

اثر N، K و Mg بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria×ananasa* cv. Sun Rise) در شرایط کشت هیدروپونیک

مهسا دودمان^{۱*} و محمد اسماعیل امیری^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۱۸)

چکیده

کشت بدون خاک (هیدروپونیک) و تأمین به موقع عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی می‌گردد. بدین منظور، جهت ارزیابی تأثیر عناصر N، K و Mg بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria×ananasa* cv. Sun Rise) آزمایشی با تیمار شاهد (بدون کود)، دو سطح اوره (۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر گلدان)، دو سطح کلرید پتاسیم (۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر گلدان) و دو سطح سولفات منیزیم (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر گلدان)، به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار در شرایط کنترل شده گلخانه‌ای و به صورت کشت هیدروپونیک در بسترهای پرلیت و کوکوپیت با نسبت مساوی (۵۰:۵۰) انجام پذیرفت. ویژگی‌های تعداد گل‌آذین، تعداد گل، تعداد میوه، وزن هر میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، غلظت مواد جامد محلول، سفیدی بافت میوه، عملکرد و آنتوسیانین کل میوه در طول آزمایش اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که سطح بالای سولفات منیزیم اثر افزایش معنی‌داری بر تعداد گل‌آذین، گل و میوه دارد. سطح کم اوره، وزن هر میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. سطح کم کلرید پتاسیم، غلظت مواد جامد محلول و سفیدی بافت میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش و سطح زیاد کلرید پتاسیم، آنتوسیانین کل میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. هیچیک از تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون توت‌فرنگی نداشتند.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی رقم سان‌رایز، کشت هیدروپونیک، عملکرد توت‌فرنگی، آنتوسیانین کل میوه

مقدمه

یافته و اقلیم‌های معتدل، مدیترانه‌ای، نیمه گرمسیری و حتی در ارتفاعات مناطق گرمسیری کشت می‌شود (۳). ایران به دلیل شرایط اقلیمی منحصر به فرد، در آینده‌ای نزدیک می‌تواند به‌عنوان یکی از تولیدکنندگان عمده توت‌فرنگی مطرح گردد (۱۹). در ایران، براساس آمار فائو، سطح زیر کشت توت‌فرنگی ۲۲۳۳ هکتار با تولید ۲۸۴۶۹ تن در سال ۲۰۰۸ بوده است (۱۱).

توت‌فرنگی یکی از مهم‌ترین ریزمیوه‌های مناطق معتدله است که در دهه‌های اخیر در زمره تولیدات مهم و تجاری قرار گرفته است. این محصول به دلیل عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین آن به خوبی شناخته شده و جایگاه خود را در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر در جهان پیدا کرده است (۳) و (۱۷). توت‌فرنگی به خوبی با شرایط محیطی متفاوت سازگاری

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.dodman@yahoo.com

بررسی منابع نشان می‌دهد که زمان استفاده از عناصر غذایی پرمصرف از قبیل N، K و Mg اثر بسیار مهمی بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارند. برای مثال، مصرف کودهای نیتروژن قبل از گل‌دهی توت‌فرنگی باعث افزایش سطح شاخ و برگ می‌شود. ولی برعکس، بعد از گل‌دهی باعث کاهش برخی صفات کیفی می‌گردد (۵).

به دلیل این‌که نیتروژن جهت تبدیل شدن به پروتئین‌ها قند مصرف می‌کند، اگر در هنگام رسیدن میوه از نیتروژن استفاده گردد نه تنها قند میوه را کاهش می‌دهد بلکه رنگ میوه را نیز می‌کاهد. با توجه به این‌که ساختمان کلروفیل برگ به منیزیم بستگی دارد، افزایش منیزیم فتوسنتز را افزایش داده و قند میوه را می‌افزاید. اگر منیزیم در هنگام گل‌دهی و قبل از تغییر رنگ میوه استفاده گردد، قند میوه را افزایش می‌دهد. پتاسیم، قند و مقدار انتقال قند از برگ به میوه را می‌افزاید و اگر اواخر رسیدن میوه از پتاسیم استفاده شود، رنگ میوه را نیز افزایش می‌دهد (۱).

