نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۳۹۱-۳۸۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.3, Fall 2018, P. 383-391
ISSN: 2008 - 4730

# پارامترهای رشدی، عملکرد و کیفیت خیار گلخانه‌ای تحت تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک

یاسر جوان[۱]- محمد جواد نظری دلجو[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۷

## چکیده

نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در کشت‌های بدون خاک نقش مؤثری بر جذب سایر عناصر معدنی و در نتیجه پارامترهای رشد و نموی بویژه کمیت و کیفیت محصولات تولیدی مانند خیار دارد. با هدف بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم (۲ و ۱/۵، ۱، ۰/۷، ۰/۵) بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی خیار رقم نگین، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سیستم باز کشت بدون خاک با بستر ترکیبی کوکوپیت و پرلیت (۱:۱) اجرا گردید. نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار نسبت پتاسیم به کلسیم بر وزن تر و خشک بوته و ریشه، درصد کلسیم و پتاسیم گیاه، صفات کیفی میوه خیار، کربوهیدرات کل، فنل کل و میزان ویتامین ث میوه بود. بر همین اساس بیشترین وزن تر ریشه (۲۹/۳۶ گرم در بوته)، وزن خشک ریشه (۱/۸۸ گرم در بوته)، طول میوه (۱۳/۳ سانتی‌متر)، سفتی بافت و وزن تر میوه (۱۱۲ گرم)، میزان کلسیم و پتاسیم برگ و محتوای نسبی آب برگ (۵۷/۷ درصد) بوته خیار در نسبت برابر پتاسیم به کلسیم مشاهده گردید. همچنین بیشترین محتوای ویتامین ث میوه به‌ترتیب در نسبت‌های پتاسیم به کلسیم ۱/۵ و ۱ حاصل شد. نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱، سبب تولید بیشترین طول و وزن میوه به‌عنوان اجزای اصلی عملکرد گردید؛ برهمین اساس حداکثر عملکرد میوه (۸/۷۲ کیلوگرم در بوته) نیز در نسبت مذکور بدست آمد. براساس نتایج آزمایش نسبت پتاسیم به کلسیم برابر یک بدلیل بهبود پارامترهای رشدونموی و جذب عناصر غذایی منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه خیار رقم نگین در سیستم بدون خاک گردید.

**واژه‌های کلیدی**: کشت آبکشت، کربوهیدرات کل، نسبت عناصر معدنی، ویتامین ث

## مقدمه

خیار (*Cucumis sativus* L.) از گیاهان یکساله با رشد سریع بوده که پیوسته در طول چندین ماه تولید محصول می‌کند و بدلیل حساسیت این محصول به شرایط آب و هوایی، کشت گلخانه‌ای آن بویژه در سیستم‌های بدون خاک مفید خواهد بود (۱۹). جذب عناصر غذایی در گیاهان، براساس غلظت عنصر و نسبت بین عناصر غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. جذب کاتیون‌ها بیشتر از غلظت، تحت تأثیر نسبت بین عناصر قرار می‌گیرد (۲۲). عناصر غذایی از جمله پتاسیم و کلسیم از عناصر بسیار مهم در کیفیت محصولات میوه‌ای می‌باشند. پتاسیم در تنظیم فعالیت آنزیم‌های گیاهی، شدت فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها از مسیر آوندهای آبکش به سمت بافت‌های ذخیره‌ای نقش‌آفرینی کرده و کمیت و کیفیت محصول را از این طریق تحت تأثیر مثبت قرار می‌دهد (۱۴).

کلسیم نیز نقش مهمی در فرآیندهای ساختاری و فیزیولوژیکی غشا بر عهده داشته و سبب پایداری غشای سلولی و تنظیم تبادل یونی می‌شود (۲۶). کلسیم همچنین در تقسیم سلولی، طویل شدن سلولی و رشد میوه تأثیر داشته و اثر مثبتی بر کیفیت میوه، قدرت انبارمانی و میزان ویتامین ث دارد (۴). گزارشات متعددی درباره نقش آنتاگونیستی پتاسیم و کلسیم در محصولات مختلف ارائه شده است (۳، ۶، ۱۱ و ۱۳). بر همین اساس می توان به رقابت بین جذب پتاسیم و کلسیم گوجه‌فرنگی‌های کشت شده در سیستم کشت هیدروپونیک (۱۹) و همچنین کاهش میزان جذب کلسیم در برگ دو گونه کلزا و خردل ناشی از افزایش جذب پتاسیم اشاره نمود (۲). همچنین کوکبی و طباطبایی (۱۳) در بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم بر خربزه گالیا در سیستم آبکشت گزارش دادند که عملکرد، مواد جامد محلول و سفتی میوه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم قرار گرفت؛ برهمین اساس بیشترین عملکرد و مواد جامد محلول میوه به‌ترتیب در نسبت‌های ۳ و ۴ حاصل گردید.

