پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: شیمی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، پتاسیم و فسفر بر عملکرد و برخی شاخص‌های رشدی توت‌فرنگی رقم سلوا در کشت هیدروپونیک

پریسا مشایخی
استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

چکیده

به منظور بررسی تاثیر غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر بر عملکرد و شاخص‌های رشد توت‌فرنگی رقم سلوا در کشت هیدروپونیک، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل عناصر نیتروژن در سه سطح ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ ، فسفر در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ و پتاسیم در سه سطح ۱۶۰،۱۹۰ و ۲۲۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و شاخص‌های رشد توت‌فرنگی شامل وزن تر و خشک اندام هوایی ، وزن میوه، سطح برگ و ... داشتند. میزان اسیدیته قابل تیتر و درصد مواد جامد محلول با افزایش سطوح تیمارهای مورد مطالعه افزایش یافت. به طور کلی تیمار N130P100K160 به دلیل افزایش عملکرد و بهبود شاخص‌های رشد گیاه توت‌فرنگی و نیز ایجاد شوری کمتر در محیط کشت، مناسب‌تر از سایر غلظت‌ها ارزیابی شد.

واژه های کلیدی: توت فرنگی، محلول غذایی، شاخص‌های رشد، عملکرد، عناصر پرمصرف

مقدمه

امروزه تولید محصولات در محیط های کنترل شده گلخانه‌ای به روش هیدروپونیک، به دلیل افزایش تقاضا برای تولید محصول بیشتر با کیفیت بالاتر و خارج از فصل، با سرعت چشمگیری رو به افزایش است. از مزایای این روش کشت می‌توان به امکان کنترل دقیق آب، مواد غذایی و شرایط محیطی اشاره کرد (Johnson et al., 2010). موفقیت یا شکست در پروژه کشت هیدروپونیک اساسا بستگی به برنامه صحیح مدیریت محلول غذایی آن دارد (Bugbec, 1999).

توت فرنگی یکی از ریزمیوه های مناطق معتدله است، که به دلیل غنی بودن از انواع ویتامین ها و عناصر معدنی طرفداران زیادی دارد. وضعیت تغذیه گیاه توت فرنگی علاوه بر عملکرد ، به شدت کیفیت و ماندگاری محصول را تحت تأثیر قرار می دهد. Pirot et al (2003) در یک مطالعه گلخانه ای محلول غذایی مناسب برای مرحله رشد رویشی را محلولی شامل مقادیر ۱/۱۱،۵/۵، ۱/۵، ۰/۵، ۳/۵، ۴/۵ و ۱/۵ میلی مول در لیتر برای یون های نیترات،فسفات ، سولفات، آمونیوم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و در مرحله گلدهی / میوه دهی برابر با ۱۱، ۱/۵، ۱/۵، ۰ ، ۵/۵، ۳/۵ و ۱/۵ میلی مول در لیتر معرفی نمودند. Nam et al (2006) میزان بهینه عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در محلول غذایی برای کشت توت فرنگی را به ترتیب ۳۰، ۱ و ۱۰ میلی مول در لیتر گزارش نمودند.

