

تأثیر مقادیر مختلف عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن بر عملکرد کمی و کیفی توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک

فاطمه زعفرانلو^{۱*}، مینو طایفه‌نوری^۲، مرضیه باباش پوراصل^۳

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

^۲ استادیار رشته فیزیولوژی گیاهی، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

^۳ مربی گروه علوم کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

* نویسنده مسئول: fatemeh.zaferanlou68@gmail.com

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف عناصر غذایی پتاسیم (K1: ۳۱۰ و K2: ۶۲۱ گرم در لیتر)، منیزیم (Mg1: ۲۰۰ و Mg2: ۲۵۰ گرم در لیتر)، کلسیم (Ca1: ۲۰۵، Ca2: ۴۱۰ و Ca3: ۶۱۵ گرم در لیتر) و آهن (Fe1: ۰/۴۲، Fe2: ۲۶/۱ و Fe3: ۲/۱ درصد) بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک توت‌فرنگی در سه تکرار و بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام پذیرفت. هر چهار عنصر غذایی مورد بررسی اثر معنی‌داری بر تولید گل و میوه توت‌فرنگی داشت. با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی بیشترین سطح برگ با ۹۱۶ سانتی‌متر مربع در تیمار K2:Mg2:Ca3 به دست آمد. شاخص کلروفیل نیز تحت تأثیر هر چهار عنصر غذایی مورد مطالعه افزایش یافت. طول و عرض میوه‌های توت‌فرنگی تحت تأثیر کاربرد هر چهار عنصر غذایی مورد بررسی افزایش یافت. عنصر غذایی منیزیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد توت‌فرنگی نداشت، ولی سه عنصر غذایی پتاسیم، کلسیم و آهن اثر معنی‌داری بر این صفت داشتند. بیشترین عملکرد توت‌فرنگی با ۱۲۳ و ۱۲۵ گرم در تیمار K1:Ca3:Fe3 و K2:Ca2:Fe3 به دست آمد. در این دو تیمار عملکرد توت‌فرنگی در مقایسه با K1:Ca1:Fe1 به ترتیب ۴۸/۱ و ۵۰/۶ درصد بیشتر بود. با توجه به اهمیت اقتصادی عملکرد توت‌فرنگی و اهمیت مصرف مقادیر پایین عنصر غذایی جهت کاهش هزینه‌های تولید، تیمار K1:Ca3:Fe3 جهت افزایش عملکرد توت‌فرنگی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: توت‌فرنگی، عناصر غذایی، مورفولوژی، کیفیت

مقدمه

افزایش تولید مواد غذایی مورد نیاز گیاهان مستلزم استفاده از منابع طبیعی مانند آب، زمین و مواد غذایی است. یکی از عواملی که باعث شده تا گیاهان حداکثر پتانسیل عملکردشان را تولید نکنند، کمبود یا عدم استفاده متوازن از مواد غذایی است. افزایش کارایی مصرف مواد غذایی و در نتیجه سطح محصول با در نظر گرفتن نقش تمامی مواد غذایی ماکرو و میکرو و استفاده متوازن از مواد غذایی ممکن می‌باشد (ریترا و همکاران، ۲۰۱۵). در تغذیه بوته‌های توت‌فرنگی دادن پتاسیم بهینه، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. توت‌فرنگی نیاز زیادی به پتاسیم دارد. زیرا این عنصر جزء سازنده اصلی میوه است. (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۰). در صورت کمبود پتاسیم برگ‌ها و به‌ویژه برگ‌های پیر زرد شده، ریزش می‌کنند (زلامالوا و همکاران، ۲۰۱۵). کلسیم نیز از مهم‌ترین عناصر است که در میزان تولید توت‌فرنگی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای دارد. این عنصر در درون گیاه تحرک کمی دارد. کلسیم از اجزای مهم در دیواره سلولی بوده و کمبود آن باعث افزایش سیالیت غشا می‌شود (معمدی و همکاران، ۲۰۱۳). منیزیم در توت‌فرنگی نقش مهمی در تشکیل کلروفیل، فعال‌سازی آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها و انتقال انرژی بر عهده دارد (کائور و همکاران، ۲۰۱۵). عناصر

میکروی آهن و روی نقش مهمی را در رشد و عملکرد گیاهان بر عهده دارد. این عناصر تغذیه گیاهی را بهبود بخشیده باعث افزایش قدرت تولید گیاهان می‌شوند. (بختیاری و همکاران، ۲۰۱۵).