۱ و ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مهندسی علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: nazarideljou@yahoo.com
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i3.60489

لیکن افزایش نسبت مذکور منجر به کاهش سفتی میوه گردید. بنابراین رعایت نسبت مناسب بین این دو عنصر در محلول غذایی، جهت جلوگیری از رقابت زیاد و در نتیجه عدم جذب متقابل آنها حائز اهمیت می‌باشد. در داخل گیاه، نسبت پتاسیم به کلسیم طی فرآیند زایشی افزایش می‌یابد و میزان این نسبت در داخل میوه (مانند گوجه-فرنگی و سایر سبزیجات میوه‌ای) و ساقه گل گیاهان زینتی (مانند گل رُز و میخک) نسبت به بخش‌های رویشی بیشتر است (۲۲). افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی سبب بالاتر رفتن EC محلول غذایی شده و می‌تواند بر اثر جلوگیری از جذب کلسیم، سبب سوختگی انتهایی در گیاهان شود (۱۲). اصولا نسبت پیشنهاد شده برای پتاسیم به کلسیم در محلول‌های غذایی در محیط ریشه حدود ۱ می‌باشد (۱۵ و ۲۳). نسبت بالای پتاسیم به کلسیم تأثیر منفی بر عمر گلجای گل رُز رقم بارونز بر جای گذاشت (۲۵). همچنین نسبت بالای پتاسیم به کلسیم سبب کاهش وزن تر برگ کاهو رقم رِد میگنانت به میزان ۲۹٪ شد در حالی‌که وزن تر برگ کاهو رقم فِیم را افزایش داد (۹). با توجه به مطالب مذکور و تأثیر نسبت کاتیونی محلول‌های غذایی بر پارامترهای رشدونموی گیاه (۱۵) و اطلاعات اندک در مورد تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم بر کمیت و کیفیت خیار در سیستم بدون خاک، این مطالعه با هدف بررسی نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی و تأثیر آن بر نسبت جذب این عناصر در گیاه و خصوصیات کمی و کیفی خیار رقم نگین اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه هیدروپونیک با پوشش پلی اتیلن طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. دمای روزانه و شبانه گلخانه به‌ترتیب ۲±۲۶ و ۲±۱۹ درجه سلسیوس، و رطوبت نسبی بین ۶۰-۵۵ درصد تنظیم گردید. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل پنج سطح محلول‌دهی پتاسیم به کلسیم برابر ۷۰/۱۴۰، ۱۰۰/۱۴۰، ۱۴۰/۱۴۰، ۲۱۰/۱۴۰ و ۲۸۰/۱۴۰ (میلی‌گرم بر لیتر) به‌ترتیب با نسبت‌های برابر (۰/۵، ۰/۷، ۱، ۱/۵ و ۲) با سه تکرار (مجموعاً ۹ گیاه در هر واحد/تکرار آزمایشی) بر روی خیار رقم نگین در سیستم باز کشت بدون خاک مجهز به سیستم محلول‌دهی قطره-ای با بستر کوکوپیت: پرلیت (۱:۱ حجمی) اجرا گردید. محلول‌دهی براساس فرمولاسیون استاندارد استاینر (۱۹۸۴) از طریق قطره چکان-ها به مدت ۲ دقیقه هر دو الی چهار ساعت یکبار (بسته به شرایط محیطی) تا مشاهده خروج محلول غذایی از زهکش هر گلدان (۱۰درصد محلول مورد استفاده) اعمال گردید. نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی براساس محلول پایه استاینر و منابع کودی شیمیایی (یارا، نروژ) مذکور در جدول شماره یک انجام گردید؛ همچنین از کلات‌های کلسیم و پتاسیم به عنوان کودهای تکمیلی جهت متعادل نمودن عناصر غذایی استفاده گردید. هدایت الکتریکی محلول‌های غذایی در نسبت‌های ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۱/۵ و ۲ به‌ترتیب برابر ۱، ۱/۲، ۱/۵، ۱/۹و ۲/۲ دسی زیمنس‌برمتر بود. همچنین pH تمامی محلول‌ها در محدوده ۵/۸ الی ۶ حفظ گردید.

**جدول ۱- فرمولاسیون اصلی و غلظت کودهای مورد استفاده در آزمایش**

**Table 1- Formula and concentration of fertilizers used in this experiment**

| عنصر پرمصرف Macro element | غلظت Concentration (mg/l) | منابع کودی† Source |
|---|---|---|
| N | 167 | $Ca(NO_3)_2.4H_2O$- $KNO_3$ |
| P | 31 | $KH_2PO_4$ |
| K | 277 | $KNO_3$- $KH_2PO_4$ |
| Ca | 183 | $Ca(NO_3)_2.4H_2O$-$CaCl_2$ |
| Mg | 49 | $Mg(SO_4)_2.6H_2O$ |
| **عنصر کم‌مصرف Micro element** | **غلظت Concentration (mg/l)** | **منابع کودی† Source** |
| Fe | 1.33 | Fe EDTA 6% |
| Mn | 0.62 | $MnSO_4.H_2O$ |
| Zn | 0.11 | $ZnSO_4.6H_2O$ |
| B | 0.44 | $Na_2BO_4O_7.10H_2O$ |
| Cu | 0.02۰۲ | $CuSO_4.5H_2O$ |
| Mo | 0.048 | $Na_2MoO_4.2H_2O$ |

