تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۴ شماره‌ی ۲ الف اسفند ۹۰

تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر رشد، غلظت عناصر غذایی و عملکرد گل بریده رز (*Rosa hybrida* L.) رقم وندتا

شهرام کیانی[1]*، محمد جعفر ملکوتی[2] و کامران میرزاشاهی[3]

۱*- **نویسنده‌ی مسؤول:** استادیار گروه خاکشناسی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شهرکرد (shkiani2002@yahoo.com)

۲- استاد گروه خاکشناسی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- عضو هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۴

چکیده

به‌منظور مطالعه ی تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر رشد، غلظت عناصر غذایی و عملکرد گل رز در شرایط آب‌کشت، آزمایشی در سال ۱۳۸٦ به مدت یک سال در گلخانه ی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل غلظت پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی با چهار تکرار روی گل رز رقم وندتا اجرا شد. پتاسیم شامل سه سطح ۱/۰، ۵/۰ و ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر و کلسیم شامل دو سطح ۱/٦ و ٤/۸ میلی‌مولار در لیتر بود. نتایج نشان داد هیچ کدام از شاخص-های رشد رویشی تحت تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم و همچنین برهمکنش آن ها قرار نگرفتند. با افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی، غلظت این عنصر در تمامی قسمت‌های گل رز به طور معنی‌داری (P<۰/۰۱) افزایش یافت. در حالی که غلظت کلسیم ریشه، برگ و گلبرگ و غلظت منیزیم ریشه و برگ دچار کاهش معنی-دار شدند. یک رابطه‌ی رگروسیونی بین غلظت پتاسیم و کلسیم برگ دیده شد (r^2=۰/۷۸). با افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی، غلظت پتاسیم در تمامی قسمت‌های گل رز کاهش و غلظت کلسیم در تمامی قسمت‌ها به غیر از برگ افزایش معنی‌دار یافتند. در هر دو نوبت برداشت، کاربرد پتاسیم در محلول غذایی به میزان ۵/۰ میلی‌مولار در لیتر منجر به افزایش عملکرد گل رز در مقایسه با سطوح ۱/۰ و ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر آن شد. همچنین افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی از ۱/٦ به ٤/۸ میلی‌مولار در لیتر، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گل رز شد. براساس نتایج این آزمایش به منظور کاهش اثرات ناهمسازی بین پتاسیم و کلسیم، بهبود تعادل تغذیه‌ای و افزایش عملکرد گل رز، میزان مطلوب این دو عنصر در محلول غذایی برای تولید گل بریده رز رقم وندتا در شرایط آب-کشت به ترتیب ۵/۰ و ٤/۸ میلی‌مولار در لیتر پیشنهاد می‌شود.

کلید واژه‌ها: آب‌کشت، پتاسیم، رشد، عملکرد، کلسیم، گل رز

مقدمه

در بین انواع گوناگون گل و گیاهان زینتی تولیدی در ایران، گل رز (*Rosa hybrida* L.) دارای اهمیت ویژه‌ای بوده و استآن های مرکزی، خوزستان، مازندران و تهران قطب‌های عمده پرورش آن هستند (۲). در این میان توجه ویژه به استفاده از شیوه‌های جدید تولید از قبیل کشت بدون خاک (آب‌کشت[1]) برای تولید گل رز به دلیل محدودیت‌های موجود در روش‌های متداول کشت، از اهمیت خاصی برخوردار است. اما نوپا بودن این فناوری در کشور ما، ضرورت انجام پژوهش در این

1- Hydroponic

زمینه را فراهم نموده است. یکی از مسائل موجود در استفاده از شیوه‌های کشت بدون خاک، فرمولاسیون عناصر غذایی مورد استفاده در محلول‌های غذایی است که برای پرورش گل رز به کار برده می‌شود.

از میان عناصر غذایی پرمصرف، پتاسیم و کلسیم دارای اهمیت فراوانی در تغذیه گل رز بوده و پژوهش-های متعددی در رابطه با این دو عنصر انجام شده است (۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۱، ۲۳ و ۲۴). پتاسیم در بسیاری از فرایندهای گیاهی به عنوان تنظیم‌کننده واکنش‌های فیزیولوژیک مختلف نقش داشته و برای تولید حداکثر محصول ضروری است (۱۴). با وجود این، پژوهش‌های انجام شده در مورد کاربرد مقادیر بیش از حد پتاسیم در محلول غذایی مورد استفاده برای پرورش گل رز حاکی از عدم تأثیر آن بر رشد و توسعه ی گل رز بوده است (۲۳ و ۲۴). این امر در دیگر بررسی‌های انجام شده نیز مشاهده شده است. به عنوان مثال کاربرد مقادیر زیاد پتاسیم تأثیری بر رشد گل داودی تا مرحله گلدهی نداشته است (۱۳). همچنین افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک و عملکرد گوجه فرنگی نداشت (۵). در این میان فقط در برخی از پژوهش‌های انجام شده کاربرد پتاسیم منجر به افزایش ماده ی خشک گیاه شده است که برای مثال می‌توان به برنج (۱۷) و فلفل (۲۲) اشاره کرد.

