تأثیر پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی بر حساسیت گل بریده رز به بیماری کپک خاکستری

شهرام کیانی[۱*]، غفورزاده‌دباغ[۲]، محمدجعفر ملکوتی[۳] و عزیزاله علیزاده[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۲۶)

چکیده

کپک خاکستری، ناشی از قارچ *Botrytis cinerea* ، یکی از بیماری‌های مهم گل بریده رز در گلخانه‌های ایران است. به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی بر حساسیت گل بریده رز به این بیماری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل غلظت پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی در چهار تکرار در گلخانه آب‌کشت مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد از سال ۱۳۸۶ به مدت یک سال انجام شد. سطوح پتاسیم شامل ۱/۰، ۵/۰ و ۱۰/۰ میلی‌مولار و سطوح کلسیم شامل ۱/۶ و ۴/۸ میلی‌مولار بود. در طول دو دوره گل‌دهی متوالی مایه‌زنی گل‌های رز برداشت شده با سوسپانسیون 10^4 اسپور در میلی‌لیتر جدایه *B. cinerea* انجام شد و پس از آن اندازه‌گیری حساسیت گل‌ها به کپک خاکستری صورت گرفت. نتایج نشان داد کاربرد پتاسیم در محلول غذایی به مقدار ۱۰/۰ میلی‌مولار منجر به افزایش معنی‌دار ($P < 0/01$) شدت بیماری کپک خاکستری گل رز (۳۰/۴ درصد/ روز) در مقایسه با سطوح ۱/۰ میلی‌مولار (۲۴/۸ درصد/ روز) و ۵/۰ میلی‌مولار (۲۶/۲ درصد/ روز) آن شد که این مسأله به دلیل کاهش غلظت کلسیم گلبرگ‌ها بود. هم‌بستگی مثبتی بین نسبت پتاسیم به مجموع کاتیون‌های موجود در محلول غذایی و میزان بیماری ($r = 0/94^*$) دیده شد. هم‌چنین با افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی از ۱/۶ به ۴/۸ میلی‌مولار، شدت بیماری از ۲۹/۶ به ۲۴/۶ درصد/ روز کاهش یافت ($P < 0/01$). بنابراین کاربرد متعادل پتاسیم و کلسیم در محلول‌های غذایی (به ترتیب ۵/۰ و ۴/۸ میلی‌مولار) برای تولید گل رز در شرایط آب‌کشت برای جلوگیری از اثرات ناهمسازی بین آنها و کاهش خسارت بیماری کپک خاکستری گل رز توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کپک خاکستری، *Botrytis cinerea* ، گل رز (*Rosa hybrida* L.)، پتاسیم، کلسیم، اثرات ناهمسازی

۱. استادیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. عضو هیئت علمی بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد

۳. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۴. استاد بیماری‌های گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shkiani2002@yahoo.com

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

مقدمه

سوء تغذیه ناشی از مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی در گلخانه‌های تولید گل رز (*Rosa hybrida* L.) علاوه بر کاهش تولید و افت کیفیت سبب بروز برخی از بیماری‌های گیاهی از جمله کپک خاکستری می‌شود (۹). این بیماری که توسط قارچ *Botrytis cinerea* Pers.: Fr ایجاد می شود، در قطب‌های پرورش گل رز ایران از جمله محلات (۱) و دزفول (۳) در چند ساله اخیر ظاهر و مشکلات زیادی را برای پرورش‌دهندگان این محصول ایجاد کرده است. در گل رز عامل بیماری عمدتاً به گل‌ها حمله کرده و سبب بروز پوسیدگی غنچه در مرحله قبل از برداشت و هم‌چنین ایجاد آسیب‌های نکروتیک در گلبرگ‌ها در مرحله پس از برداشت می‌شود (۳۱). در گلبرگ گل‌های آلوده، لکه‌های رنگی که عمدتاً توسط حاشیه قرمز احاطه شده‌اند، به صورت نامنظم و بزرگ گسترش می‌یابند. این بیماری از آن جهت اهمیت دارد که آلودگی‌های پنهان ایجاد کرده و در هنگام برداشت گل رز قابل رویت نیست. در حقیقت گل به هنگام برداشت فاقد هر گونه نشانه مشخص بیماری بوده اما به دلیل داشتن آلودگی‌های پنهان و با فراهم شدن شرایط لازم به هنگام حمل و نقل و انبارداری خسارت ناشی از بیماری در فاصله زمانی ۶ الی ۱۲ ساعت پس از برداشت ظاهر می‌شود که به دنبال آن گل‌های آلوده قابلیت فروش در بازار را از دست می‌دهند (۱۴).