در سیستم‌های کشت هیدروپونیک (آب‌کشت)، گیاهان در محیطی به غیر از خاک، به منظور رسیدن به حداکثر تراکم کشت، بهبود عملکرد، صرفه‌جویی در مصرف آب و مواد غذایی، کاهش آلودگی‌های خاک و مشکلات جذب عناصر، مورد کشت قرار می‌گیرند (۲).

بعضی سیستم‌های هیدروپونیک از یک محیط کشت جامد یا همان بستر برای نگهداری گیاه برخوردارند. کوکوپیت به دلیل جذب مواد غذایی، رطوبت زیاد و نوع بافت برای رشد و توسعه ریشه گیاه مناسب می‌باشد و وضعیت کشت هیدروپونیک را بهبود می‌بخشد. پرلیت به صورت باد کرده، سبک، از نظر فیزیکی با ثبات و از نظر شیمیایی خنثی می‌باشد و مقادیر قابل توجهی آب را که به آسانی در دسترس گیاه باشد در خود جای می‌دهد، جذب آب لوله‌های موئین آن قوی است، تهویه خوبی دارد و از طرفی به آسانی زهکش می‌شود (۵). پرلیت فاقد مواد غذایی و ظرفیت تبادل کاتیونی است و یک محیط کشت استریل به شمار می‌آید (۴).

تحقیقات انجام شده روی توت‌فرنگی نشان داده که نیترات

کلسیم بر استحکام میوه اثر منفی دارد. این اثر منفی احتمالاً توسط N صورت می‌گیرد (۱۸). در توت‌فرنگی، غلظت‌های مختلف NO_3^- (۳/۷۵-۱۵ میلی‌مول) اثری روی رشد و عملکرد میوه ندارد (۱۰). نتایج به دست آمده از آزمایش نشان داد که اگر رشد برگ کمتر باشد، استحکام میوه بیشتر می‌شود و وقتی رشد برگ بیشتر باشد میوه‌ها نرم‌تر می‌شوند. در نتیجه، افزایش N باعث کاهش استحکام میوه توت‌فرنگی می‌شود. هم‌چنین، کاربرد پتاسیم بیشتر از ۲/۲۴ کیلوگرم در لیتر در توت‌فرنگی رقم Chandler کشت شده در خاک‌های سبک اثری روی استحکام میوه، غلظت اسید کل و مواد جامد محلول نداشت (۱۵). تحقیقات انجام شده روی توت‌فرنگی نشان داده که استفاده از ۵۳ کیلوگرم در هکتار N، عملکرد آن (تعداد میوه و نه وزن میوه) را افزایش می‌دهد (۱۳). تحقیقات انجام شده نشان داده که عملکرد توت‌فرنگی با افزایش غلظت N بیشتر می‌شود (۷).

پتاس کافی، صفات کیفی میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث افزایش میزان قند و اسید شده و مزه را بهبود می‌بخشد. سفتی میوه و در نتیجه قابلیت نگهداری آن با تغذیه پتاس بهبود می‌یابد. پتاس در درشتی میوه و افزایش عملکرد نقش دارد (۳). در توت‌فرنگی‌های ارقام Oso Grande و Seascape که در خاک کشت شدند، کاربرد بیش از ۱/۴ کیلوگرم در هکتار پتاسیم، اندازه میوه را در رقم Oso Grande کاهش داده، ولی سطوح کمتر پتاسیم، اندازه میوه Seascape را افزایش داد (۶). بیشترین عملکرد میوه قابل فروش توت‌فرنگی رقم Fern که در شرایط هیدروپونیک کشت شده است زمانی به دست می‌آید که نسبت $\text{K}:(\text{Ca} + \text{Mg})$ برابر ۰/۷۳ بوده و NO_3^- به عنوان منبع نیتروژن باشد. کاهش نسبت $\text{K}:(\text{Ca} + \text{Mg})$ به ۰/۲۰ باعث کاهش اسیدیته میوه می‌شود (۱۶). تحقیقات انجام شده نشان داد که توت‌فرنگی کشت شده در شرایط هیدروپونیک در ماده پیتی که کودی با نسبت K_2O به N برابر با ۱/۹ را دریافت کرد بیشترین عملکرد کل را نسبت به گیاهانی که کودی با نسبت K_2O به N برابر با ۰/۹ را دریافت کردند، دارند و بیشترین