آزمایش‌های انجام شده در مورد تأثیر کاربرد پتاسیم بر ترکیب شیمیایی گیاه، نشان¬دهنده ی تأثیر متفاوت این عنصر بر غلظت عناصر پرمصرف گیاه است. در پژوهش‌های کاگیاما و همکاران[1] (۱۳)، کاربرد سطوح مختلف پتاسیم تأثیری بر غلظت نیتروژن و فسفر برگ، ساقه و ریشه گل داودی نداشت. در حالی که پژوهش-های وودسون و بادلی[2] (۲۵) در گل رز نشان داد افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی به دلیل اثرات هم افزایی[3] بین پتاسیم و نیتروژن، منجر به افزایش نیتروژن برگ و ریشه شد. نتایج پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند در بیش تر موارد افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی منجر به افزایش غلظت این عنصر در بافت‌های گیاهی می‌شود که به عنوان مثال می‌توان به پژوهش‌های انجام شده در گل رز (۱۹، ۲۳ و ۲۴) و داودی (۱۳) اشاره کرد.

در بررسی تأثیر پتاسیم بر غلظت عناصر غذایی گیاه، اثرات ناهمسازی[4] آن با کلسیم (۱۴) دارای اهمیت فراوانی است. به طوری که افزایش پیوسته پتاسیم در محلول غذایی اثر منفی بر جذب کلسیم توسط گل رز داشته (۳ و ۴) که این مسأله احتمالاً به رقابت بین یون‌ها مربوط می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی منجر به کاهش غلظت کلسیم در بافت‌های مختلف گل رز و سرانجام کاهش میزان عملکرد شده است (۱۹ و ۲۳). با توجه به اهمیت تعیین غلظت مطلوب پتاسیم و کلسیم در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش گل رز و از طرف دیگر اثرات ناهمسازی بین آن ها، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر رشد، غلظت عناصر غذایی و عملکرد گل بریده رز در شرایط آبکشت اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل میزان پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی با چهار تکرار در سال ۱۳۸۶ به مدت یک سال در گلخانه ی آبکشت مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول اجرا شد. پتاسیم شامل سه سطح ۱/۰، ۵/۰ و ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر از منابع نیترات پتاسیم (KNO_3) و سولفات پتاسیم (K_2SO_4) و کلسیم شامل دو سطح ۱/۶ و ۴/۸ میلی‌مولار در لیتر از منابع نیترات کلسیم ($Ca(NO_3)_2.4H_2O$) و سولفات کلسیم ($CaSO_4.2H_2O$) بود. غلظت سایر عناصر غذایی مورد استفاده برای نیتروژن، فسفر و منیزیم به ترتیب ۱۰/۰،

1- Kageyama *et al*.
2- Woodson & Boodley
3- Synergism
4- Antagonism

۱/۲۵ و ۲/۷ میلی‌مولار در لیتر و برای مس، بور، آهن، منگنز، روی و مولیبدن به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۲۰، ۹۰، ۵/۰، ۳/۵ و ۰/۵ میکرومولار در لیتر بود (۶). برای تهیه ی محلول‌های غذایی از آب شهری استفاده شد که قابلیت هدایت الکتریکی آن ۰/۵۳ دسی‌زیمنس بر متر و غلظت یون‌های قابل توجه آن به ترتیب ۱/۶، ۰/۸، ۰/۲ و ۱/۶ میلی‌مولار در لیتر برای کلسیم، منیزیم، نیترات و سولفات بود. پس از تهیه ی محلول‌های غذایی pH آن ها با استفاده از محلول ۱ مولار در لیتر اسید سولفوریک درحد ۵/۴±۰/۲ تنظیم شد (۶).

برای اجرای آزمایش در آبان ماه سال ۱۳۸۶ تعداد ۱۴۴ بوته ی رز پیوندی ۲ ماهه ی رقم وندتا[1] پس از هرس یکنواخت برای تولید شاخه‌های رشدی یکسان، به گلدآن های ۱۲ لیتری منتقل شدند. برای بستر کشت از پرلیت با اندازه ۵/۰-۰/۵ میلی‌متر استفاده شد. هر گلدان حاوی یک بوته بوده و برای هر ترکیب آزمایشی ۶ گلدان در نظر گرفته شد. گلدآن های حاوی گیاه در یک گلخانه ی دو طرفه شیشه‌ای با دمای روز ۳±۲۳ و دمای شب ۳±۱۵ درجه ی سانتی گراد با تراکم ۸ گلدان در متر مربع روی سکو چیده شدند. به دنبال آن تغذیه ی گل‌های رز با محلول‌های غذایی حاوی سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم آغاز شد. سامانه ی آب‌کشت مورد استفاده در این تحقیق از نوع باز بود که از طریق یک سامانه ی آبیاری قطره‌ای عملیات کود آبیاری[2] به طور خودکار انجام می‌گرفت. دور کود آبیاری بسته به فصل و مرحله ی رشدی گیاه، ۴ تا ۱۰ بار در روز بود و کسر آبشویی ۲۵-۲۰ درصد درنظر گرفته شد.

به منظور اندازه‌گیری سطح برگ در اوایل دوره ی گلدهی (۷ تا ۸ هفته پس از کاشت)، تعداد ۵ برگ از قسمت‌های میانی هر بوته نمونه‌برداری و سطح آن ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[3] تعیین گردید.