رقم متداول توت‌فرنگی که در اصفهان کشت می‌شود، رقم سلوا است. ویژگی‌های اقلیمی مناطق مختلف (از لحاظ ارتفاع از سطح دریا، مدت و شدت تابش نور، جهت باد، هدایت الکتریکی آب مورد استفاده و ...) بر احداث گلخانه و کشت‌های گلخانه-ایی اثرگذار است. بنابراین لازم است فرمول‌های کودی موجود در مناطق مورد کشت مورد مطالعه قرار گرفته و بهینه‌سازی شوند. با توجه به نقش بسیار مهم سه عنصر اصلی پر مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم در صفات رویشی و ویژگی‌های میوه توت‌فرنگی ضروری است غلظت‌های مختلف سه عنصر اصلی پرمصرف بر خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم پر کشت و کار سلوا در شرایط اصفهان بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل عناصر پر نیاز نیتروژن در سه سطح ۱۰۰ ، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی گرم در لیتر از منبع نیترات آمونیوم، فسفر در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر از منبع پتاسیم دی هیدروژن فسفات و پتاسیم در سه سطح ۱۹۰،۱۶۰ و ۲۲۰ میلی گرم در لیتر از منبع سولفات پتاسیم بود. محیط کشت به کار رفته در این مطالعه مخلوط کوکوپیت و پرلیت(به ترتیب به نسبت ۷۰ و ۳۰ درصد) و رقم مورد استفاده رقم سلوا (به عنوان یکی از ارقام متداول در استان اصفهان) بود. سایر عناصر مورد نیاز گیاه از جمله عناصر میکرو و عناصر کلسیم و منیزیوم با توجه به مقدار متوسط ارائه شده در منابع موجود به صورت کلسیم ۱۵۰، منیزیم ۵۰ ، مس ۰/۵، آهن ۵ ، روی ۲۵/ ۰ ، منگنز ۲ ، بور ۰/۵ و مولیبدن ۰۰۵/ میلی گرم در لیتر (Biksa, 2006) تامین شد. هر واحد آزمایش شامل سه عدد گلدان بود. مدت زمان و میزان آبیاری بر اساس دما و رطوبت گلخانه و دوره رشد گیاه به نحوی تنظیم شد که بستر گیاه همواره در حالت Fc باشد. در نهایت وزن تر و خشک میوه و اندام هوایی ، سطح برگ، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته میوه (pH) و اسیدیته قابل تیتر (Ta) در میوه های تازه اندازه گیری شد. تجزیه واریانس داده ها و مقایسات میانگین به روش آزمون دانکن با استفاده از مدل آماری SAS انجام گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل عناصر پرمصرف ازت، فسفر و پتاسیم بر بر وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ گیاه توت‌فرنگی معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر برخی عناصر پرنیاز بر صفات اندازه‌گیری شده در میوه توت‌فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	سطح برگ
نیتروژن	۲	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۵۲۸/۳۶**
فسفر	۲	۰/۴۴^{ns}	۰/۰۶*	۴۴۵/۵۵**
پتاسیم	۲	۳/۱۷^{ns}	۱/۰۶^{ns}	۳۹/۴۵^{ns}
نیتروژن×فسفر	۴	۰/۷۶^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۷۱/۷**
نیتروژن×پتاسیم	۴	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۵*	۲۳۳/۹**
پتاسیم×فسفر	۴	۴/۵۳^{ns}	۰/۲۹^{ns}	۴۷۲/۴۱**
نیتروژن×فسفر×پتاسیم	۸	۰/۴۰**	۰/۲۱**	۱۱۷/۵**
خطا	۵۴	۱/۳۶	۰/۲۸	۱۷/۲۵
کل	۸۰	-	-	-
ضریب تغییرات (CV٪)	-	۱۶/۸۵	۱۶/۵۹	۴/۴۴

**، *و ^{ns}: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار

نتایج حاصل از برهم‌کنش غلظت‌های مختلف ازت، فسفر و پتاسیم بر میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ در جدول ۲ آورده شده است. بیشترین مقادیر این صفات در ترکیب N160P100K190 به دست آمد. ترکیب ذکر شده با ترکیب N160P100K160 برای صفات وزن تر اندام هوایی و سطح برگ اختلاف معنی‌داری نداشتند و در بالاترین سطح قرار گرفتند. در این تحقیق غلظت بالای نیتروژن (۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر) به همراه غلظت بالای فسفر (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و غلظت متوسط پتاسیم (۱۹۰ میلی‌گرم در لیتر) بیشترین وزن تر اندام هوایی (۶۵/۹۵ گرم)، وزن خشک اندام هوایی (۲۶ گرم) و سطح برگ (۱۱۰/۲۵ سانتی‌متر مربع) را به خود اختصاص دادند. در پژوهش خلد برین و اسلام‌زاده (۱۳۸۰) نیز افزایش ازت موجب افزایش سطح برگ در بوته شد. در سطوح بالای نیتروژن به علت تولید بیشتر کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز، سطح برگ افزایش می‌یابد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل ازت، فسفر و پتاسیم بر وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ

سطوح عناصر (میلی‌گرم در لیتر)	وزن تر اندام هوایی (گرم/بوته)	وزن خشک اندام هوایی (گرم/بوته)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع در هر بوته)
N۱۰۰P۵۰K۱۶۰	۴/۷^{ghi}	۹/۵^{efg}	۸۱/۳۵^{g}
N۱۰۰P۵۰K۱۹۰	۴۶/۴^{efg}	۸/۸۷^{fghij}	۸۳/۰۳^{fg}
N۱۰۰P۵۰K۲۲۰	۵۰/۵۳^{efg}	۹/۵۳^{efgh}	۱۰۲/۰۱^{be}
N۱۰۰P۷۵K۱۶۰	۳۳/۲۳^{hij}	۶/۶^{ijk}	۹۱d^{ef}
N۱۰۰P۷۵K۱۹۰	۴۳/۴۳^{fg}	۸/۶۳^{ghij}	۸۴/۳۴^{efg}
N۱۰۰P۷۵K۲۲۰	۶۱/۵۱^{b}	۱۲/۴^{d}	۱۰۲/۱۵^{ab}
N۱۰۰P۱۰۰K۱۶۰	۵۴/۳^{bcde}	۲۳/۵^{b}	۸۵/۲^{efg}
N۱۰۰P۱۰۰K۱۹۰	۲۳^{l}	۴/۱۴^{l}	۹۱^{def}
N۱۰۰P۱۰۰K۲۲۰	۲۳^{l}	۷/۱۱^{d}	۹۲/۰۷^{de}
N۱۳۰P۵۰K۱۶۰	۵۶/۶^{bcd}	۱۱/۱۱^{defg}	۸۲/۱۲^{g}
N۱۳۰P۵۰K۱۹۰	۳۰/۸۷^{j}	۷/۴^{hijk}	۸۹/۰۹^{defg}
N۱۳۰P۵۰K۲۲۰	۳۲/۳^{ij}	۵/۸۳^{kl}	۸۹/۰۹^{defg}
N۱۳۰P۷۵K۱۶۰	۳۱/۴۱^{j}	۶/۲۳^{jkl}	۸۳/۷۴^{efg}
N۱۳۰P۷۵K۱۹۰	۵۱/۴۳^{efgh}	۹/۹^{efgh}	۹۱^{def}
N۱۳۰P۷۵K۲۲۰	۴۶/۱۳^{efg}	۹/۹۱^{efgh}	۹۱/۰۹^{def}
N۱۳۰P۱۰۰K۱۶۰	۲۱^{l}	۳/۹^{l}	۸۹/۸۳^{defg}
N۱۳۰P۱۰۰K۱۹۰	۳۳/۲۳^{hij}	۶/۴^{ijk}	۸۹/۰۹^{defg}
N۱۳۰P۱۰۰K۲۲۰	۱۹/۳^{k}	۹/۹۱^{efgh}	۸۹/۸۳^{defg}
N۱۶۰P۵۰K۱۶۰	۵۱/۵^{cdef}	۱۱^{defg}	۹۱^{def}
N۱۶۰P۵۰K۱۹۰	۲۸/۴۸^{j}	۶/۶^{jkl}	۸۴/۰۷^{fg}
N۱۶۰P۵۰K۲۲۰	۱۹/۳^{k}	۴/۱۴^{l}	۸۵/۱۴^{efg}
N۱۶۰P۷۵K۱۶۰	۴۱/۵۳^{gh}	۷/۶۷^{ghij}	۹۳/۹۴^{cd}
N۱۶۰P۷۵K۱۹۰	۵۴/۴۴^{bcde}	۱۵/۳^{c}	۸۹/۰۹^{defg}
N۱۶۰P۷۵K۲۲۰	۵۳/۷۶^{bcde}	۱۱/۵^{de}	۹۷/۲^{bcd}
N۱۶۰P۱۰۰K۱۶۰	۶۰/۳^{ab}	۲۳/۵^{b}	۱۱۰/۳^{a}
N۱۶۰P۱۰۰K۱۹۰	۶۵/۹۵^{a}	۲۶^{a}	۱۱۰/۲۵^{a}
N۱۶۰P۱۰۰K۲۲۰	۲۱^{l}	۸/۵^{ki}	۸۵/۲۴^{efg}