و سولفات منیزیم به‌عنوان منبع منیزیم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر گلدان، به‌ترتیب T_1 ، T_2 و T_3) می‌باشند. از محلول غذایی هوگلند (بدون تغییر) هر دو هفته یک‌بار استفاده گردید. طرز تهیه محلول غذایی هوگلند مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جهت تهیه یک لیتر محلول غذایی هوگلند، ۱ میلی‌لیتر فسفات پتاسیم، ۵ میلی‌لیتر نترات پتاسیم، ۵ میلی‌لیتر نترات کلسیم و ۲ میلی‌لیتر سولفات منیزیم استفاده گردید. مقدار ۲/۸۶ گرم اسید بوریک، ۱/۸۱ گرم کلرور منگنز، ۰/۲۲ گرم سولفات روی و ۰/۰۲ گرم اسید مولیبدیک وزن شدند و به حجم ۱ لیتر رسانده شد.

N در دو نوبت (یک هفته و سه هفته قبل از گل‌دهی)، Mg دو هفته بعد از دادن N و K در زمان تشکیل میوه (اوایل اردیبهشت) داده شد. پس از سپری شدن رشد رویشی و بعد از تشکیل گل‌آذین و گل‌ها، تعداد گل‌آذین‌ها و گل‌ها شمارش شدند. بعد از تشکیل میوه، تعداد آنها شمارش و وزن هر میوه با ترازو اندازه‌گیری شد. غلظت مواد جامد محلول توسط رفاکتومتر دستی (Hand refractometer)(Japan)-Ermainc(0-32%) یا به‌صورت بریکس (Brix) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون از روش عیارسنجی با هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۱ نرمال استفاده شد. با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج Penetrometer-FTOL میزان سفتی بافت میوه اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل میوه، ابتدا حدود ۱ گرم از نمونه (میوه تازه) توزین شد و سپس با هاون چینی به خوبی له گردید و به داخل ارلن شیشه‌ای ریخته شد. در ادامه ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۵۰٪ (V/V) به آن افزوده شد و پس از بستن درب ظرف با فویل آلومینیومی به‌مدت یک ساعت روی شیکر قرار داده شد. پس از گذشت یک ساعت، مخلوط حاصل به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. از عصاره به‌دست آمده حدود ۲۰۰ میکرولیتر توسط نمونه‌بردار (Sampler) به لوله سانتریفیوژ منتقل شد و ۳/۸ میلی‌لیتر اسید

عملکرد اولیه، وزن میوه و درصد تولید قابل فروش را نسبت به گیاهانی که کودی با نسبت K_2O به N برابر با ۰/۹ یا ۱/۴ را دریافت کرده‌اند، دارند (۱۲). افزایش غلظت پتاسیم از ۰/۱۲۵ تا ۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر 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. غلظت پتاسیم برگ در مرحله رسیدن میوه توت‌فرنگی در حدود ۱/۲ درصد می‌باشد (۹). پتاسیم روی پتانسیل عملکرد (تعداد گل‌های تازه ایجاد شده)، اثر کمی دارد. اما روی عملکرد واقعی (درصد گل‌های یک‌دست) و عملکرد میوه اثر مثبتی دارد (۸). افزایش غلظت سولفات پتاسیم به‌عنوان منبع پتاسیم (۵ تا ۱۰ میلی‌مول)، عملکرد و تعداد میوه توت‌فرنگی را افزایش می‌دهد (۱۴).

مشکلات توت‌فرنگی‌های تولیدی در شرایط گلخانه‌ای از قبیل سستی بافت، کم‌رنگی (Albinism) و کم بودن قند نسبت به محصول تولیدی در شرایط مزرعه، می‌تواند به‌علت تغذیه نامناسب باشد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تعیین نسبت‌های متعادل و صحیح عناصر پر مصرف N، K و Mg در افزایش کیفیت توت‌فرنگی گلخانه‌ای در کشت هیدروپونیک انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، اثر سطوح مختلف N، K و Mg بر اجزای عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria × ananasa cv.* Sun Rise) که در گلخانه در بستر پرلیت و کوکوپیت (به نسبت ۵۰:۵۰) در گلدان‌های ۱۰ لیتری کشت شده بودند مورد بررسی قرار گرفت. طرح آماری این تحقیق بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۵ تکرار بود که در دو فصل رشد تکرار گردید. تیمارها شامل اوره به‌عنوان منبع نیتروژن در سه سطح (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر گلدان، به‌ترتیب T_1 ، T_2 و T_3)، کلرور پتاسیم به‌عنوان منبع پتاسیم در سه سطح (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای هر گلدان، به‌ترتیب T_4 ، T_5 و

جدول ۱. طرز تهیه محلول غذایی هوگلند

از هر یک از چهار نمک زیر محلول ۱ مولار تهیه گردید و جهت ساختن ۱ لیتر محلول غذایی مقادیری به شرح زیر از هر یک برداشته شد.