†: منابع کودی مورد استفاده در این آزمایش از شرکت یارا (Yara, Norway) تأمین گردید

†: The fertilizers used in this experiment were from Yara, Norway

وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه پس از یک دوره رشد و نموی ۳ ماهه و پس از جدا نمودن آن‌ها از هم با ترازوی دیجیتالی دقیق و وزن خشک پس از قرار دادن نمونه‌های تر درآون با درجه حرارت ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت محاسبه گردید. همچنین جهت اندازه گیری سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ ( Leaf Area Meter AM 200) و نرم‌افزار Windias و برای محاسبه حجم ریشه از استوانه مدرج حاوب آب مقطر استفاده شد. جهت برآورد محتوای نسبی آب برگ‌های تازه، ابتدا ۴ دیسک با قطر ۱ سانتی‌متر از هر برگ جدا و توزین (FW) گردیده و سپس به پتری‌دیش حاوی آب مقطر به درون انکوباتور (۴ ساعت با دمای ۴ درجه سلسیوس) منتقل و پس از حذف آب اضافی، وزن آماس آن‌ها توزین شد (TW) پتری‌دیش‌های حاوی دیسک به آون با دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت جهت سنجش وزن خشک منتقل شدند (DW). در نهایت محتوای نسبی آب برگ از فرمول زیر محاسبه گردید (۲۰).

$$RWC=\frac{FW-DW}{TW-DW}\times 100 \quad (۱)$$

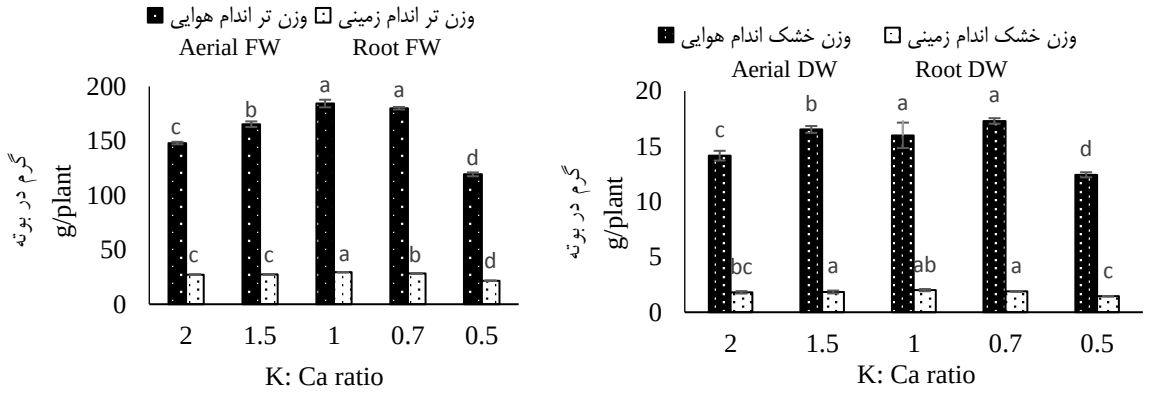
جهت سنجش تأثیر نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی بر رشدونمو و کیفیت میوه برخی پارامترها شامل طول و عرض میوه در هر بوته بطور تصادفی طی دوره رشدونمو خیار سنجش و متوسط‌گیری گردید. سفتی بافت میوه‌ها توسط دستگاه سفتی‌سنج اندازه‌گیری و میزان سفتی بافت برحسب نیوتن قرائت شد. اندازه‌گیری غلظت پتاسیم برگ (بالغ توسعه یافته) به‌روش نشر شعله‌ای و غلظت کلسیم به‌روش تیتراسیون با EDTA انجام پذیرفت (۵). همچنین برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول کل برگ، ۰/۱ گرم از بافت برگ فریز شده در هاون چینی با ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵٪ مخلوط و سپس با دور۳۵۰۰ دور در دقیقه (۱۰ دقیقه) سانتریفیوژ گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره همراه با ۳ میلی لیتر آنترون تازه تهیه شده به مدت۱۰ دقیقه به حمام آب گرم انتقال و نهایتا میزان جذب نمونه‌ها پس از خنک شدن در طول موج ۶۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Lambda 25 UV/VIS, Perkin Elmer; USA) قرائت گردید (۹). برای اندازه‌گیری فنل کل، ۰/۱ گرم از پودر برگ به همراه ۵ میلی‌لیتر از متانول ۸۰٪ حاوی اسید کلریدریک ۱٪ هضم و سپس در دمای اتاق به مدت ۲ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و سپس ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی با ۷۵۰ میکرولیتر معرف فولین مخلوط و ترکیب حاصل به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. در نهایت پس از افزودن ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۶٪ به هر نمونه میزان جذب پس از ۹۰ دقیقه در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت گردید. محتوای فنل کل بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر گزارش گردید (۲۸). مقدار ویتامین ث با روش تیتریمتری با ید، پتاسیم یداید و پتاسیم یدات در حضور معرف نشاسته صورت گرفت (۲). عملکرد محصول نیز از طریق توزین میوه‌های برداشت شده طی دوره رشدی از هر بوته بدست آمد. این تحقیق گلخانه‌ای، براساس طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن تر و خشک اندام های هوایی (برگ) و زمینی (ریشه) بطور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم قرار گرفت (جدول ۲). براساس مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین وزن تر بوته و وزن تر و خشک ریشه در نسبت پتاسیم به کلسیم ۱ بدست آمد و بالاترین وزن خشک بوته در تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم ۰/۷ حاصل شد (شکل ۱).