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف متفاوت هستند در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه‌ایی دانکن تفاوت معنی دار دارند.

Choi and Kim (2006) گزارش کردند که وزن خشک تولید شده به طور معنی‌داری با افزایش غلظت نیتروژن و فسفر مرتبط بود، اما تحت تاثیر افزایش غلظت‌های پتاسیم قرار نگرفت. در سطوح بالای نیتروژن به علت تولید بیشتر کلروفیل و افزایش میزان فتوسنتز، سطح برگ افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نقش مثبت نیتروژن در ساخت اندام‌های رویشی مثل برگ‌ها و شاخساره‌ها، مصرف زیاد آن باعث تحریک رشد رویشی، افزایش سبزینگی برگ‌ها و به تعویق افتادن تشکیل گل و میوه می‌شود. افزایش غلظت پتاسیم از ۱۶۰ به ۱۹۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن خشک اندام هوایی را افزایش داد، اما تاثیر معنی-داری بر وزن تر اندام هوایی و سطح برگ نداشت. به نظر می‌رسد به دلیل اینکه پتاسیم در صفات کیفی میوه نقش پررنگ‌تری دارد، افزایش غلظت آن اثرمعناداری بر وزن تر اندام هوایی و سطح برگ نداشته است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، رشد رویشی گیاه در تیمارهای با افزایش غلظت پتاسیم (۲۲۰ میلی‌گرم در لیتر) کاهش یافت. میرمحمدی میبدی و قره-یاضی(۱۳۸۱)گزارش کردند که جذب عناصر اصلی غذایی همچون منیزیوم، کلسیم و آمونیوم در نتیجه مصرف زیاد پتاسیم به شدت کاهش می‌یابد. از سویی میزان زیاد پتاسیم می‌تواند مانع جذب کلسیم و منیزیم کافی توسط گیاه شود و عکس آن نیز صادق می‌باشد (Ebrahimi et al.,2012).

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس اثر عناصر ازت، فسفر و پتاسیم را بر خصوصیات عملکردی و کیفی میوه توت‌فرنگی نشان می‌دهد. اثر متقابل سه گانه عناصر یاد شده بر عملکرد بوته، وزن میوه، اسید قابل تیتر و مواد جامد محلول معنی‌دار بود.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر برخی عناصر پرنیاز بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد میوه در بوته	عملکرد بوته	وزن میوه	اسید قابل تیتر	مواد جامد محلول
نیتروژن	۲	۰/۶۵^{ns}	۳/۰۵^{ns}	۱/۵۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۱۱/۰۱**
فسفر	۲	۱۰/۴۴**	۱۳۲/۱۹**	۴۵/۹۸**	۰/۰۳۳**	۲۰/۹۷**
پتاسیم	۲	۰/۰۵^{ns}	۱/۹۷^{ns}	۱/۶^{ns}	۰/۰۲۵**	۳۳/۵۶**
نیتروژن×فسفر	۴	۱/۴۴*	۵۶/۴۹**	۳/۹۴^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۷۷^{ns}
نیتروژن×پتاسیم	۴	۱/۲۶*	۸۰/۷۴**	۷/۲۹**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۴۷^{ns}
پتاسیم×فسفر	۴	۵/۱۹**	۱۱۹/۸۴**	۱۶/۱۲**	۰/۰۰۹**	۰/۴۳^{ns}
نیتروژن×فسفر×پتاسیم	۸	۰/۸^{ns}	۴۹/۱۲*	۳/۴۰*	۰/۰۰۱*	۰/۵۱**
خطا	۴۲	۰/۳۴	۲/۲۴	۱/۳۴	۰/۰۰۱	۰/۵۳
کل	۶۸	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (٪CV)	-	۱۸/۳۸	۲۰/۷	۱۷/۹۹	۶/۶۹	۱۳/۵۹

