M.K. Souri, F. Ebrahimi, and M. Ahmadizadeh. 2012. Growth and yield of strawberries under different potassium concentrations of hydroponic system in three substrates. World Appl. Sci. J. 16(10):1380-1386.

17. Gariglio, N. F., R. A. Pilatti, and B. L. Baldi. 2000. Using nitrogen balance to calculate fertilization in strawberries. HortTechnology, 10(1):147-150.

18. Ghasemnezhad, M., M. Sherafati, and G. A. Payvast. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annunm*) fruits at two different harvest times. J. Sci. Functional Foods, 3(1):44-49.

19. Ghasemnezhad, M., S. Zareh , M. Rassa, and R. H. Sajedi. 2013. Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and PPO activity of pomegranate (*Punica granatum L. cv. Tarom*) at cold storage temperature. J. Sci. Food Agr. 93(2):368-374.
20. Iatrou, M., and A. Papadopoulos. 2016. Influence of nitrogen nutrition on yield and growth of an everbearing strawberry cultivar (cv. Evie II). J. Plant Nutr. 39(11):1499-1505.
21. Ibrahim, M. H., H.Z. Jaafar, E. Karimi, and A. Ghasemzadeh. 2012. Primary, secondary metabolites, photosynthetic capacity and antioxidant activity of the Malaysian Herb Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Benth) exposed to potassium fertilization under greenhouse conditions. Inter. J. Mol. Sci. 13(11):15321-15342.
22. Inthichack, P., Y.Nishimura, and Y.Fukumoto. 2012. Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption, and the incidence of tip burn in cabbage, celery, and lettuce. Hort. Envir. Biotechnol. 53(2):135-142.
23. Latocha, P. 2007. The comparison of some biological features of *Actinidia arguta* cultivars fruit. Hort. Landscape Archit. 28:105-109.
24. Läuchli, A. 1984. Mechanisms of nutrient fluxes at membranes of the root surface and their regulation in the whole plant. Roots, nut. water influx, plant growth, (roots nutrientan). 49:1-25.
25. Lee, S. K., and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol. Technol. 20(3):207-220.
26. Marschner, P. 2012. Marschner, s mineral nutrition of higher plants.,(Academic Press: London). 651 pp.
27. Marsh, K., S. Attanayake, S. Walker, A. Gunson, H. Boldingh, and E. MacRae. 2004. Acidity and taste in kiwifruit. Postharvest Biol. Technol. 32(2):159-168.
28. Medeiros, R.F., W. E. Pereira, R.D.M. Rodrigues, R.D. Nascimento, J. F. Suassuna, and T. A. Dantas. 2015. Growth and yield of strawberry plants fertilized with nitrogen and phosphorus. Rev. Bras. En. Agr. Amb. 19(9):865-870.
29. Méndez-Lagunas, L., J. Rodríguez-Ramírez, M. Cruz-Gracida, S. Sandoval-Torres, and G. Barriada-Bernal. 2017. Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. Food Chem. 230:174-181.
30. Miner, G. S., E. B. Poling, D. E. Carroll, L. A. Nelson, and C. R. Campbell. 1997. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen—potassium applications on yield and fruit quality of chandler' strawberry. Hort. Sci. 122(2):290-295.
31. Mittler, R., S. Vanderauwera, M. Gollery, and F. Van Breusegem. 2004. Reactive oxygen gene network of plants. Trends Plant Sci. 9(10):490-498.
32. Morgan, L. 2006. Hydroponic strawberry production. Suntec (N.Z).
33. Morton, A. R. 2013. Kiwifruit (*Actinidia* spp.) vine and fruit responses to nitrogen fertilizer applied to the soil or leaves (Doc. Disser, Mas. Univ, Pal North, N.Z).
34. Mpelasoka, B. S., D. P. Schachtman, M. T. Treeby and M. R. Thomas, M. R. 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. Austral. J. Grape. Wine Res. 9(3):154-168.

35. Roussos, P. A., and A. Tassis. 2011. Effects of girdling, nitrogen, zinc and auxin foliar spray applications on mandarin fruit "Nova" quality characteristics. Emir. J. Food Agr. 23:431-439.
36. Vago, I., L. Tolner, and J. Loch. 2009. Effect of chloride anionic stress on the yield amount and some quality parameters of strawberry (*Fragaria ananassa*). Cer. Res. Commun. 37:81-84.
37. Wojdyło, A., J. Oszmiański, and R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chem. 105(3):940-949.
38. Xu, G., X.Fan, and A. J. Miller. 2012. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. Ann. Rev. Plant Biol. 63:153-182.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (2): 181- 194 (2019)
Research article

Fruit Quality Changes and Yield Components of Strawberry cv. Camarosa in Responses to the Application of Potassium to Nitrogen Ratios in Soilless Culture

S. Yousefi*, S. Eshghi, A. Gharaghani and H. Atashi[1]

Supplying proper ratios of nutrients in different stages of growth and development may increase yield and fruit quality of horticultural crops. Treatments consisted of three potassium concentrations (200, 250 and 300 mg L^{-1}) and two nitrogen concentrations (120 and 180 mg L^{-1}). To prepare the medium used 1:1 (v/v) ratio of cocopeat and perlite. In order to determine the best potassium to nitrogen ratios, some plants were continually fertigated with the same K:N ratios to the end of experiment period and other plants were fertigated with different N:K ratios in vegetative and reproductive periods. Results showed that the tenth treatment (200/180 K/N ratio in vegetative period and 300/120 ratio in reproductive period) significantly increased yield components and parameters including length, diameter, achenes number and weight of fruits, fruit set and qualitative parameters such as phenol, ascorbic acid and anthocyanin. None of the treatments had significant effect on titratable acidity, number of inflorescence and flower of the strawberry. Considering all measured parameters, the tenth treatment was the best nutrient solution. These results suggest that K:N ratio with 200/180 mg L^{-1} and 300/120 mg L^{-1} in vegetative and reproductive periods can be applied as a proper treatment to improve yield and the quality of strawberries.

Keywords: Nitrogen, Potassium, Quality, Stage of growth, Yeild.

1. Former M.Sc. Student, Professor and Associate Professor of Department of Horticulture Science and Associate Professor of Department of Animal Science, School of Agriculture, Shiraz University. Shiraz, Iran, respectively.
***** Corresponding author, Email: (s.Yousefi@shirazu.ac ir).