وزن تر گیاه به عنوان شاخص مهم رشد گیاه در شرایط فیزیولوژیکی مختلف از جمله جذب عناصر غذایی، وضعیت آبی گیاه و ظرفیت فتوسنتزی محسوب می‌شود. به نظر می‌رسد نسبت متعادل پتاسیم به کلسیم محلول غذایی، گیاه شرایط فیزیولوژیکی بهتری از جمله بهبود محتوای نسبی آب (جدول ۳)، توسعه سطح برگ و غیره را تجربه نموده که منجر به افزایش معنی‌دار و رشدونمو بوته خیار رقم نگین در این نسبت گردیده که با نتایج سونولد و ولس[1] (۲۳) مبنی بر تأثیر مثبت نسبت مساوی پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی بر فرآیندهای رشدی گیاه در سبزیجات میوه‌ای مطابقت دارد. نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین حجم ریشه و همچنین سطح برگ بوته خیار، در تیمار محلول‌دهی نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱,۵ و کمترین حجم ریشه و سطح برگ در نسبت پتاسیم به کلسیم ۰,۵ حاصل گردید (جدول ۳). ریشه جزء اصلی ساختمان گیاه بوده که نقش اساسی در جذب عناصر غذایی دارد. نتایج نشان داد که نسبت پتاسیم به کلسیم تا سقف ۱,۵ برابر، تأثیر مثبتی در افزایش حجم ریشه داشت و با افزایش این نسبت حجم ریشه خیار کاهش پیدا کرد. سطح برگ شاخصی از ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه ماده‌سازی توسط گیاه می‌باشد (۲۴). افزایش سطح برگ گیاه، سبب افزایش سطح فتوسنتزی، افزایش رشد و نمو گیاه و در نتیجه ذخیره بیشتر مواد غذایی می‌گردد. (۲۷). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین طول میوه، وزن میوه و سفتی بافت میوه، به‌ترتیب در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ و ۰/۵ بدست آمد (جدول ۳).

1- Sonneveld and Welles




**شکل ۱- وزن تر اندام‌های هوایی و زمینی (A) و وزن خشک اندام‌های هوایی و زمینی (B) تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک. (حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P<0.05$) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)**

**Figure 1- Fresh weight (A) and dry weight (B) of aerial and underground tissues as affected by different K: Ca ratios of nutrient solution in soilless system (The different letters and the error bars on each column show significant difference based on Duncan's multiple range test ($P<0.05$) and standard error (Mean ± SE))**

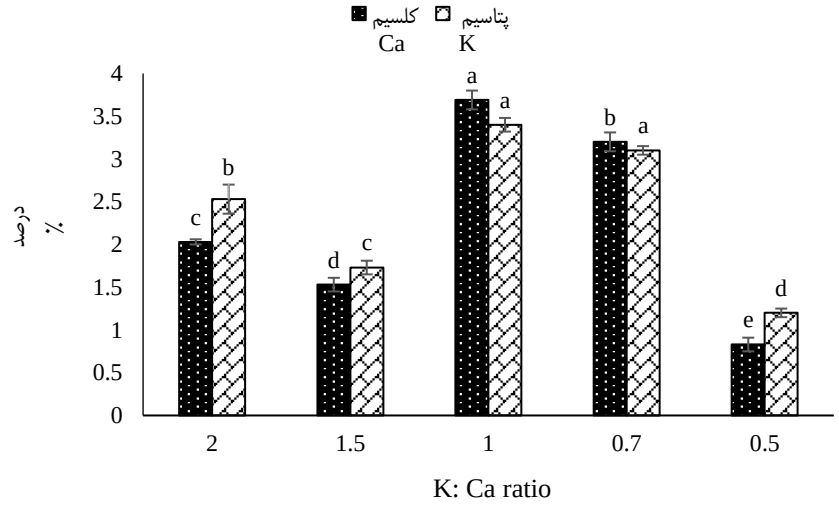
طول میوه، وزن میوه و سفتی بافت میوه در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ در مقایسه با نسبت پتاسیم به کلسیم ۰/۵ به‌ترتیب افزایشی در حدود ۳۵، ۳۷ و ۳۶ درصد را نشان داد. افزایش شاخص های مورفولوژیکی میوه خیار تحت نسبت مساوی پتاسیم به کلسیم، بیانگر نقش مهم تعادل عناصر غذایی در محلول‌های غذایی می‌باشد. کلسیم یکی از عناصر غذایی بسیار مهم بوده که سبب بالاتر رفتن سفتی میوه می‌شود که این اثر بدلیل تشکیل کمپلکس یون‌های کلسیم با دیواره سلولی و پکتین تیغه میانی، ایجاد غشای سلولی به کمک یون‌های کلسیم و اثر کلسیم بر فشار تورژسانس سلول دانست (۱۳). مطابق نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بالاترین میزان جذب کلسیم و پتاسیم در برگ خیار، تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ صورت گرفت. با تغییر نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی، میزان جذب این دو عنصر در گیاه بطور منفی تحت تأثیر قرار گرفت (شکل ۲). همچنین در ارتباط با طول و عرض میوه نیز می توان به بهبود پارامترهای رشدونموی از جمله رشد اندام‌های هوایی و ریشه و همچنین جذب بیشتر عناصر غذایی پتاسیم و کلسیم در نسبت‌های برابر پتاسیم به کلسیم که نقش مؤثری در بهبود صفات کیفی مذکور دارد اشاره نمود.