همچنین در این مرحله شاخص میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج[4] در برگ‌های قسمت میانی ساقه ی گل‌دهنده (برگ‌های سوم تا هفتم از بالا) اندازه‌گیری شد. به دنبال آن در مرحله ی آغاز باز شدن کاسبرگ ها (مرحله ی برداشت اقتصادی) از هر ترکیب آزمایشی ۶ شاخه گل برداشت گردید. شاخه‌های برداشت شده به قسمت‌های مختلف گلبرگ، برگ و ساقه تفکیک شدند و وزن تر هر یک از قسمت‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه‌برداری از ریشه نیز در این مرحله انجام شد. نمونه‌ها پس از شست و شو با آب معمولی و آب مقطر در پاکت کاغذی قرار داده شده و سپس در دمای ۷۰ درجه ی سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و دوباره وزن شدند. سپس درصد ماده ی خشک در هر یک از قسمت‌های گلبرگ، برگ، ساقه و ریشه با تقسیم وزن خشک نهایی به وزن تر اولیه هر قسمت محاسبه شد. غلظت عناصر غذایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور در نمونه‌های ریشه، ساقه، برگ و گلبرگ اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا نمونه‌ها با استفاده از آسیاب برقی خرد شده و پس از عبور از الک ۰/۵ مش برای انجام آزمایش‌های مربوطه آماده شدند. غلظت نیتروژن موجود در نمونه‌ها پس از تهیه ی عصاره از روش خاکسترگیری تر با استفاده از دستگاه اتو کجلتک اندازه‌گیری شد. غلظت سایر عناصر غذایی پس از تهیه ی عصاره از روش خاکسترگیری خشک تعیین گردید. فسفر موجود در عصاره با روش فسفو وانادات مولیبدات زرد با دستگاه اسپکتروفتومتر و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند. عناصر کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس موجود در عصاره با دستگاه جذب اتمی و میزان بور با روش آزومتین اچ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردیدند (۱). همچنین در طول دو دوره ی گلدهی (اسفند ۸۶ و اردیبهشت ۸۷) گل ها برداشت و

1- Vendetta
۲- Fertigation
3- ADC BioScientific Ltd, AM 200
4- Opti-Sciences, CCM-200

عملکرد هر بوته ثبت شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری گردیده و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[1] استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر رشد گل رز

نتایج حاصل از تجزیه ی واریانس مرکب مقادیر وزن تر، وزن خشک و درصد ماده ی خشک قسمت‌های مختلف گل رز (ساقه، برگ و گلبرگ) در هر دو نوبت مختلف اندازه‌گیری و همچنین مقادیر سطح برگ و شاخص کلروفیل برگ نشان داد، سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم و همچنین برهمکنش آن ها بر شاخص‌های یاد شده تأثیری نداشت (نتایج ارائه نشده است). تحرک بالای پتاسیم در آوند آبکش و نبود نقش ساختمانی برای این عنصر در بافت‌های گیاهی (۱۴) می‌تواند از جمله دلایل عدم واکنش شاخص‌های رشد رویشی به کاربرد این عنصر باشد. براساس پژوهش‌های انجام شده، نابسامانی‌های رشدی ناشی از کمبود کلسیم در غلظت-های زیر ۱ میلی‌مولار در لیتر و یا حتی ۰/۵ میلی‌مولار در لیتر (۴) این عنصر بروز کرده که در شرایط این تحقیق غلظت کلسیم در هیچ یک از محلول‌های غذایی پایین‌تر از ۱/۶ میلی‌مولار در لیتر نبود. عدم واکنش شاخص‌های رشد رویشی نسبت به مصرف سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم در پژوهش‌های انجام شده در گل رز (۲۳ و ۲۴)، داودی (۱۳) و گوجه فرنگی (۵) نیز گزارش شده است.

در طول دوره ی رشد هیچ گونه نشان های مبنی بر کمبود و یا سمیت پتاسیم در قسمت‌های مختلف بوته‌های رز مشاهده نشد. اما نابسامانی‌های ناشی از کمبود کلسیم به صورت زردی و بافت مردگی نوک و حاشیه ی برگ‌های پایین ساقه گل‌دهنده در ترکیب آزمایشی حاوی میزان بالای پتاسیم (۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر) و پایین کلسیم (۱/۶ میلی‌مولار در لیتر) دیده شد. این نشانه-ها ابتدا در برگ‌های پایینی ساقه ی گل‌دهنده ظهور کردند و با گذشت زمان بر شدت آن ها افزوده شد. در این حال نتایج حاصل از تجزیه ی شیمیایی نشان داد، غلظت کلسیم برگ در ترکیب کودی یاد شده به نحو قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و به زیر حد بحرانی ۱ درصد (۱۶) رسیده است. غلظت پایین کلسیم در برگ ها به عنوان عامل تحریک‌کننده پیری ی و تخریب کلروفیل شناخته شده (۱۴) که سرانجام منجر به ایجاد بخش‌های بافت مرده می‌گردد. به هرحال، غلظت بالای پتاسیم در محلول غذایی به دلیل اثرات بازدارنده بر جذب کلسیم قادر است نشانه‌های زوال ناشی از کمبود کلسیم را تشدید کند که این امر در پژوهش‌های انجام شده گزارش شده است (۳ و ۵).