**، * و ^{ns}: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار

نتایج مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد میوه تو ت فرنگی در جدول ۴ ارایه شده است. طبق نتایج به دست آمده بیشترین عملکرد بوته در ترکیب غذایی N130P100K160 با میانگین ۷۹/۲۷ گرم در بوته به دست آمد. پس از آن ترکیب‌های غذایی N100P75K220 و N100P100K160 در سطوح بعدی عملکرد قرار گرفتند. استفاده از ترکیب N130P50K220 بیشترین وزن میوه را با میانگین ۱۰/۳ گرم به دنبال داشت. ترکیب‌های N130P75K190 و N130P100K160 به ترتیب با میانگین وزن میوه ۹/۳۸ و ۷/۶۵ گرم ترکیب‌های بهینه بعدی بودند. ترکیب N160P100K220 میوه‌هایی با بیشترین مواد جامد محلول و اسید قابل تیتر را تولید کرد (جدول ۴). تیمارهای با غلظت کم و متوسط ازت، وزن میوه و عملکرد بوته را افزایش دادند. غلظت بیشتر نیتروژن سبب کاهش این پارامترها و افزایش مواد جامد محلول و اسید میوه شد. Kotsiras et al (2005) نشان دادند که افزایش ازت منجر به کاهش میانگین طول، قطر و وزن تک میوه شد. ایشان تحریک رشد رویشی و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به برگ‌ها و شاخساره‌ها و اختصاص مواد فتوسنتزی کمتر به میوه‌ها را دلیل این امر دانستند.

بسیاری از فاکتورهای تولیدی و کیفی در توت‌فرنگی متاثر از میزان پتاسیم گیاه و بخصوص میوه است به گونه‌ای که اندازه، رنگ و اسیدیته میوه ارتباط مثبتی با میزان پتاسیم دارد (بهنامیان و مسیحا، ۱۳۸۱). افزایش فاکتورهای کیفی میوه متاثر از غلظت پتاسیم محلول‌های غذایی می‌تواند به سبب نقش پتاسیم در متابولیسم گیاه و فعال‌سازی آنزیم‌های مرتبط باشد. این اثرات پتاسیم می‌تواند به صورت مستقیم و غیرمستقیم در گیاه بیان شود. پتاسیم در کنار عناصر کیفی دیگر مانند نیتروژن و کلسیم مهم‌ترین نقش را در کیفیت محصولات ایفا می‌کند (Gruda, 2005). در مطالعه انجام شده توسط Yavari et al(2008)، افزایش سطوح پتاسیم در گیاه همواره باعث افزایش وزن میوه توت‌فرنگی و کیفیت آن شد که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد.