برخی از محققین گزارش نمودند که بهترین نسبت پتاسیم به کلسیم در گیاهان کشت شده در مزرعه برابر ۲، در کاهوی گلخانه‌ای حدود ۳/۶، در گل رُز تولید شده در گلخانه کمی بیش از ۲ و برای خیار گلخانه‌ای برابر ۱ می‌باشد (۱۵ و ۲۳).

مطابق نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بالاترین محتوای نسبی آب برگ بوته خیار، در تیمار پتاسیم به کلسیم برابر ۱ بدست آمد (جدول ۳). با کاهش نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی، محتوای نسبی آب بوته پایین آمد به‌طوری‌که پایین‌ترین محتوای نسبی آب در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۰/۵ بدست آمد. پتاسیم علاوه بر تأثیر مثبت بر فرآیندهای بیوشیمیایی مانند انتقال آسیمیلات‌ها، فعال نمودن آنزیم‌ها و تورژسانس سلولی، نقش مهمی در کنترل تلفات آبی گیاه (۲۱)، همچنین فعال نمودن پمپ پروتونی غشا (۸) داشته و بدین وسیله سبب بهبود وضعیت آبی گیاه شده و علاوه بر آن نقش مهمی در کنترل حرکات روزنه‌ای بر عهده دارد (۲۴) که با نتایج این مطالعه مبنی بر ضرورت متعادل بودن نسبت پتاسیم به کلسیم و سایر عناصر در ترکیب محلول غذایی همخوانی دارد.

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کربوهیدرات کل، به‌ترتیب در تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱/۵ و ۰/۵ بدست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم تا ۱/۵ برابر تأثیر مثبتی در سنتز قندها در داخل میوه خیار دارد و کاهش این نسبت، سبب کاهش در میزان سنتز کربوهیدرات‌ها شده است. احتمالا تجمع ساکارز در میوه رسیده بدلیل فعالیت آنزیم‌هایی مانند اینورتاز می‌باشد (۲۹). به نظر می‌رسد که در این آزمایش نیز نسبت بالاتر پتاسیم به کلسیم سبب فعال کردن آنزیم اینورتاز و تشکیل ATP باشد.

براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین و کمترین میزان فنل کل، به‌ترتیب در تیمار پتاسیم به کلسیم برابر ۲ و ۰/۵ بدست آمد. به‌عبارتی نسبت پتاسیم به کلسیم ۲ منجر به افزایش ۳۲ درصدی فنل کل در مقایسه با نسبت ۵۰ گردیده است. افزایش نسبت پتاسیم باعث افزایش میزان فنل و کاهش آن کم شدن مقدار فنل کل را در پی داشت (جدول ۳).




**شکل ۲- میزان جذب کلسیم و پتاسیم در برگ خیار رقم نگین تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک. (حروف غیرمشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P<0.05$) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)**