تأثیر سطوح مختلف پتاسیم بر غلظت عناصر غذایی گل رز

افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی تأثیری بر غلظت نیتروژن و فسفر در قسمت‌های مختلف گل رز نداشت (نتایج ارائه نشده است) اما منجر به افزایش معنی-دار غلظت پتاسیم در تمامی قسمت‌های مختلف گل رز در سطح آماری ۱ درصد شد. کم ترین و بیش ترین غلظت پتاسیم در قسمت‌های مختلف گل رز به ترتیب در سطوح ۱/۰ و ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر این عنصر مشاهده شد که از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش غلظت پتاسیم در قسمت‌های مختلف گیاه در نتیجه افزایش میزان پتاسیم محلول غذایی در پژوهش‌های انجام شده در رز شاخه بریده (۲۴)، رز گلدانی (۱۹) و داودی (۱۳) نیز گزارش شده است.

کلسیم مهم ترین عنصری است که انتظار می‌رفت غلظت آن در قسمت‌های مختلف گل رز به دلیل داشتن اثرات ناهمسازی با پتاسیم تحت تأثیر قرار گیرد. اثرات ناهمسازی پتاسیم در غلظت‌های بالا بر جذب کلسیم و منیزیم به گونه گیاهی و شرایط محیطی بستگی دارد (۸). در این تحقیق افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار غلظت کلسیم ریشه، برگ و

1- Least Significant Difference Test

گلبرگ گل رز در سطح آماری ۱ درصد شد (جدول ۱). افزایش میزان پتاسیم محلول غذایی از ۱/۰ به ۵/۰ میلی مولار در لیتر، منجر به کاهش ۰/۳۱ درصدی غلظت کلسیم برگ گردید که با افزایش میزان پتاسیم به ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر، این کاهش به ۰/۴۱ درصد رسید.

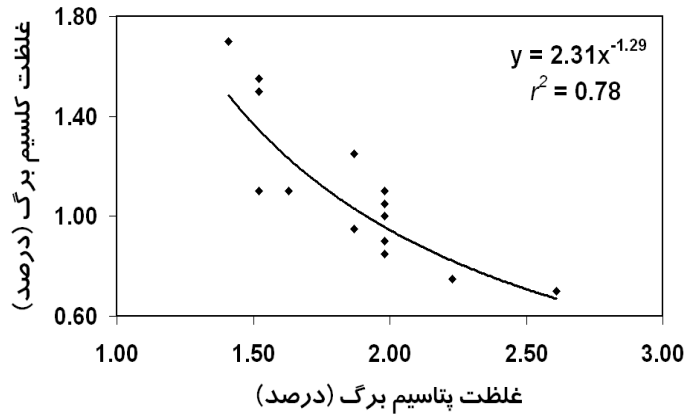
اثرات ناهمسازی بین پتاسیم و کلسیم به خوبی در رگروسیون بین غلظت این دو عنصر در برگ نشان داده شده است (شکل ۱). به طور مشابه، کاهش غلظت کلسیم گلبرگ و ریشه برای سطح ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر پتاسیم در محلول غذایی نسبت به سطح ۱/۰ میلی‌مولار در لیتر آن، به ترتیب برابر ۰/۰۲ و ۰/۳۰ درصد بود که به ترتیب نشان دهنده ی ۱۸ و ۳۵ درصد کاهش در غلظت کلسیم گلبرگ و ریشه بود. اثرات ناهمسازی پتاسیم بر جذب کلسیم، به دلیل رقابت این دو کاتیون برای مکان های جذب به خاطر ویژگی‌های فیزیولوژیکی آن ها بوده (۱۴) که این مسأله در پژوهش‌های گوناگون اثبات شده است (۵، ۸ و ۱۳).

نکته ی مهمی که در بررسی غلظت کلسیم در ریشه دیده می‌شود این است که اثرات ناهمسازی پتاسیم بر کلسیم در سطوح بالای پتاسیم در محلول غذایی (۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر) بروز کرده و این مسأله در غلظت‌های پایین و متوسط پتاسیم (سطوح ۱/۰ و ۵/۰ میلی‌مولار در لیتر) دیده نمی‌شود. این مسأله شاید به دلیل قابلیت تحرک بالای این عنصر باشد که در غلظت‌های بالا تمایل به اثرگذاری بر کاهش جذب سایر عناصر غذایی پیدا می‌کند (۱۴). این پدیده بر مکانیزم ناهمسازی؛ یعنی رقابت برای مکآن های جذب تأکید می‌کند. بنابراین، در غلظت‌های بالای پتاسیم در محلول غذایی اکثر مکان های جذب روی سطح ریشه توسط این عنصر اشغال شده و بنابراین ظرفیت جذب و انتقال کم تری به کلسیم داده می‌شود.