Choi and Lee (2012) با انجام تحقیقاتی نشان دادند که مقادیر فسفر بالای ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر اثرات منفی بر میزان جذب عناصر میکرو و نیز برخی شاخص‌های عملکردی گیاه دارد، در حالیکه زاهدی‌فر و همکاران (۱۳۸۹) با افزایش غلظت فسفر، عملکرد گیاه را افزایش دادند. طبق نتایج پژوهش حاضر افزایش غلظت فسفر، عملکرد بیشتر، مواد جامد محلول و اسید بیشتر میوه را به دنبال داشت.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برخی عناصر پرمصرف بر صفات اندازه‌گیری شده

سطوح عناصر (میلی‌گرم در لیتر)	عملکرد بوته (گرم در بوته)	وزن میوه (گرم)	اسید قابل تیتر (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوه تازه)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)
N۱۰۰P۵۰K۱۶۰	۵۲/۷۴^{ef}	۴/۵^{ghi}	۰/۴۷^{fg}	۳^{jk}
N۱۰۰P۵۰K۱۹۰	۲۱/۶۸^{j}	۴/۰۶^{j}	۰/۴۴^{h}	۴/۳۳^{ghi}
N۱۰۰P۵۰K۲۲۰	۵۶/۰۳^{e}	۶/۹۶^{cd}	۰/۴۶^{g}	۴/۳۳^{ghi}
N۱۰۰P۷۵K۱۶۰	۱۹/۶۹^{ik}	۴/۹^{gh}	۰/۴۴^{h}	۳/۳۳^{j}
N۱۰۰P۷۵K۱۹۰	۲۵/۲۶^{i}	۴/۲۵^{hi}	۰/۴۷^{fg}	۴/۶۷^{g}
N۱۰۰P۷۵K۲۲۰	۷۷/۷۷^{ab}	۵/۷۷^{ef}	۰/۴۴^{h}	۵/۳۳^{ef}
N۱۰۰P۱۰۰K۱۶۰	۷۰/۱۲^{c}	۶/۶۲^{d}	۰/۴۶^{g}	۴/۳۳^{ghi}
N۱۰۰P۱۰۰K۱۹۰	۵۷/۰۳^{e}	۵/۵۱^{f}	۰/۵۳^{cd}	۶^{e}
N۱۰۰P۱۰۰K۲۲۰	۶۳/۲^{d}	۶/۱^{de}	۰/۵۸^{b}	۶/۶۷^{d}
N۱۳۰P۵۰K۱۶۰	۳۷/۷۳^{g}	۴/۹۵^{gh}	۰/۴۵^{gh}	۳/۳۳^{j}
N۱۳۰P۵۰K۱۹۰	۲۳/۰۷^{ij}	۴/۹^{gh}	۰/۴۷^{fg}	۵^{f}
N۱۳۰P۵۰K۲۲۰	۱۳/۰۷^{k}	۱۰/۳^{a}	۰/۴۶^{g}	۵^{f}
N۱۳۰P۷۵K۱۶۰	۱۵/۵۴^{ik}	۴/۰۲^{j}	۰/۴۷^{fg}	۴/۶۷^{g}
N۱۳۰P۷۵K۱۹۰	۵۰/۵۷^{f}	۹/۳۸^{b}	۰/۴۸^{f}	۶/۳۳^{de}
N۱۳۰P۷۵K۲۲۰	۵۸/۲^{de}	۶/۲^{de}	۰/۵۱^{de}	۶/۶۷^{d}
N۱۳۰P۱۰۰K۱۶۰	۷۹/۲۷^{a}	۷/۶۵^{c}	۰/۵۲^{d}	۷/۲۱^{bc}
N۱۳۰P۱۰۰K۱۹۰	۵۳/۲^{ef}	۵/۹^{ef}	۰/۴۳^{hi}	۴/۵۱^{gh}
N۱۳۰P۱۰۰K۲۲۰	۴۹/۶^{f}	۴/۳^{hi}	۰/۴۵^{gh}	۴/۳۸^{ghi}
N۱۶۰P۵۰K۱۶۰	۳۵/۲۸^{gh}	۴/۱۳^{ij}	۰/۴۵^{gh}	۴^{i}
N۱۶۰P۵۰K۱۹۰	۲۴/۳^{ij}	۳/۷^{k}	۰/۴۶^{g}	۴/۳۳^{ghi}
N۱۶۰P۵۰K۲۲۰	۷/۶۲^{l}	۵/۷۸^{ef}	۰/۴۸^{f}	۶/۳۳^{de}
N۱۶۰P۷۵K۱۶۰	۳۲/۹۲^{h}	۵/۰۸^{g}	۰/۴۶^{g}	۴/۳۳^{ghi}
N۱۶۰P۷۵K۱۹۰	۵۰/۵۸^{f}	۶/۲^{de}	۰/۴۶^{g}	۷^{bcd}
N۱۶۰P۷۵K۲۲۰	۵۸/۷۲^{de}	۴/۴۶^{ghi}	۰/۵۴^{c}	۷/۳۳^{b}
N۱۶۰P۱۰۰K۱۶۰	۶۳/۳۱^{d}	۴/۲۳^{hi}	۰/۴۹^{ef}	۴/۶۷^{g}
N۱۶۰P۱۰۰K۱۹۰	۶۸/۸۵^{cd}	۴/۱۸^{hij}	۰/۵^{e}	۷^{bcd}
N۱۶۰P۱۰۰K۲۲۰	۶۶/۵۳^{cd}	۴/۴۵^{ghi}	۰/۶۷^{a}	۸^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند در سطح ۵ درصد آزمون چند دامنه ایی دانکن تفاوت معنی دار دارند.