دفاع‌های طبیعی که گیاهان را در برابر *B. cinerea* محافظت می‌کنند زیاد و متنوع بوده و گیاهان را می‌توان به وسیله مدیریت شیوه‌های تولید و شرایط محیطی در قبل و بعد از برداشت مقاوم نمود. در این میان پوست و دیواره سلولی سدهای مهمی در برابر نفوذ ریسه‌های قارچ *B. cinerea* هستند (۱۴). تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان داده که کلسیم با استحکام بخشیدن به دیواره سلولی، تنظیم تراوایی غشای سیتوپلاسمی و به تأخیر انداختن فرایند پیری باعث کاهش خسارت بیماری کپک خاکستری در محصولات مختلف از قبیل باقلا و گوجه فرنگی (۱۲)، خیار، بادمجان و فلفل (۱۳)، ریحان (۳۳) و گل رز (۷ و ۳۱) می‌شود. ولی جذب کلسیم از محلول‌های غذایی تحت تأثیر اثرات ناهمسازی این عنصر با پتاسیم قرار دارد (۲۳). به عبارت دیگر افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی اثر منفی بر جذب کلسیم توسط گل رز داشته که این مسأله احتمالاً به رقابت بین یون‌ها مربوط می‌شود (۵). براساس تحقیقات استروم و همکاران (۲۹) پتاسیم بر جذب کلسیم توسط بنت‌القنسول اثر داشته و در نهایت منجر به تشدید نشانه‌های زوال ناشی از کمبود کلسیم به صورت نکروز برگی در این گیاه شده است. هم‌چنین ثابت شده است که عوارض ناشی از کمبود کلسیم مخصوصاً در مواقعی که جذب آن به علت سطوح بالای پتاسیم در محلول غذایی محدود شده باشد، افزایش می‌یابد (۶).

پتاسیم در بسیاری از فرایندهای گیاهی به عنوان تنظیم‌کننده واکنش‌های فیزیولوژیک مختلف حضور داشته و برای تولید حداکثر محصول ضروری است. علاوه بر نقش‌های آن در پایداری pH و تنظیم اسمز، این عنصر در ساخت پروتئین‌ها، فرایندهای جابه‌جایی و فعال کردن آنزیم‌ها نیز نقش دارد (۲۳). بررسی‌های انجام شده در مورد تأثیر پتاسیم بر شدت بیماری‌های گیاهی حاکی از آن است که کاربرد بیش از حد پتاسیم منجر به کاهش نسبت کلسیم به پتاسیم گیاه شده و بنابراین باعث افزایش شدت بیماری می‌گردد. به طوری که کاربرد پتاسیم در نخود منجر به افزایش حساسیت آن در برابر ریزوکتونیا (*Rhizoctonia*) و پیتیوم (*Pythium*) شده است (۱۹). ظهور عارضه پوسیدگی گلگاه در گوجه فرنگی هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با نسبت پتاسیم به کلسیم برگ‌ها داشته است (۶). هم‌چنین تغییرات در تعادل بین پتاسیم و کلسیم، حساسیت سیب‌زمینی را به بیماری جرب ناشی از *Streptomyces scabies* افزایش می‌دهد (۱۸). با اینحال در تحقیقی دیگر کاربرد پتاسیم و غلظت آن در غده‌ها به شدت بیماری جرب ارتباطی نداشت (۲۱). افزایش حساسیت به بیماری در نتیجه کاربرد سطوح بالای پتاسیم ممکن است مربوط به تأثیر تغییر نسبت پتاسیم به کلسیم بر تراوایی انتخابی غشاهای سیتوپلاسمی باشد (۱۹).