جدول ۱- تأثیر سطوح مختلف پتاسیم در محلول غذایی بر غلظت عناصر غذایی قسمت‌های مختلف گل رز

قسمت گیاه	غلظت پتاسیم (mmol l^{-1})	K† (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (mg kg^{-1})	B (mg kg^{-1})
ریشه	۱/۰	۰/۵۳ c	۰/۸۵ a	۰/۱۹ a	۱۱۰/۷۵ a	۳۳/۸۷ a
	۵/۰	۰/۸۶ b	۰/۸۰ a	۰/۱۸ a	۱۱۳/۳۷ a	۳۶/۳۷ a
	۱۰/۰	۱/۰۰ a	۰/۵۵ b	۰/۱۵ b	۶۸/۰۰ b	۳۲/۵۰ a
ساقه	۱/۰	۰/۹۱ c	۰/۶۵ a	۰/۲۵ a	۳۱/۰۰ a	۱۷/۵۰ a
	۵/۰	۱/۲۰ b	۰/۶۶ a	۰/۲۴ a	۳۳/۰۰ a	۱۹/۸۱ a
	۱۰/۰	۱/۵۵ a	۰/۶۷ a	۰/۲۲ a	۳۴/۵۰ a	۱۵/۸۷ a
برگ	۱/۰	۱/۵۱ c	۱/۳۰ a	۰/۵۲ a	۷۹/۱۲ a	۶۲/۸۷ a
	۵/۰	۱/۹۵ b	۰/۹۹ b	۰/۵۰ a	۷۲/۳۷ a	۶۳/۰۰ a
	۱۰/۰	۲/۲۲ a	۰/۸۹ b	۰/۴۳ b	۶۷/۲۵ a	۵۹/۴۳ a
گلبرگ	۱/۰	۱/۳۴ c	۰/۱۱ a	۰/۱۵ a	۱۵/۹۴ a	۱۶/۲۵ a
	۵/۰	۱/۶۹ b	۰/۱۲ a	۰/۱۴ a	۱۶/۵۰ a	۱۲/۸۷ b
	۱۰/۰	۱/۸۳ a	۰/۰۹ b	۰/۱۴ a	۱۷/۳۷ a	۱۱/۴۳ b

†میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و در هر قسمت گیاهی فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ هستند (آزمون LSD).



شکل ۱- رگرسیون بین غلظت پتاسیم و کلسیم در برگ گل رز

منیزیم از دیگر عناصری است که اثرات ناهمسازی پتاسیم بر جذب آن در پژوهش‌های انجام شده تایید شده است (۱۹) در این تحقیق افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی به کاهش معنی‌دار منیزیم ریشه و برگ انجامید (جدول ۱). البته این کاهش در غلظت‌های بالای پتاسیم در محلول غذایی (۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر) مشاهده شد و غلظت منیزیم ریشه و برگ در سطوح ۱/۰ و ۵/۰ میلی‌مولار در لیتر پتاسیم در محلول غذایی با همدیگر تفاوتی نداشت. تأثیر منفی غلظت‌های بالای پتاسیم بر جذب منیزیم ممکن است در نتیجه رقابت برای اتصال به ترکیبات تولید شده داخل گیاه در فرایندهای متابولیکی باشد (۷). کاهش غلظت منیزیم گیاه در نتیجه کاربرد مقادیر بالای پتاسیم در پژوهش‌های انجام شده در چمن (۱۰) و گل داودی (۱۳) نیز مشاهده شده است. با وجود کاهش معنی‌دار منیزیم ریشه و برگ، غلظت این عنصر در ساقه و گلبرگ تحت تأثیر افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی قرار نگرفت (جدول ۱) که قابلیت تحرک بالای این عنصر در گیاه می‌تواند دلیلی برای این عدم واکنش باشد (۱۴).

غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف شامل آهن، روی و مس در هیچ‌یک از قسمت‌های گل رز تحت تأثیر معنی-دار کاربرد پتاسیم در محلول غذایی قرار نگرفت (نتایج ارائه نشده است). در این میان تنها منگنز ریشه و بور گلبرگ، در نتیجه افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی دچار کاهش معنی‌دار شدند (جدول ۱). کاهش منگنز ریشه در سطح ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر پتاسیم در محلول غذایی بسیار شدید بود و مقدار آن به ۶۸/۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده ی خشک گیاهی کاهش یافت. براساس پژوهش‌های رامانی و کانان[1] (۲۰)، سه عنصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم نقش بسیار مهمی بر جذب منگنز توسط گیاهان دارند. این سه عنصر در مواقعی که غلظت منگنز کم است، جذب آن را بهبود بخشیده و برعکس زمانی که غلظت منگنز زیاد باشد جذب آن را کاهش می‌دهند. بنابراین به نظر می‌رسد کاهش غلظت منگنز ریشه در این تحقیق به دلیل همین مکانیزم تنظیمی پتاسیم باشد. کاهش میزان بور در بافت‌های گیاهی در نتیجه کاربرد کودهای پتاسه و یا کشت گیاهان در خاک‌های حاوی پتاسیم زیاد در تحقیقات گوپتا[2] (۱۱) نیز گزارش شده است.