مقدار برحسب میلی‌لیتر	نمک
۱	KH_2PO_4 (فسفات پتاسیم)
۵	KNO_3 (نترات پتاسیم)
۵	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (نترات کلسیم)
۲	MgSO_4 (سولفات منیزیم)

به یک لیتر محلول غذایی قسمت ۱، یک میلی‌لیتر از محلول زیر اضافه گردید.

مقدار برحسب گرم در یک لیتر آب	نمک
۲/۸۶	H_3PO_3 (اسید بوریک)
۱/۸۱	$\text{MnCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (کلور منگنز)
۰/۲۲	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (سولفات روی)
۰/۰۸	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (سولفات مس)
۰/۰۲	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (اسید مولیبدیک)

به یک لیتر محلول غذایی قسمت ۱، پنج میلی‌گرم آهن به صورت کلات اضافه گردید.

برنامه تغذیه‌ای قرار می‌گیرد. تعداد گل‌آذین، تعداد گل، تعداد میوه و وزن میوه در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند. به‌طوری‌که با افزایش منیزیم به‌صورت سولفات منیزیم (T_V)، تعداد گل‌آذین، گل و میوه افزایش پیدا کرده و مقادیر آنها به‌ترتیب ۳/۶۵، ۱/۴۳ و ۲۰/۰۵ شدند. سطح کم سولفات منیزیم (T_E) بعد از T_V بیشترین تعداد گل‌آذین، گل و میوه را دارد. ولی سطح کم اوره (T_P)، تعداد گل‌آذین و میوه کمتری نسبت به سایر تیمارها دارد و مقادیر آنها به‌ترتیب ۰/۳۵ و ۳/۳۴ شد. تیمار شاهد (T_1) کمترین تعداد گل (۰/۴۵) را در بین تیمارها دارد. سطح کم اوره (T_P) بیشترین وزن میوه (۶/۲۱ گرم) را نسبت به سایر تیمارها دارد و سطح کم کلرید پتاسیم (T_2) بعد از T_P بیشترین وزن میوه را دارد. کمترین وزن میوه (۳/۵۱ گرم) مربوط به T_V بود (جداول ۲ و ۳). عملکرد گیاه، غلظت مواد جامد محلول، سفتی میوه و مقدار آنتوسیانین کل میوه تازه در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند. به‌طوری‌که T_V بیشترین میانگین عملکرد (۷۰/۳۹ گرم در بوته) و T_1 کمترین آن (۲۰/۵ گرم در بوته) را دارند و بین تیمارهای T_2 تا T_E در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

کلریدریک ۱ مولار به محلول فوق افزوده شد. با استفاده از دستگاه طیف‌سنج، مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. مقدار آنتوسیانین با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$K = \frac{A \times 520 \times d \times f \times 1000}{a \times 500 \times 100 \times W} \quad [1]$$

که K مقدار آنتوسیانین (mg/g)، A مقدار جذب قرائت شده در ۵۲۰ نانومتر، d فاکتور رقت (رقت عصاره در اسید کلریدریک ۱ مولار)، f حجم نهایی عصاره (میلی‌لیتر)، W وزن نمونه (گرم) و a جذب ۱٪ (یک گرم آنتوسیانین در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول آب میوه) است.

نتایج به‌دست آمده با نرم‌افزار MSTATC آنالیز شدند. سپس، مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه به‌وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در دو سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که کمیت و کیفیت میوه تحت تأثیر

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تعداد گل‌آذین، تعداد گل، تعداد میوه و وزن میوه توت‌فرنگی رقم سان رایز کشت شده در شرایط هیدروپونیک

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن هر میوه (g)	تعداد میوه در بوته	تعداد گل در بوته	تعداد گل‌آذین در بوته		
۳/۹۵۹ **	۱/۴۰۷ **	۱/۰۲۲ **	۵/۰۶ **	۶	تیمار
۰/۰۰۱	۰/۱۴۶	۰/۰۸۵	۰/۱	۲۴	اشتبهه
۱/۲۲	۳۰/۵۴	۵۱/۱۹	۱۹/۸۴	-	CV(%)