کازمی (۲۰۱۴) تأثیر کاربرد آهن و پتاسیم را در توت‌فرنگی مورد بررسی قرار دادند. این محققین مشاهده نمودند که کاربرد آهن و کلسیم باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک بوته، تعداد ساقه رونده، سطح برگ، طول ریشه، تعداد گل، طول دوره گلدهی، وزن میوه‌های اولیه و ثانویه، pH، محتوای ویتامین ث و مواد جامد محلول شد. خیاط و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر کلسیم و پتاسیم را در توت‌فرنگی مورد بررسی قرار دادند. این محققین افزایش معنی‌داری را در تعداد میوه، وزن میوه، کل محتوای ترکیبات قندی و ویتامین ث توت‌فرنگی با کاربرد پتاسیم و کلسیم گزارش کرده‌اند.

سینگ و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی آهن، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ، تعداد گل، تعداد میوه، تعداد میوه بازاری در بوته و عملکرد توت‌فرنگی را افزایش می‌دهد. هدف از این بررسی تعیین مناسب‌ترین مقدار عنصر غذایی پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن جهت تولید بیشتر و باکیفیت میوه توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۹۴ در گلخانه پژوهشی دانشگاه آزاد مراغه اجرا گردید. درجه حرارت گلخانه در حدود 24 ± 2 درجه سانتی‌گراد در طول روز و 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد در طول شب و شرایط نور طبیعی خورشید و میانگین رطوبت نسبی ۶۰ درصد تنظیم گردید. آزمایش به‌صورت هیدروپونیک با بستر کشت پرلایت و کوکوپیت با نسبت ۶۰ به ۴۰ بود.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ فاکتور در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی به شرح ذیل بودند:

۱- فاکتور اول شامل غلظت‌های مختلف پتاسیم بود که دارای دو سطح (۱۲۰ و ۲۴۰ پی پی ام) بود. برای تأمین پتاسیم از نیترات پتاسیم استفاده گردید.

۲- فاکتور دوم شامل غلظت‌های مختلف منیزیم بود که دارای دو سطح (۴۰ و ۵۰ پی پی ام) بود. برای تأمین منیزیم از سولفات منیزیم استفاده گردید.

۳- فاکتور سوم شامل غلظت‌های مختلف کلسیم بود که دارای سه سطح (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی پی ام) بود. برای تأمین کلسیم از نیترات کلسیم استفاده گردید.

۴- فاکتور چهارم شامل غلظت‌های مختلف آهن بود که دارای سه سطح (۰/۴۲، ۱/۲۶ و ۲/۱ درصد) بود. برای تأمین آهن از کلات آهن استفاده گردید.

در آزمایش‌های گلخانه‌ای در داخل هر گلدان پلاستیکی به قطر ۲۸ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر، ۱۲۰۰ گرم پرلیت دانه متوسط با قطر ۳-۵ میلی‌متر و کوکوپیت به نسبت ۳ به ۲ ریخته شد.

کاشت نشاهای توت‌فرنگی رقم گاویتا در داخل گلدان‌ها در تاریخ ۹۴/۸/۲۰ انجام گرفت. تا رسیدن به مرحله ۳- ۴ برگگی گلدان‌ها با آب گلخانه آبیاری شدند. از مرحله ۳-۴ برگگی بوته‌ها توسط محلول غذایی هوکلند مورد تغذیه قرار گرفتند.

قبل از تجزیه آماری، تست نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری صفات مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

در این بررسی اثر اصلی عنصر غذایی پتاسیم در صفات ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، شاخص کلروفیل و تعداد گل‌آذین معنی‌دار بود (جدول ۳-۱). در تمامی این صفات افزایش سطح عنصر غذایی پتاسیم از ۳۱۰ به ۶۲۱ گرم در لیتر افزایش معنی‌داری را باعث شد. تأثیر عنصر غذایی پتاسیم در صفت وزن توت‌فرنگی وابسته به سطوح عنصر غذایی منیزیم بود (جدول ۳-۵) و افزایش سطح پتاسیم و منیزیم افزایش معنی‌داری را در وزن توت‌فرنگی باعث شد. تحت تأثیر اثر متقابل منیزیم و کلسیم (جدول ۳-۹)، بیشترین شاخص کلروفیل در تیمار $Mg1:Ca3$ به دست آمد. تحت تأثیر اثر متقابل منیزیم، کلسیم و آهن (جدول ۳-۶) بیشترین تعداد گل‌آذین در تیمار $Mg2:Ca3:Fe2$ به دست آمد.