تأثیر سطوح مختلف کلسیم بر غلظت عناصر غذایی گل رز

افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی تأثیری بر غلظت نیتروژن و فسفر در قسمت‌های مختلف گل رز نداشت (نتایج ارائه نشده است) اما منجر به کاهش معنی-دار غلظت پتاسیم در تمامی قسمت‌های گل رز شد (جدول ۲) که با تحقیقات انجام شده در گیاهان دیگر از

1- Ramani & Kannan
2- Gupta

قبیل گوجه فرنگی مطابقت دارد (۱۲). تأثیر بازدارنده ی غلظت بالای کلسیم در محلول غذایی، بر جذب پتاسیم ممکن است در نتیجه ی کاهش تراوایی سلول‌ها باشد (۷). افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی از ۱/۶ به ۴/۸ میلی‌مولار در لیتر، منجر به افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در تمامی قسمت‌های گل رز به غیر از برگ شد که این یافته با پژوهش‌های انجام شده در این زمینه همخوانی دارد (۴، ۱۵، ۱۸ و ۲۳). با وجود آن‌که اثرات ناهمسازی کلسیم بر جذب منیزیم در پژوهش‌های گوناگون گزارش شده است (۹) اما در این پژوهش غلظت منیزیم در هیچ یک از قسمت‌های گل رز تحت تأثیر افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی قرار نگرفت که شاید این مسأله به دلیل قابلیت بالای تحرک منیزیم در بافت‌های گیاهی باشد (۷).

افزایش غلظت کلسیم در محلول غذایی تأثیری بر غلظت آهن و مس در هیچ یک از قسمت‌های گل رز نداشت اما منجر به کاهش معنی‌دار غلظت منگنز و روی در برگ و ساقه و همچنین غلظت بور در ریشه شد. کاهش غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف مانند منگنز، روی و بور در نتیجه افزایش میزان کلسیم خاک در پژوهش‌های فاگریا و بالیگار[1] (۹) در لوبیا، گندم و سویا نیز گزارش شده است. لازم به یادآوری است غلظت هیچ یک از عناصر غذایی در قسمت‌های مختلف گل رز مانند ریشه، ساقه، برگ و گلبرگ تحت تأثیر برهمکنش سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی قرار نگرفت (نتایج ارائه نشده است).

تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر عملکرد گل رز

نتایج حاصل از تجزیه ی واریانس عملکرد گل رز در هر دو نوبت برداشت در اسفند ۸۶ و اردیبهشت ۸۷ نشان داد، کاربرد پتاسیم در محلول غذایی به میزان ۵/۰ میلی مولار در لیتر منجر به افزایش عملکرد گل رز در مقایسه با سطوح ۱/۰ و ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر آن شد (جدول ۳). معمولاً استفاده از مقادیر کم و یا زیاد عناصر غذایی منجر به ایجاد اختلال در اعمال سلولی آن ها می-شود. در حالت اول کمبود عنصر غذایی منجر به کاهش غلظت آن عنصر در قسمت‌های مختلف گیاه شده و بسته به میزان کمبود عملکرد گیاه متاثر می‌شود. اما در حالت دوم زیادی یک عنصر غذایی یا منجر به ایجاد سمیت در گیاه شده و یا از طریق برهم‌زدن تعادل عناصر غذایی، عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش کاربرد پتاسیم به میزان ۱/۰ میلی‌مولار در لیتر منجر به کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم در تمامی قسمت-های گل رز به ویژه برگ گردید (جدول ۱). به طوری که غلظت پتاسیم در برگ رزهای تغذیه شده با ۱/۰ میلی‌مولار در لیتر پتاسیم، برابر ۱/۵۱ درصد بر مبنای وزن خشک گیاهی بود که در مقایسه با حد مطلوب ۳/۰۰-۱/۸۰ درصد برای تولید تجاری (۱۶)، نشان¬دهنده‌ی کمبود این عنصر بود. بنابراین، کمبود پتاسیم در برگ و همچنین سایر قسمت‌های گل رز می‌تواند دلیل احتمالی کاهش عملکرد در هر دو نوبت برداشت باشد که این یافته با نتایج سایر پژوهش‌های انجام شده در گل رز همسو می‌باشد (۲۵). با کاربرد پتاسیم به میزان ۵/۰ میلی‌مولار در لیتر در محلول غذایی، غلظت پتاسیم برگ به ۱/۹۵ درصد رسید که کافی بودن این میزان برای رشد مطلوب گل رز، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد به میزان ۲/۴ شاخه در برداشت اول و ۴/۰ شاخه در برداشت دوم شد. افزایش بیش تر پتاسیم در محلول غذایی و رسیدن سطح آن به ۱۰/۰ میلی‌مولار در لیتر که با افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی همراه بود، اگر چه منجر به ایجاد سمیت این عنصر نگردید اما منجر به کاهش غلظت کلسیم برگ و سرانجام افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم آن شد (شکل ۲). این مسأله منجر به ظهور نابسامانی ناشی از کمبود کلسیم به صورت زردی و بافت مردگی نوک و حاشیه ی برگ‌های پایین ساقه ی گل‌دهنده شد. بنابراین، به نظر می‌رسد در این حالت، عدم تعادل در نسبت پتاسیم به کلسیم برگ منجر به

1- Fageria & Baligar

کاهش عملکرد شده باشد. کاهش عملکرد در نتیجه افزایش نسبت پتاسیم به کلسیم محلول غذایی، در رزهای گلدانی (۱۹) و گوجه فرنگی (۵) نیز گزارش شده است.