** معنی‌دار در سطح ۱٪

جدول ۳. اثر سطوح مختلف N، Mg و K بر تعداد گل‌آذین، تعداد گل، تعداد میوه و وزن میوه توت‌فرنگی رقم سان رایز کشت شده در شرایط هیدروپونیک

تیمار	تعداد گل‌آذین در بوته	تعداد گل در بوته	تعداد میوه در بوته	وزن هر میوه (g)
T _۱	۱/۵ bc	۰/۴۵ c	۵/۱۶ bc	۳/۹۷ c
T _۲	۰/۳۵ d	۰/۱ c	۳/۳۴ d	۶/۲۱ a
T _۳	۱/۳۵ bc	۰/۵ c	۷/۵۸ bc	۳/۹۸ c
T _۴	۱/۱۵ c	۰/۲۵ c	۷/۴۲ cd	۴/۱۷ b
T _۵	۱/۴۵ bc	۰/۳۵ c	۱۰/۱۸ bc	۳/۹۷ c
T _۶	۱/۷ b	۰/۹ b	۱۰/۵ b	۳/۸۷ d
T _۷	۳/۶۵ a	۱/۴۳ a	۲۰/۰۵ a	۳/۵۱ e

در هر ستون، حروف متفاوت به معنای وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ می‌باشد.

آنتوسیانین کل میوه (۹۱/۹ میلی‌گرم بر گرم) و T_۴ بعد از T_۵ بیشترین آنتوسیانین کل میوه و T_۳ کمترین آن (۴۰/۹۲ میلی‌گرم بر گرم) را دارند. تیمارها تأثیر معنی‌داری بر درصد اسیدپتیه قابل تیتراسیون میوه نداشتند (جدول ۴ و ۵).

نتایج این تحقیق دلالت بر اثر نیتروژن بر کاهش سفتی بافت، رنگ و قند میوه دارد (جدول ۲). در همین راستا، تاگلیاوینی و همکاران (۱۸) در مطالعه خود در مورد توت‌فرنگی کشت شده در شرایط مزرعه نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. هم‌چنین، نتایج دارنل و استوت (۱۰) برای توت‌فرنگی تولیدی در شرایط مزرعه نشان داد که غلظت‌های مختلف نیتروژن به‌طور معنی‌داری بر کیفیت میوه اثر می‌گذارد. تحقیقات گاریگلیو و همکاران (۱۳) در مورد توت‌فرنگی نشان

به‌طوری‌که T_۵ و T_۶ بعد از T_۷ بیشترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها دارند.

غلظت مواد جامد محلول در T_۴ (۱۰/۸۶ درصد) نسبت به سایر تیمارها بیشتر می‌باشد و تیمارهای T_۱، T_۵ و T_۷ تفاوت معنی‌داری از لحاظ غلظت مواد جامد محلول با هم ندارند. ولی بعد از T_۴ بیشترین غلظت مواد جامد محلول را دارند و کمترین غلظت مواد جامد محلول (۷/۹۴ درصد) مربوط به T_۶ می‌باشد. سطح کم کلرید پتاسیم (T_۴) بیشترین سفتی بافت میوه (۰/۰۴۸ کیلوگرم بر مترمربع) را دارد. تیمارهای T_۵ و T_۷ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند و بیشترین سفتی بافت میوه را بعد از T_۴ دارند. T_۱ کمترین سفتی بافت میوه (۰/۰۲۸ کیلوگرم بر مترمربع) را دارد. سطح زیاد کلرید پتاسیم (T_۵) بیشترین

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، سفتی بافت میوه، عملکرد و آنتوسیانین کل میوه در توت‌فرنگی رقم سان رایز

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	غلظت مواد جامد محلول (%)	سفتی بافت میوه (kg/cm ²)	عملکرد (g/plant)	آنتوسیانین کل میوه تازه (mg/g)
تیمار	۶	۰/۱۶۷ ^{ns}	۵/۳۱۸ ^{**}	۰/۰۰۰۰۴۱۷ ^{**}	۱۲/۷۳۳ ^{**}	۱۳۴۱/۸۸۴ ^{**}
اشتباه	۲۴	۰/۲۵۸	۰/۰۹۷	۰/۰۰۰۰۴۱۷	۲/۴۹	۴/۱۸۵
CV(%)	-	۱۳/۱۳	۳/۳	۲۰/۳۳	۳۷/۲۵	۳/۲۲