در این بررسی اثر اصلی کلسیم در صفات ارتفاع بوته و وزن خشک برگ اثر معنی‌دار داشت (جدول ۳-۲). در این صفات افزایش کاربرد عنصر غذایی کلسیم باعث افزایش معنی‌دار صفات شد. در صفت سطح برگ تأثیر کلسیم وابسته به سطوح پتاسیم و منیزیم (جدول ۳-۸) و در شاخص کلروفیل و سفتی میوه تأثیر سطوح کلسیم وابسته به سطوح منیزیم (جدول ۳-۹) بود. همچنین در صفت وزن توت‌فرنگی تأثیر کلسیم وابسته به سطوح عنصر غذایی آهن بود. در این مطالعه اثر اصلی سطوح عنصر غذایی آهن در صفات ارتفاع بوته، سطح برگ و شاخص کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۳-۳). در تمامی این صفات افزایش سطح عنصر غذایی آهن افزایش معنی‌داری را باعث شد.

در این بررسی اثر متقابل پتاسیم، کلسیم و آهن در صفات تعداد میوه و عملکرد تک بوته اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳-۶). بیشترین تعداد میوه نیز در تیمارهای $K2:Ca2:Fe1$ و $K2:Ca2:Fe2$ به دست آمد. اما با توجه به نتایج این مطالعه بیشترین عملکرد توت‌فرنگی در تیمارهای $K1:Ca3:Fe3$ و $K2:Ca2:Fe3$ به دست آمد. در این بررسی منیزیم تأثیری بر عملکرد میوه توت‌فرنگی نداشت. اجزای عملکرد توت‌فرنگی تعداد میوه در بوته و متوسط وزن میوه‌های توت‌فرنگی می‌باشد. با توجه به نتایج این بررسی کود کلسیم با افزایش هر دوی اجزای عملکرد تعداد میوه و متوسط وزن میوه افزایش معنی‌داری را در عملکرد اقتصادی افزود. در بررسی دیگری دودمان و امیری (۲۰۱۳) افزایش معنی‌دار عملکرد میوه توت‌فرنگی را با کاربرد عناصر غذایی پتاسیم و منیزیم مشاهده نمودند. این محققین بیشترین عملکرد میوه توت‌فرنگی را در غلظت ۱۰۰ گرم در لیتر منیزیم به دست آوردند. معتمدی و همکاران (۲۰۱۳) طی بررسی که روی توت‌فرنگی و تأثیر مواد غذایی مختلف بر روی میزان تولید انجام دادند، مشاهده نمودند که کاربرد کلسیم از جمله تیمارهای عنصر غذایی است که بیشترین افزایش را در تعداد توت‌فرنگی باعث می‌شود. افزایش مقدار عملکرد میوه با کاربرد عنصر غذایی کلسیم توسط سینگ و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است. کاظمی (۲۰۱۵) گزارش نمود که آهن در فتوسنتز، تولید عملکرد و انتقال اسمیلات‌ها ضروری است و بنابراین از این طریق بر میزان تولید می‌افزاید. در بررسی دیگری سینگ و همکاران (۲۰۱۵) نیز تأثیر کاربرد عنصر غذایی آهن را در توت‌فرنگی مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج بررسی این محققین کاربرد عنصر غذایی آهن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد توت‌فرنگی شد. در این بررسی عملکرد میوه توت‌فرنگی تحت تأثیر کاربرد غلظت ۲ درصد آهن به میزان ۶۸ درصد افزایش یافت.