با توجه به نبود فرمول کودی عناصر پرمصرف در شرایط اقلیمی اصفهان برای رقم سلوا، بهترین تیمارها از نظر شاخص‌های مختلف عملکردی گیاه، تیمارهای N130P100K160، N100P75K220 و N130P50K220 معرفی شدند. در بسیاری از خصوصیات مورد مطالعه تفاوت معنی داری از نظر آماری بین تیمارهای مذکور مشاهده نشد. مصرف بیش از اندازه کودهای شیمیایی در محلول‌های غذایی و خاک باعث به هم خوردن تعادل عناصر غذایی، آلودگی محیط زیست، افت کیفی محصول و هدر رفتن بخش عظیمی از سرمایه‌های ملی می‌شود. مصرف بیش از حد کودها به‌ویژه کودهای نیتروژنه برای تولید محصولات کشاورزی، سلامت انسان را به مخاطره می‌اندازد، زیرا گیاه مقدار زیادی از نیتروژن را به صورت نیترات جذب می‌کند که می‌تواند سرطان‌زا باشد (کاشکی و غیورباغبانی، ۱۳۸۳). هرچقدر غلظت عناصر موجود در محلول غذایی کمتر باشد، به شرط این‌که نیاز غذایی گیاه مرتفع شده و به عملکرد آن لطمه‌ای وارد نشود، شوری محیط کشت پایین‌تر بوده و جذب توسط گیاه بهتر و آسان‌تر صورت می‌پذیرد. ضمن این‌که در استفاده از مقادیر کودی نیز صرفه‌جویی به عمل خواهد آمد، لذا به نظر می‌رسد که فرمول غذایی N130P100K160 با توجه به مطلوبیت‌بیشتر و دارا بودن غلظت پایین‌تری از عناصر مناسب باشد. نسبت‌های مذکور به نسبت‌هایی که توسط Pirot et al (2003) ارایه شده است، نزدیک است. اگر چه میزان مواد جامد محلول و اسید میوه در بالاترین غلظت از این سه عنصر به دست آمد، ولی میوه‌های توت‌فرنگی در این غلظت نیز دارای قند و اسید قابل قبولی بودند.

منابع

بهنامیان، م. و س. مسیحا. ۱۳۸۱. توت‌فرنگی. انتشارات ستوده، ۱۲۰ صفحه

خلدبرین، ب. و ط. اسلام زاده. ۱۳۸۴. تغذیه معدنی گیاهان عالی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز، ۲۵۹ صفحه.