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۵. اثر سطوح مختلف N، Mg و K بر اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، سفتی بافت میوه، عملکرد و آنتوسیانین کل میوه در توت‌فرنگی رقم سان رایز کشت شده در شرایط هیدروپونیک

تیمار	اسیدیته قابل تیتراسیون (%)	غلظت مواد جامد محلول (%)	سفتی بافت میوه (kg/m ²)	عملکرد (g/plant)	آنتوسیانین کل میوه تازه (mg/g)
T _۱	۳/۷۴ a	۹/۲۴ ab	۰/۰۲۸ c	۲۰/۵b	۵۱/۳۴d
T _۲	۴/۰۶ a	۷/۹۴ b	۰/۰۳۴ bc	۲۰/۷۹b	۵۳/۸۶d
T _۳	۳/۸۱ a	۸/۶۳ b	۰/۰۳۴ bc	۳۰/۱۷b	۴۰/۹۲e
T _۴	۳/۸۲ a	۱۰/۸۶ a	۰/۰۴۸ a	۳۰/۹۶b	۷۲/۵۴b
T _۵	۴/۰۶ a	۹/۹ ab	۰/۰۳۸ b	۴۰/۱۷b	۹۱/۹a
T _۶	۳/۷۴ a	۸/۲۲ b	۰/۰۳۲ bc	۴۰/۶۴b	۵۴/۳۵d
T _۷	۴/۰۷ a	۹/۷۱ ab	۰/۰۳۸ b	۷۰/۳۹a	۶۷/۳۵c

در هر ستون، حروف متفاوت به معنای وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ می‌باشد.

مینر و همکاران (۱۵) بیان کردند که مقادیر زیاد پتاسیم در توت‌فرنگی رقم Chandler اثر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه، اسیدیته و مواد جامد محلول ندارد.

به‌طورکلی، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از کود K باعث افزایش کیفیت و کود N باعث افزایش عملکرد توت‌فرنگی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های این پژوهش، مقادیر زیاد سولفات منیزیم، تعداد گل‌آذین، گل و میوه را افزایش ولی وزن هر میوه را

داد که استفاده از N باعث افزایش در تعداد میوه می‌شود. بهاندال و مالک (۷) در تحقیقاتشان نشان دادند که عملکرد توت‌فرنگی با افزایش غلظت N بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق دلالت بر اثر افزایش نیتروژن بر عملکرد دارد (جدول ۵). از طرفی، مینر و همکاران (۱۵) اظهار داشتند که رابطه بین سطح شاخ و برگ (که توسط نیتروژن کنترل می‌گردد) با کیفیت میوه (سفتی میوه) منفی می‌باشد. همان‌طوری‌که جدول ۵ نشان می‌دهد، هر چه مقدار پتاسیم افزایش یابد مقدار آنتوسیانین (شاخص رنگ) به‌طور معنی‌داری افزایش و غلظت مواد جامد محلول کاهش می‌یابد. هم‌چنین،

سپاسگزاری

از گروه باغبانی دانشگاه زنجان به دلیل همکاری‌های بی‌دریغشان در مراحل مختلف انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