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

در رابطه با تأثیر پتاسیم بر شدت بیماری کپک خاکستری مطالعات اندکی صورت گرفته است. در تحقیق الاد و همکاران (۱۳) مشخص شد افزودن پتاسیم به محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار کپک خاکستری به ترتیب به میزان ۳۰ و ۵۰ درصد در میوه و ساقه خیار گلخانه‌ای شد. تاکنون تحقیقی درباره تأثیر پتاسیم بر شدت بیماری کپک خاکستری گل رز صورت نگرفته است. بنابراین با توجه به اهمیت این بیماری در گلخانه‌های رز (۱و ۳) و تأثیر تغذیه متعادل بر کاهش خسارت بیماری‌های گیاهی (۹)، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر توأم سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی بر حساسیت گل رز به بیماری کپک خاکستری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل میزان پتاسیم و کلسیم در محلول غذایی در چهار تکرار در گلخانه آب‌کشت مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد از سال ۱۳۸۶ به مدت یک سال اجرا شد. سطوح پتاسیم شامل ۱/۰، ۵/۰ و ۱۰/۰ میلی‌مولار و سطوح کلسیم شامل ۱/۶ و ۴/۸ میلی‌مولار بود. غلظت نیتروژن در محلول غذایی ۱۰/۰ میلی‌مولار بود که برمبنای نتایج آزمایش‌های قبلی نسبت آمونیوم به نیترات برابر ۲۵:۷۵ درنظر گرفته شد (۴). غلظت سایر عناصر غذایی برای فسفر و منیزیم به ترتیب برابر با ۱/۲۵ و ۲/۷۰ میلی‌مولار و برای مس، بور، آهن، منگنز، روی و مولیبدن به ترتیب برابر ۰/۷۵، ۲۰، ۹۰، ۵/۰، ۳/۵ و ۰/۵ میکرومولار بود (۱۰). برای تهیه محلول‌های غذایی از آب شهری استفاده شد. نتایج حاصله از تجزیه شیمیایی آب نشان داد قابلیت هدایت الکتریکی و پ.هاش آن به ترتیب ۰/۵۳ دسی زیمنس بر متر و ۷/۳ بوده و به استثنای کلسیم (۳/۲ میلی‌مولار)، منیزیم (۱/۶ میلی‌مولار)، نیترات (۰/۲ میلی‌مولار) و سولفات (۱/۶ میلی‌مولار)، غلظت سایر عناصر غذایی خیلی کم و حتی غیر قابل تشخیص و اندازه‌گیری بود. قابلیت هدایت الکتریکی محلول‌هایی غذایی تهیه شده بین ۱/۵ تا ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود و پ.هاش آنها با استفاده از محلول یک مولار اسید سولفوریک روی ۵/۴±۰/۲ تنظیم گردید.

کشت، پرورش و تولید گل رز

در آبان ماه سال ۱۳۸۶، تعداد ۱۴۴ بوته رز یک ساله رقم وندتتا (Vendetta) پس از هرس یک‌نواخت به گلدان‌های ۱۲ لیتری منتقل شدند. برای بستر کشت از پرلیت با دو اندازه ۲-۰/۵ و ۵-۲ میلی‌متر با نسبت حجمی مساوی استفاده شد. هر گلدان حاوی یک بوته بوده و برای هر تیمار شش گلدان درنظر گرفته شد. گلدان‌های حاوی گل در یک گلخانه دو طرفه شیشه‌ای با دمای روز ۳±۲۳ و دمای شب ۳±۱۵ درجه سانتی‌گراد با تراکم هشت گلدان در متر مربع روی سکو چیده شده و تغذیه بوته‌های رز با تیمارهای آزمایشی شروع شد. سامانه آب‌کشت مورد استفاده در این تحقیق از نوع باز بود که از طریق یک سامانه آبیاری قطره‌ای عملیات کودآبیاری به طور خودکار انجام می‌گرفت. دور کودآبیاری بسته به فصل و مرحله رشدی گیاه، ۴ تا ۱۰ بار در روز بوده و کسر آبشویی ۲۵-۲۰ درصد درنظر گرفته شد. عملیات داشت در طول دوره رشد انجام و یک دوره رشدی (گل‌دهی) قبل از آغاز اندازه‌گیری شاخص‌های مربوطه، برای مشاهده پاسخ‌های واضح به تیمارهای کودی حذف شد. در طول دو دوره گل‌دهی متوالی (اسفند ۸۶ و اردیبهشت۸۷) گل‌ها از بالای سومین گره ساقه گل‌دهنده از محل انشعاب از ساقه اصلی چیده شده و پس از انتقال به آزمایشگاه نسبت به مایه‌زنی آنها با اسپورهای قارچ *B. cinerea* اقدام شد.