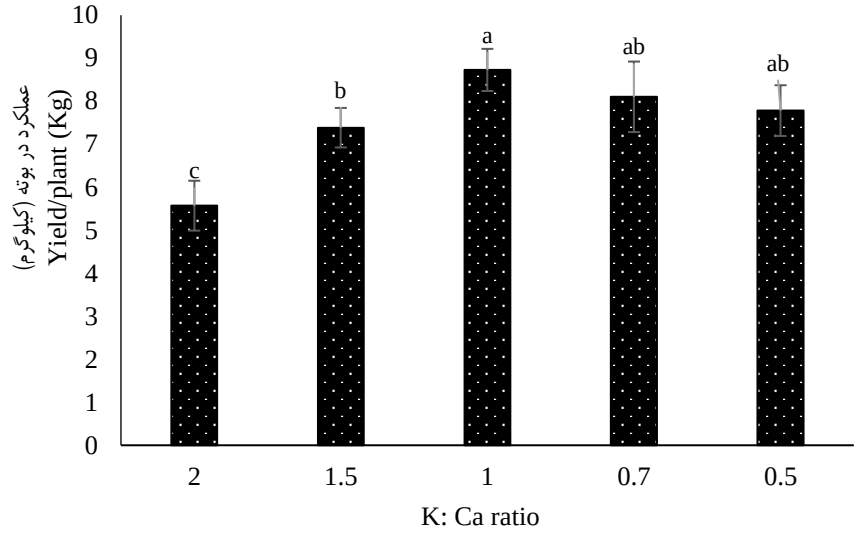
**Figure 2- Calcium and potassium uptake by cucumber cv. Negin leaf as affected by different K: Ca ratios of nutrient solution in soilless system. (The different letters and the error bars on each column show significant difference based on Duncan's multiple range test (P <0.05) and standard error (Mean ± SE))**

نگوین و همکاران (۱۷) در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم بر ریحان نشان دادند که غلظت زیاد پتاسیم منجر به افزایش میزان فنل و ترکیبات فنلی در ریحان می‌گردد. براساس تحقیقات مذکور علت افزایش ترکیبات فنلی تحت تأثیر پتاسیم را افزایش ترکیبات فتوسنتزی یعنی افزایش تثبیت کربن طی فرآیند فتوسنتز (ناشی از تأمین پتاسیم) و در نتیجه تأمین مواد اولیه برای سنتز ترکیبات فنلی طی مسیر اسید شیکمیک گزارش نمودند؛ که با نتایج این آزمایش مبنی بر بالا بودن فنل کل در تیمارهای حاوی پتاسیم زیاد مطابقت و همخوانی دارد.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که میزان ویتامین ث میوه خیار رقم نگین، بطور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی قرار گرفت. بالاترین میزان ویتامین ث میوه برابر با ۰/۳۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه، در نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ بدست آمد. بالاتر و پایین‌تر شدن نسبت پتاسیم به کلسیم در هر دو حالت سبب کاهش میزان ویتامین ث میوه خیار شد (جدول ۳). میوه‌های دارای میزان ویتامین ث بالاتر، ارزش غذایی بالاتری دارند. پریموزیچ[1] و همکاران (۱۹) گزارش کردند که بین میزان کلسیم و مقدار ویتامین ث میوه گوجه‌فرنگی، همبستگی بالایی وجود دارد اما به نظر می‌رسد که تعادل عناصر غذایی نقش مهم‌تری بر محتوای ویتامین ث میوه خیار داشته باشد بطوری‌که در این آزمایش، تغییر میزان پتاسیم بر میزان جذب کلسیم تأثیر داشته و سبب کاهش میزان ویتامین ث گردید. نتایج نشان داد که عملکرد محصول بطور معنی داری تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها (شکل ۳)، بیشترین و کمترین میزان عملکرد، به‌ترتیب در تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱ و تیمار نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۲ حاصل شد. حصول بیشترین عملکرد در نسبت برابر پتاسیم به کلسیم می‌تواند به‌دلیل بهبود شرایط رشدونموی بوته‌های خیار ناشی از تعادل مناسب عناصر غذایی در نسبت مذکور باشد که منجر به افزایش پارامترهای رشدونموی خیار از قبیل وزن تر و خشک برگ و ریشه و جذب عناصر معدنی کلسیم و پتاسیم و در نتیجه افزایش عملکرد یا میوه برداشت شده در بوته گردیده است.

نسبت پتاسیم به کلسیم برابر ۱، سبب تشکیل بیشترین طول و بیشترین وزن میوه (جدول ۳) در محصول خیار شد که این دو پارامتر، از اجزای اصلی عملکرد بوده و هم افزایش طول و هم افزایش وزن تک میوه، رابطه مستقیمی با افزایش عملکرد بوته دارد. به نظر می رسد تغذیه متعادل با نسبت مساوی پتاسیم به کلسیم نقش مؤثرتر و بهتری در افزایش عملکرد میوه خیار رقم نگین داشته باشد.

1- Premuzic




**شکل ۳- عملکرد بوته خیار رقم نگین تحت تأثیر نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی در سیستم بدون خاک. (حروف غیر مشابه و میله‌های روی هر ستون (Error Bars) به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P<0.05$) و خطای استاندارد (Mean ±SE) می‌باشد)**

**Figure 3- Fruit yield of cucumber cv. 'Negin' in each bush as affected by different K: Ca ratios of nutrient solution in soilless system. (The different letters and the error bars on each column show significant difference based on Duncan's multiple range test (P <0.05) and standard error (Mean ± SE))**

## نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار نسبت‌های مختلف پتاسیم به کلسیم محلول غذایی بر صفات رشد و نموی، عملکرد و کیفیت میوه خیار بود. برهمین اساس نسبت پتاسیم به کلسیم برابر یک محلول غذایی با بهبود جذب عناصر غذایی و در نتیجه بهبود شرایط رشدونموی منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه خیار نگین گردید.