جدول۲- تأثیر سطوح مختلف کلسیم در محلول غذایی بر غلظت عناصر غذایی قسمت‌های مختلف گل رز

قسمت گیاه	غلظت کلسیم (mmol l $^{-1}$)	K† (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (mg kg^{-1})	Zn (mg kg^{-1})	B (mg kg^{-1})
ریشه	۱/۶	۰/۸۵ a	۰/۷۲ b	۰/۱۸ a	۹۸/۱۶ a	۲۹۷/۰۰ a	۳۶/۹۲ a
	۴/۸	۰/۷۵ b	۰/۹۲ a	۰/۱۶ a	۹۶/۵۸ a	۲۹۰/۴۱ a	۳۱/۵۸ b
ساقه	۱/۶	۱/۳۱ a	۰/۶۲ b	۰/۲۴ a	۳۵/۶۷ a	۴۷/۷۹ a	۱۸/۰۴ a
	۴/۸	۱/۱۳ b	۰/۷۰ a	۰/۲۳ a	۳۰/۰۰ b	۴۳/۲۱ b	۱۷/۴۱ a
برگ	۱/۶	۱/۹۸ a	۰/۹۸ a	۰/۴۷ a	۷۷/۵۴ a	۴۱/۴۱ a	۶۲/۲۹ a
	۴/۸	۱/۸۱ b	۱/۱۳ a	۰/۴۶ a	۶۸/۲۹ b	۳۵/۶۲ b	۶۱/۲۵ a
گلبرگ	۱/۶	۱/۷۲ a	۰/۱۰ b	۰/۱۵ a	۱۷/۲۰ a	۱۸/۰۴ a	۱۴/۴۱ a
	۴/۸	۱/۵۲ b	۰/۱۳ a	۰/۱۴ a	۱۶/۰۰ a	۱۷/۹۶ a	۱۲/۶۲ a

†میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون و در هر قسمت گیاهی فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ هستند (آزمون LSD).

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی بر عملکرد گل رز.

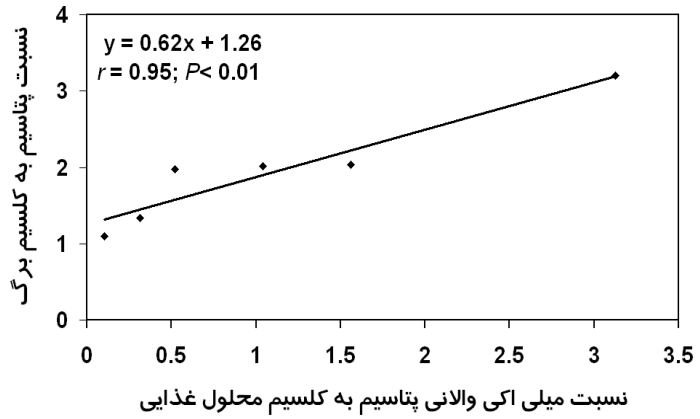
غلظت پتاسیم (mmol l $^{-1}$)	عملکرد (تعداد گل بریده در متر مربع)	
	برداشت	
	اول†	دوم†
۱/۰	۲۰/۱ b	۲۱/۴ b
۵/۰	۲۲/۵ a	۲۵/۴ a
۱۰/۰	۱۸/۶ b	۲۰/۲ b
غلظت کلسیم (mmol l $^{-1}$)		
۱/۶	۱۸/۳ b	۲۰/۵ b
۴/۸	۲۲/۵ a	۲۳/۴ a

تجزیه ی واریانس

منبع تغییرات	میانگین مربعات††	
غلظت پتاسیم	۲۹/۵۹ *	۵۹/۹۶ **
غلظت کلسیم	۱۰۷/۰۶ **	۲۵/۲۹ *
پتاسیم × کلسیم	۲۵/۰۴ ns	۲۴/۱۴ ns

†میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ هستند (آزمون LSD).

††ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده ی عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ ٪ آزمون F می‌باشند.



شکل ۲- همبستگی بین نسبت میلی اکی والانی پتاسیم به کلسیم محلول غذایی و نسبت پتاسیم به کلسیم برگ گل رز

افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی از ۱/۶ به ۴/۸ میلی‌مولار در لیتر منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد گل رز به میزان ۴/۲ و ۲/۹ شاخه در متر مربع به ترتیب در برداشت اول و دوم شد که تأمین کافی کلسیم مورد نیاز گیاه دلیل احتمالی این مسأله می‌باشد. براساس تحقیقات انجام شده، افزایش کلسیم در محلول غذایی منجر به افزایش میزان کلسیم بافتی و بهبود شاخص‌های کمی از جمله عملکرد در گل‌های رز شده است (۴) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

نتایج این پژوهش نشان داد اگرچه کاربرد سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی تأثیری بر شاخص‌های رشدی گل رز نداشت اما با تأثیرگذاری بر تعادل عناصر غذایی گیاه در عملکرد نهایی گل رز مؤثر بود. به نظر می‌رسد غلظت‌های مختلف پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی در شرایط معمولی بر شاخص‌های رشد رویشی گل رز تأثیرگذار نبوده و نقش این عناصر را باید در شرایط خاص از جمله فرایندهای پیری و شرایط تنش جست وجو کرد. اگر چه یکی از اهداف این پژوهش بررسی اثرات ناهمسازی پتاسیم بر جذب کلسیم توسط گل رز بود، اما نتایج نشان داد کلسیم نیز با داشتن اثرات ناهمسازی بر جذب پتاسیم تأثیر دارد. البته نتیجه ی کاربردی این مسأله استفاده از نسبت متعادل عناصر غذایی و پرهیز از کاربرد مقادیر بالای یک عنصر در محلول غذایی است؛ زیرا بیش تر اثرات ناهمسازی عناصر با همدیگر در غلظت‌های بالا بروز کرده و معمولاً در غلظت‌های متعارف چنین مشکلاتی دیده نمی‌شود.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، کاربرد مقادیر متعارف پتاسیم و کلسیم (به ترتیب ۵/۰ و ۴/۸ میلی‌مولار در لیتر) در محلول‌های غذایی مورد استفاده برای پرورش گل رز در شرایط آب‌کشت، برای جلوگیری از بروز اثرات ناهمسازی بین این دو عنصر، بهبود تعادل تغذیه‌ای و افزایش عملکرد گل رز رقم وندتا ضروری است.