زاهدی‌فر، م.، ن. کریمیان، ع. رونقی، ج. یثربی و ی. امام. ۱۳۸۹. اثر فسفر و ماده آلی بر روابط فسفرخاک- گیاه در اسفناج. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱ (۴): ۵۲-۴۵.

کاشکی، ع. و س.م. غیور باغبانی. ۱۳۸۳. بررسی اثر نیتروژن بر رشد، عملکرد و تجمع در خیار. پایگاه اطلاعات علمی ایران. ۲۴: ۲۱۲-۲۰۳.

میرمحمدی میبدی، ع.م. و ب. قره یاضی. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحات ۷۰-۲۲.

Biksa, E. 2006. Hydroponic strawberry cultivation. www.maximum yield.com /fullissues/ vol10.num2.can-ptl.pdf.

Bugbec, B. 1999. Towards efficient nutrient management in recirculating hydroponic culture. American society for hydrocultural science.34:440-565.

Choi, J.M. and C.W. Lee. 2012. Influence of ele vated phosphorus levels in nutrient solution on micronutrient uptake and deficiency symptom development in strawberry cultured with fertigation system. J. Plant Nutr. 35: 1349-1358.

Choi, J.M. and H.G. Kim. 2006. Effect of N, P, K and Ca nutrition on strawberry anthracnose. Plant Pathol. 55:246-249.

Ebrahimi, R., K. Souri, K. 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: 1380-1386.

Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. Crit. Rev. Plant Sci. 24: 227-274.

Johnson J.R., G.J. Hochmuth and D.N. Maynard. 2010. Soilless culture of greenhouse vegetables. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, 218: 19-22.

Kotsiras, A., C.M. Olympios and H.C. Passam. 2005. Effects of nitrogen form and concentration on yield and quality of cucumbers grown on rockwool during spring and winter in southern Greece. Plant Nutr. 28: 2027-2035.

Nam, M.H., S.K. Jeong, Y.S. Lee, J.M. Choi and H.G. Kim. 2006. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. Plant Pathol. 55: 246-249.

Pirot, D., J.M. Gillioz and C.H. Charlen. 2003. Cultivaited on recycled substrate. Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 35(6):381-385.

Treftz, C. and S.T. Omaye. 2015. Nutrient analysis of soil and soilless strawberries and raspberries grown in a greenhouse. Food Nutr. Sci. 6: 805-815.

Yavari, S., S. Eshghi, E. Tafazoli and S. Yavari. 2008. Effects of various organic substrates and nutrient solution on productivity and fruit quality of strawberry “Selva” (Fragaria ×ananassa Duch.). J. Fruit Ornam. Plant Res. 16: 167-178.

Effect of different concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and some growth indexes of strawberry cv. ‘Selva’ in hydroponic culture

P. Mashayekhi

Assist. Prof., Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. Agricultural Research, Education and Extension organization (AREEO), Isfahan, Iran.

Abstract

To determine the effect of nitrogen, phosphorus and potassium concentrations on yield and growth indexes of strawberry cv. ‘Selva’ in hydroponic conditions, an experiment carried out as factorial arrangement in completely randomized design with three replications. Treatments included nitrogen in three levels (100, 130 and 160 mg/l), phosphorus (50, 75 and 100 mg/l) and potassium (160, 190 and 220 mg/l). ANOVA results showed that the levels of nitrogen, phosphorus and potassium had significant different on yield and growth of strawberry (i.e. shoot dry weight, shoot fresh weight, leaf area, fruit weight, titratable acidity, total soluble solids, yield and number of fruit per plant) . Titratable acidity and soluble solids enhanced with increasing levels

of treatments. In general N130P100K160 treatment was evaluated as more appropriate than the other concentrations due to improving yield and growth indexes of strawberry plants as well as the lower salinity in the culture medium.

Key words: straw berry, Nutrient solution, Growth index, Yield, Macroelements