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در توت فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	وزن خشک برگ	سطح برگ	شاخص کلروفیل	تعداد گل آذین	وزن میوه	عملکرد تک بوته
پتاسیم	1	82.513**	12.676*	131405.505**	71.867**	0.379**	9.188**	1960.963*
منیزیم	1	21.156 ^{ns}	7.787 ^{ns}	230057.738**	1.356 ^{ns}	0.311*	17.845**	1213.37 ^{ns}
پتاسیم*منیزیم	1	1.565 ^{ns}	1.663 ^{ns}	5541.268 ^{ns}	2.001 ^{ns}	0 ^{ns}	4.687**	848.962 ^{ns}
کلسیم	2	127.412**	30.160**	225365.707**	123.590**	0.326**	19.819**	3176.126**
پتاسیم*کلسیم	2	3.607 ^{ns}	7.334 ^{ns}	924.519 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.203 ^{ns}	946.169 ^{ns}
منیزیم*کلسیم	2	6.403 ^{ns}	6.991 ^{ns}	6017.007 ^{ns}	21.826*	0.073 ^{ns}	0.396 ^{ns}	102.363 ^{ns}
پتاسیم*منیزیم*کلسیم	2	0.121 ^{ns}	0.091 ^{ns}	39133.746**	1.302 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.37 ^{ns}	220.746 ^{ns}
آهن	2	81.917**	7.936	94425.843**	33.460**	0.478**	9.592**	2188.303**
پتاسیم*آهن	2	4.426 ^{ns}	1.389 ^{ns}	18746.703 ^{ns}	0.422 ^{ns}	0.029 ^{ns}	2.089*	649.01 ^{ns}
منیزیم*آهن	2	4.796 ^{ns}	5.967 ^{ns}	24412.142 ^{ns}	6.037 ^{ns}	0.076 ^{ns}	0.02 ^{ns}	54.215 ^{ns}
پتاسیم*منیزیم*آهن	2	9.628 ^{ns}	3.127 ^{ns}	7761.033 ^{ns}	3.759 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.322 ^{ns}	229.041 ^{ns}
کلسیم*آهن	4	7.415 ^{ns}	1.971 ^{ns}	11177.917 ^{ns}	5.281 ^{ns}	0.032 ^{ns}	1.786*	149.172 ^{ns}
پتاسیم*کلسیم*آهن	4	13.986 ^{ns}	6.034 ^{ns}	11636.051 ^{ns}	1.419 ^{ns}	0.035	0.534 ^{ns}	1074.599*
منیزیم*کلسیم*آهن	4	6.036 ^{ns}	5.161 ^{ns}	11398.815 ^{ns}	8.877 ^{ns}	0.146*	0.305 ^{ns}	647.111 ^{ns}
پتاسیم*منیزیم*کلسیم*آهن	4	5.62 ^{ns}	1.278 ^{ns}	5036.225 ^{ns}	1.217 ^{ns}	0.053 ^{ns}	1.091 ^{ns}	588.724 ^{ns}
خطا	72	6.663	2.638	7859.64	5.561	0.054	0.538	318.238

ns، ** و * به ترتیب نشان دهنده غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

جدول ۳-۲: مقایسه میانگین های وزن توت فرنگی تحت تأثیر سطوح کلسیم

کلسیم (گرم در لیتر)	ارتفاع (سانتی متر)
205	24.45 b
410	25.65 b
615	28.14 a

جدول ۳-۳: مقایسه میانگین های وزن توت فرنگی تحت تأثیر سطوح آهن

آهن (درصد)	ارتفاع	شاخص کلروفیل (CCI)	سطح برگ (گرم)
0.4	24.44 b	47.28 b	217 b
1.3	26.39 a	47.68 b	239 a
2.1	27.40 a	49.11 a	250 a

جدول ۳-۴: مقایسه میانگین های وزن توت فرنگی تحت تأثیر سطوح پتاسیم

وزن خشک برگ (گرم)	ارتفاع (سانتی متر)	پتاسیم (گرم در لیتر)
14.7	25.2	310
15.3	26.9	621

جدول ۳-۵: مقایسه میانگین های وزن توت فرنگی تحت تأثیر سطوح پتاسیم و منیزیم

وزن توت فرنگی (گرم)	منیزیم (گرم در لیتر)	پتاسیم (گرم در لیتر)
9.396 b	200	310
10.63 a	250	310
10.40 a	200	621
10.79 a	250	621

جدول ۳-۶: مقایسه میانگین‌های وزن توت‌فرنگی تحت تأثیر سطوح پتاسیم، کلسیم و منیزیم

عملکرد تک بوته (گرم)	تعداد میوه	آهن (درصد)	کلسیم (گرم در لیتر)	پتاسیم (گرم در لیتر)
83.07 k	8.900 abcd	0.42	205	310
93.00 hi	9.783 abc	1.26	205	310
96.55 f	9.633 abc	2.1	205	310
92.73 hi	8.833 abcd	0.42	410	310
94.00 gh	9.417 abcd	1.26	410	310
112.1 c	10.25 abc	2.1	410	310
85.23 j	8.167 cd	0.42	615	310
103.6 e	8.733 abcd	1.26	615	310
123.3 a	10.07 abc	2.1	615	310
79.07 l	8.567 abcd	0.42	205	621
91.45 i	8.283 bcd	1.26	205	621
108.0 d	9.867 abc	2.1	205	621
113.7 c	10.45 a	0.42	410	621
120.9 b	10.45 a	1.26	410	621
125.3 a	10.28 ab	2.1	410	621
113.5 c	10.33 ab	0.42	615	621
113.0 c	9.150 abcd	1.26	615	621
95.47 fg	7.500 d	2.1	615	621