## منابع


1- Anac D., Okur B., Kilic C., Aksoy U., Can Z., Hepaksoy S., Anaç S., and Dorsan F. 1997. Potassium fertilization to control salinization effects. In: Regional Workshop on Food Security in the WANA Region, The essential need for balanced fertilization, Izmir, Turkey.

2- Arya S.P., Mahajan M., and Jain P. 2000. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. Analytica Chimica Acta, 417: 1–14.

3- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2015. Handbook of plant nutrition. CRC press.

4- Bemadac A., Jean-Baptiste I., Bertoni G., and Morard P. 1996. Changes in calcium contents during melon (*Cucumis melo* L.) fruit development. Scientia Horticulturae, 66: 181–189.

5- Emami A. 1996. Plant analysis methods. Soil and water research institute. No. 928. (In Persian)

6- Fageria N.K. 2008. The use of nutrients in crop plants. CRC press.

7- Fanaie H.R., Kafi M., and Shirani Rad A.H. 2013. Interaction of water deficit stress and potassium application on potassium, calcium, magnesium concentration and oil of two species of canola (*Brassica napus*) and mustard (*Brassica juncea*). Journal of Water and Soil Science, 23(3): 261-275. (In Persian with English abstract)

8- Haeder H.E., and Beringer H. 1981. Influence of potassium nutrition and water stress on the content of abscisic acid in grains and flag leaves of wheat during grain development. Journal of the Science of Food and Agriculture, 32: 552–556.

9- Huett D.O. 1994. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K: Ca ratio in solution. Crop and Pasture Science, 45: 251–267.

10- Irigoyen J.J., Einerich D.W., and Sánchez–Díaz M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of

proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum, 84: 55–60.

11- Jakobsen S.T. 2009. Interaction between plant nutrients: III. Antagonism between potassium, magnesium and calcium. Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences, 43(1): 1–5.

12- Jones J.B. 2004. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. CRC press.

13- Kokabi S., and Tabatabaie S.J. 2011. Effect of different K/Ca ratio on yield and quality of Melon 'Galia'. Journal of Horticultural Science, 25(2): 178-184. (In Persian)

14- Lin D., Huang D., and Wang S. 2004. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. Scientia Horticulturae, 102: 53–60.

15- Marschner H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.

16- Neocleous D., and Savvas D. 2015. Effect of different macronutrient cation ratios on macronutrient and water uptake by melon (*Cucumis melo*) grown in recirculating nutrient solution. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 178, 320–332.

17- Nguyen P.M., Eileen M., and Kwee Emily D. 2010. Niemeyer Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. Food Chemistry, 123: 1235–1241.

18- Pedrosa A.W., Martinez H.E.P., Matiello E.M., Fontes P.C.R., and Pereira P.R.G. 2011. Influence of the N/K ratio on the production and quality of cucumber in hydroponic system. Revista Ceres, 58: 619–624.

19- Premuzic Z., Bargiela M., Garcia A., Rendina A., and Iorio A. 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorus, and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. HortScience, 33: 255–257.

20- Ritchie S.W., Nguyen H.T., and Scott Holaday A. 1990. Leaf Water Content and Gas-Exchange Parameters of Two Wheat Genotypes Differing in Drought Resistance. Crop Science, 30: 105–111.

21- Sardans J., and Peñuelas J. 2008. Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the *bryophyte Hypnum cupressiforme* Hedw. Growing in a Mediterranean forest. Journal of Bryology, 30: 59–65.

22- Sonneveld C., and Voogt W. 2009. Nutrient management in substrate systems. Springer.

23- Sonneveld C., and Welles G.W.H. 2004. Cation concentrations of plant tissues of fruit-vegetable crops as affected by the EC of the external nutrient solution and by humidity, In: International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics, 697: 377–386.

24- Taiz L., and Zeiger E. 2002. Plant Physiology Sinauer Associates Inc.

25- Torres-Olivar V., Villegas-Torres O.G., Domínguez-Patiño M.L., Sotelo-Nava H., Rodríguez-Martínez A., Melgoza-Alemán R.M., Valdez-Aguilar L.A., and Alia-Tejacal I. 2014. Role of Nitrogen and Nutrients in Crop Nutrition. Journal of Agricultural Science and Technology, B4, 29-37.

26- Tuna A.L., Kaya C., Ashraf M., Altunlu H., Yokas I., and Yagmur B. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 59: 173–178.

27- Turhan E., and Eris A. 2005. Effects of sodium chloride applications and different growth media on ionic composition in strawberry plant. Journal of Plant Nutrition, 27: 1653–1665.

28- Velioglu Y.S., Mazza G., Gao L., and Oomah B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 4113–4117.