به‌طور معنی‌داری کاهش داد. سطح کم اوره، وزن هر میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. سطح کم کلرید پتاسیم، غلظت مواد جامد محلول و سفتی بافت میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش و سطح زیاد کلرید پتاسیم، آنتوسیانین کل میوه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. هیچیک از تیمارهای آزمایش تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون توت‌فرنگی نداشتند.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ن. ۱۳۶۳. فیزیولوژی گیاهی (فتوسنتز) و تغذیه. چاپ اول، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.
۲. بنتون جونز، ج. ۱۳۸۵. هیدروپونیک (آبکشت). ترجمه عبدالمجید رونقی و منوچهر مفتون، انتشارات دانشگاه شیراز.
۳. کاشی، ع. و ج. حکمتی. ۱۳۷۰. پرورش توت‌فرنگی. ناشر مهندس سیاه تیری، تهران.
۴. مرنودی، ر. ۱۳۸۲. ازدیات نباتات. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.
۵. مهرآوران، ح. ۱۳۸۷. فن‌آوری و کارآفرینی در هیدروپونیک (آبکشت) و بسترهای بدون خاک. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.
6. Aalbrechts, E.E. and C.M. Howard. 1980. Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown in annual hill culture. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 105(3): 386-388.
7. Bhandal, I.S. and C.P. Malik. 1980. Potassium estimation, uptake, and its role in the physiology and metabolism of flowering plants. *Intl. Rev. Cytol.* 110: 205-254.
8. Bradfield, E.G. 2006. Potassium nutrition of the strawberry plant. Rates of dry matter production and potassium uptake: Effect of potassium supply on components of yield. *J. Sci. Food Agric.* 21: 554-558.
9. Bradfield, E.G., D. Bonatsos and J. 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 Agric.* 26: 669-674.
10. Darnell, R.L. and G.W. Stutte. 2001. Nitrate concentration effects on NO₃-N uptake and reduction, growth and fruit yield in strawberry. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 126(5): 560-563.
11. FAO. 2009. FAOSTAT Agricultural Statistics Database. <http://www.fao.org>.
12. Galarza, S.L., J.V. Maroto, A. San Bautista, B. Pascual, J. Alagarda and M.S. Bono. 2001. Productive behaviour of strawberry waiting bed plants in hydroponic cultivation under greenhouse. V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates, Cartagena, Spain.
13. Gariglio, N.F., R.A. Pilatti and B.L. Baldi. 2000. Using nitrogen balance to calculate fertilization in strawberries. *Hort. Technol.* 10(1): 147-150.
14. Khayyat, M., E. Tafazoli, S. Eshghi, M. Rahemi and S. Rajae. 2007. Salinity, supplementary calcium and potassium effects on fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Dush.). *Am-Eur. J. Agric. Environ. Sci.* 2(5): 539-544.
15. 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. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 122(2): 290-295.
16. Raynal, L.C. and V. Carmentos. 1992. The nutrition on perpetual fruiting strawberry plants. *Infos Paris* 78(2): 31-36.
17. Tabatabaei, S.J., L.S. Fatemi and E. Fallahi. 2006. Effect of ammonium: nitrate ratio on yield, calcium concentration and photosynthesis in strawberry. *J. Plant Nutr.* 29: 1273-1285.
18. Tagliavini, M., E. Baldi, R. Nestby, C. Ryanal-lacroix, P. Lieten, T. Salo, D. Pivot, P.L. Lucchi, G. Baruzzi and W. Faedi. 2004. Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants. *Acta Hort.* 649: 197-200.
19. Tehranifar, A. and M. Sarsaefi. 2002. Strawberry growing in Iran. *Acta Hort.* 567: 547-549.

Effect of N, K and Mg on yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria×ananasa* cv. Sun Rise) in hydroponic culture conditions

M. Dodman^{1*} and M. E. Amiri¹

(Received: 15 Feb-2011 ; Accepted: 09 July-2013)

Abstract

Soilless culture (hydroponic) and timely supply of plants' essential nutrients will increase their quantitative and qualitative performance. To assess the impact of N, K and Mg on yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria×ananasa* cv. Sun Rise) an experiment was performed which included control treatment (no fertilizer application), two levels of urea (100 and 200 mg/L per pot), two levels of potassium chloride (75 and 150 mg/L per pot) and two levels of magnesium sulfate (50 and 100 mg/L per pot), as a randomized complete blocks design with five replications, in the controlled greenhouse conditions, as hydroponic culture, in cocopeat+ perlite (50: 50 v/v) substrate. Traits such as number of floescence, number of flowers, number of fruits, fruit weight, titrable acidity, soluble solids concentration, fruit firmness, fruit yield and total anthocyanin of the fruit were measured. The results showed that high level of magnesium sulfate significantly increased number of floescence, flowers and fruits. Application of low level of urea increased fruit weight significantly. Low level of potassium chloride increased significantly the concentration of soluble solids and fruit firmness, and high level of potassium chloride increased total anthocyanin of the fruits. None of the treatments had significant effect on titrable acidity of the strawberry.

Keywords: Strawberry Cultivars San Rise, Hydroponic Culture, Strawberry Yield, Total Anthocyanin Fruit.

1. Dept. of Hort. Sci., respectively. College of Agric., Zanjan University

*: Corresponding Author, Email: m.dodman@yahoo.com