جدول ۳-۷: مقایسه میانگین‌های وزن توت‌فرنگی تحت تأثیر سطوح آهن و کلسیم

وزن توت‌فرنگی (گرم)	آهن (درصد)	کلسیم (گرم در لیتر)
8.925 c	0.42	205
9.650 b	1.26	205
9.950 b	2.1	205
10.27 b	0.42	410
10.09 b	1.26	410
10.91 a	2.1	410
10.06 b	0.42	615
11.42 a	1.26	615
11.46 a	2.1	615

جدول ۳-۷: مقایسه میانگین‌های وزن توت‌فرنگی تحت تأثیر سطوح آهن و پتاسیم

وزن توت‌فرنگی (گرم)	آهن (درصد)	پتاسیم (گرم در لیتر)
9.689 c	0.42	310
9.844 c	1.26	310
10.50 b	2.1	310
9.811 c	0.42	621
10.93 ab	1.26	621
11.04 a	2.1	621

جدول ۳-۸: مقایسه میانگین‌های وزن توت‌فرنگی تحت تأثیر سطوح پتاسیم، منیزیم، کلسیم

سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	کلسیم (گرم در لیتر)	منیزیم (گرم در لیتر)	پتاسیم (گرم در لیتر)
185 e	205	200	310
198 e	410	200	310
248 b	615	200	310
207 de	205	250	310
248 b	410	250	310
255 b	615	250	310
213 cde	205	200	621
234 bcd	410	200	621
240 bc	615	200	621
233 bcd	205	250	621
255 b	410	250	621
305 a	615	250	621

جدول ۳-۹: مقایسه میانگین‌های وزن توت‌فرنگی تحت تأثیر سطوح منیزیم و کلسیم

شاخص کلروفیل	کلسیم (گرم در لیتر)	منیزیم (گرم در لیتر)
45.67 e	205	200
47.41 cd	410	200
50.65 a	615	200
46.65 de	205	250
48.67 bc	410	250
49.08 b	615	250

منابع

- Arzani, K. 2003.** Approach on important, protect, maintenance, breeding and management of Iranian traditional orchards. The first conference of the Iranian traditional orchards, 18 Jun 2003, Qazvin, Iran: 1-5. (in Persian).
- Arzani, K., Mansouri-Ardakan, H., Vezvaei, A. and Roozban, M.R. 2008.** Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*; 36: 159-168.
- Sarikhani Khorami, S. and Arzani, K. 2014.** The importance of genetic diversity in fruit trees germplasm in breeding programs (A case study: Walnuts). The third national conference on biodiversity and its impact on agriculture and the environment, 7 August 2014, Urmia, Iran (in Persian).

The Effect of Different Amounts of Potassium, Calcium, Magnesium and Iron on Yield and Quality of Strawberry in Hydroponic

Fatemeh Zaferanlou¹, Mino Tayfehnoori², Marzieh Babashpour Asl³

¹ M.Sc. Student of physiology, fruit trees, repair, Department of Horticulture, Islamic Azad University

² Assistant Professor of Plant Physiology, Department of Agriculture, Islamic Azad University of Maragheh ,

*Corresponding Author: fatemeh.zaferanlou68@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate the effect of different nutrient levels of potassium (K1: 310 the K2: 621 grams per liter), magnesium (200 Mg1: and 250 Mg2: grams per liter), calcium (Ca1: 205, Ca2: 410 and Ca3: 615 grams per liter) and iron (Fe1: 42.00, Fe2: 26.1 and Fe3: 1.2%) on morphological and physiological characteristics of strawberry in a completely randomized design with three replications and was conducted. All four nutrient significant effects on the production of flowers and strawberries. According to the results obtained from the leaves of 916 cm, the highest level in treatment K2: Mg2: Ca3, respectively. Chlorophyll index also rose by four nutrient studied. Latitude fruit strawberry enhanced by the use of each nutrient. . Nutrient magnesium had no significant effect on the performance of strawberries, but food three elements potassium, calcium and iron had a significant effect on this trait. Most strawberry performance with 123 and 125 mg treatment K1: Ca3: Fe3 and K2: Ca2: Fe3 respectively. The two treatments strawberry performance compared to K1: Ca1: Fe1 by 1.48 and 6.50 percent higher. Given the economic importance of the strawberry and the importance of low nutrient intake to reduce production costs, treatment K1: Ca3: Fe3 strawberry is proposed to increase performance.

Keywords: Strawberry, Nutrients, Morphology, Quality