منابع

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه ی گیاه. انتشارات مؤسسه ی تحقیقات خاک و آب. نشریه ی فنی تهران، ۹۸۲: ۲۰۲ ص.

۲. بی‌نام. ۱۳۸۷. آمارنامه ی کشاورزی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران، ۲۷۸ ص.

3. Baas, R., Marissen, N., and Dik, A. 1998. Cut rose quality as affected by Ca supply and translocation. Acta Horticulture, 518: 45-54.

4. Bar-Tal, A., Baas, R., Ganmore-Neumann, R., Dik, A., Marissen, N., Silber, A., Davidov, S., Hazan, A., Kirshner, B., and Elad, Y. 2001. Rose flower production and quality as affected by Ca concentration in the petal. Agronomie, 21: 393-402.

5. Bar-Tal, A., and Pressman, E. 1996. Root restriction and potassium and Ca solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. Journal of the American Society for Horticultural Science, 121(4): 649-655.

6. De kreij, C., Voogt, W., and Baas, R. 2003. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Research Station for Floriculture and Greenhouse Vegetables. Report, No. 196.

7. Epstein, E., and Bloom, A.J. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 400 p.

8. Fageria, V.D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition, 24: 1269–1290.

9. Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 1999. Growth and nutrient concentrations of common bean, lowland rice, corn, soybean, and wheat at different soil pH on an Inceptisol. Journal of Plant Nutrition, 22: 1495-1507.

10. Grunes, D.L., Huang, J.W., Smith, F.W., Joo, P.K., and Hewes, D.A. 1992. Potassium effects on minerals and organic acids in three cool season grasses. Journal of Plant Nutrition, 15: 1007-1025.

11. Gupta, U. C. 1979. Boron nutrition of crops. Advanced Agronomy, 31: 273-307.

12. Hohjo, M., Kuwata, C., Yoshikawa, K., and Ito, T. 1995. Effects of nitrogen form, nutrient concentration and Ca concentration on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Horticulture, 396: 145-152.

13. Kageyama, Y., Nakagawa, Y., and Konishi, K. 1993. Potassium application to chrysanthemums grown hydroponically for the cut flower production. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 61(4): 895-900.

14. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York. 889 p.

15. Mehran, A., Hossein D.G., and Tehranifar, A. 2008. Effects of pre-harvest calcium fertilization on vase life of rose cut flowers cv. Alexander. Acta Horticulture, 804: 215-218.

16. Menard, C., and Dansereau, B. 1996. Impact of growth conditions on yield and quality of cut roses. Acta Horticulture, 424: 103-106.

17. Mengel, K., Viro, M., and Hehl, G. 1976. Effects of potassium on uptake and incorporation of ammonium nitrogen of rice plants. Plant and Soil, 44: 547-558.

18. Mortazavi, N., Naderi, R., Khalighi, A., Babalar M., and Allizadeh, H. 2007. The effect of cytokinin and calcium on cut flower quality in rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Illona. Journal of Food Agriculture and Environment, 5: 311-313.

19. Mortensen, L.M., Ottosen, C.O., and Gislerod, H.R. 2001. Effects of air humidity and K:Ca ratio on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. Scientia Horticulturae, 90: 131-141.

20. Ramani, S., and Kannan, S. 1974. Effects of certain cations on manganese absorption by excised rice roots. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 5: 435-439.

21. Rueysong, L., and Mayhsiu, K. 2008. Ethylene biosynthesis and membrane microviscosity changes of cut rose (*Rosa hybrida* L.) 'Noblesse' by calcium chloride pulse and dry cold storage. Acta Horticulture, 768: 469-474.

22. Sergio, J.C., Blankenship, S.M., Sanders, D.C., and Ritchie, D.F. 1994. Drip fertigation with nitrogen and potassium and postharvest susceptibility to bacterial soft rot of bell peppers. Journal of Plant Nutrition, 17(7): 1175-1191.

23. Terada, M., Goto, T., Kageyama, Y., and Konishi, K. 1996. Effect of potassium and calcium concentration in the nutrient solution on growth and nutrient uptake of rose plants. Acta Horticulture, 440: 336–370.

24. Torre, S., Fjeld, T., and Gislerod, H. R. 2001. Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. Scientia Horticulture, 90: 291-304.

25. Woodson, W.R., and Boodley, J.W. 1982. Effects of nitrogen form and potassium concentration on growth, flowering and nitrogen utilization of greenhouse roses. Journal of the American Society for Horticultural Science, 107(2): 275-278.