29- Zhizhong Z., Shanglong Z., Changjie X., Kunsong C., and Shuantao L. 2001. Roles of sucrose-metabolizing enzymes in accumulation of sugars in Satsuma Mandarin fruit. Acta Horticulturae Sinica, 28: 112–118.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No.3, Fall 2018, P. 383-391
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۳۹۱-۳۸۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

# Growth and Developmental Parameters, Quality and Productivity of Cucumber as Affected by K: Ca Ratios of Nutrient Solution in Soilless System

**Y. Javan[1]- M.J. Nazarideljou[2*]**

Received: 25-12-2016
Accepted: 07-05-2018

**Introduction:** Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is an important fruit crops and cultivation in soilless condition may help to improve the quality and productivity. Due to susceptibility of cucumber to climate condition, the cultivation should be done under precise consideration. Nutrient uptake by plant is greatly affected by the concentration, as well as by the elements ration, especially the cations. Calcium and potassium play an important role in crops biology, functions, quality, and productivity. This experiment was conducted to evaluate the effect of different K: Ca ratios on quality and productivity of cucumber cv. 'Negin' to determine the best K: Ca ratio.

**Material and Methods:** This experiment was done in a hydroponic greenhouse with polyethylene cover. Day/night temperatures were 26±2 and 19±2, respectively. Relative humidity was adjusted at 55-60%. A pot experiment was conducted based on completely randomized design with three replications (9 plants/rep). Treatments included K: Ca ratios (2, 1.5, 1, 0.7, and 0.5). Cucumber cv. 'Negin' was treated with above-mentioned K: Ca ratios in an open soilless system equipped with drippers and plants were fertigated basis on Steiner nutrition formula. The culture medium was coco-fibre: perlite (1:1 v/v). Morpho-physiological, as well as biochemical parameters of cultivated plants including, plant fresh and dry weigh, leaf area, root volume, fruit length and weight, total carbohydrates, total phenol, vitamin C content, and fruit yield were determined.

**Results and Discussion:** Results indicated that morpho-physiological and biochemical parameters, also, plant fresh and dry weight of cucumber cv. 'Negin' were significantly affected by application of different K: Ca ratios in nutrient solution ($P<.0.05$). The highest plant fresh weight (184.3 g) and root fresh and dry weight 29.36 g and 1.88 g, respectively) were obtained in K: Ca (1). Probably, the better growth condition such as proper relative water content and higher leaf area in K: Ca (1) caused the higher plant fresh weight and root fresh and dry weight. Moreover, the highest relative water content (RWC, 57.7 %) was recorded in K: Ca (1). The higher RWC in K: Ca (1) reveals the importance of K in maintaining plant water status through assimilates transportation, enzymes activation and stomata movement control. Additionally, fruits length, fruits weight, and fruit firmness were significantly affected by K: Ca ratios, where K: Ca (1) was the best. The enhanced parameters of cucumber cv. 'Negin' under K: Ca (1), reveals the importance of this ratio in nutrient solution. Calcium is a determinative element in fruit firmness, which enhances fruit firmness through producing crosslinks with cell wall components, as well as with pectin compounds in middle lamella. The highest and lowest content of carbohydrates were recorded in K: Ca ratios 1.5 and 0.5, respectively. Probably, K: Ca (1.5) shows positive effects on sugar synthesis. This increase might be due to over-activation of invertase enzyme and ATP production in K: Ca (1.5). The highest content of total phenol was produced in K: Ca ratio (2). Phenolic compounds are produced under stress (biotic and abiotic) condition. It seems that K: Ca (2) has led to unfavorable condition in nutrient solution, which has adversely affected the plant. Plants in order to deal with this condition have increased phenol production. The highest content of vitamin C was produced in K: Ca (1). Changes in this ratio resulted in reduced vitamin C content. Fruits with higher vitamin C content have higher nutritional value. Some researchers have reported that there is appositive and direct relation between calcium and vitamin C content in tomato, however it seems that the ratio of elements, especially K: Ca ratio is more important than the element concentration. Results indicated that fruit yield was significantly affected by treatments, where K: Ca (1) and (2) produced the highest (8.7 kg/plant) and lowest (5.5 kg/plant) fruit yield, respectively. K: Ca (1) resulted in highest fruit length and weight. These parameters are features of fruit yield and increasing in these parameters directly effect on fruit productivity.

**Conclusions:** Taken together, results revealed that the ratio of elements are more important than the elements concentration in nutrient solution for producing high quality and yield of cucumber cv. 'Negin'. K: Ca (1) was

1 and 2- M.Sc. Graduate and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
(*- Corresponding Author Email: nazarideljou@yahoo.com)

the best ration in most parameters. Although, K: Ca (2) and (1.5) were the best ratios for producing total phenol and carbohydrate content, respectively. Considering the antioxidant activity of phenolic compound, when producing cucumber fruits with high antioxidant activity is the goal, the K: Ca (2) in nutrient solution is a proper ratio.

**Keywords:** Hydroponics, Nutrients ration, Total carbohydrate, Vitamin C