مایه‌زنی گل‌های بریده رز با اسپورهای *B. cinerea*

برای ایجاد آلودگی مصنوعی به منظور اندازه‌گیری حساسیت گل‌ها به بیماری کپک خاکستری از جدایه A_7 قارچ *B. cinerea* که از منطقه دزفول جداسازی و خالص‌سازی شده بود استفاده شد. براساس نتایج آزمایش‌های قبلی این جدایه در غلظت 10^4

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

اسپور در میلی‌لیتر دارای توان بیماریزایی خوبی بود (۴). جدایه A_7 پس از کشت در محیط سیب زمینی دکستروز آگار (PDA) در دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد و تحت نور دائمی فلورسنت نگه‌داری شد. به دنبال آن عمل مایه‌زنی با استفاده از اسپورهای تولید شده در روز سیزدهم بعد از کشت انجام شد. بدین منظور هر محیط کشت سه مرتبه با آب مقطر سترون شستشو داده شده و پس از حذف اندام‌های رویشی قارچ با استفاده از پارچه ململ و فیلترهای کنفی سترون شده، یک سوسپانسیون با غلظت 10^4 اسپور در میلی‌لیتر تهیه شد. به منظور آماده‌سازی گل‌ها، طول ساقه‌های گل بریده رز به ۴۰ سانتی‌متر کاهش داده شده و تمامی برگ‌های آنها به جز دو برگ بالایی چیده شد. گل‌ها در داخل گلدان‌های شیشه‌ای نیم لیتری استریل شده حاوی ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون قرار گرفته و به یک محیط کنترل شده با دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد تحت نور دائمی فلورسنت با شدت ۱۵ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه منتقل گردیدند. برای استریل کردن گلدان‌ها از روش حرارت خشک استفاده شد (۱۱). به دنبال آن در هر دوره برداشت تعداد ۱۶-۱۲ شاخه گل برای هر ترکیب آزمایشی انتخاب و نیمی از گل‌ها (جام گل) با استفاده از یک افشانه با سوسپانسیون حاوی اسپور *B. cinerea* به صورت دورانی مایه‌زنی شدند. نیم دیگر گل‌ها برای بررسی آلودگی‌های پنهان ناشی از گلخانه با آب مقطر سترون محلول‌پاشی شدند. میزان سوسپانسیون و یا آب مقطر مصرفی برای هر شاخه گل یک میلی‌لیتر بود (۷). در این مرحله برای اطمینان از شروع آلودگی، گل‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل کیسه‌های نایلونی قرار داده شدند. پس از این مدت کیسه‌ها برداشته شده و پس از کاهش میزان رطوبت نسبی محیط به ۵±۷۰ درصد نسبت به اندازه‌گیری شدت بیماری به صورت روزانه اقدام شد.

اندازه‌گیری شدت بیماری

بدین منظور ابتدا شدت بیماری (Disease severity) در گل‌ها از طریق رتبه‌بندی و به صورت روزانه اندازه‌گیری شد. بدین منظور به گل‌ها براساس میزان آلودگی جام گل به صورت تخمینی اعداد صفر تا ۹ داده شد (۸). رتبه‌بندی در این روش به صورت: ۰٪=۹، ۱۰۰٪=۸، ۹۹-۷۶٪=۷، ۷۵-۵۱٪=۶، ۵۰-۲۶٪=۵، ۲۵-۱۶٪=۴، ۱۵-۱۱٪=۳، ۱۰-۶٪=۲، ۵-۳٪=۱، ۲-۱٪=۰ انجام گردید. اعداد ذکر شده برحسب درصد عبارت‌اند از سطح بیمار شده گلبرگ نسبت به سطح خارجی جام گل. برمبنای نتایج حاصل از اندازه‌گیری شدت و با احتساب میانگین درصد آلودگی گلبرگ در هر رتبه (۸) سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری AUPDC (Area Under Disease Progress Curve) برای هر تیمار با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$AUDPC = \sum \left[(Yi + Yi+1)/2 \times (ti+1 - ti) \right]$$

در این رابطه Y_i: شدت بیماری در زمان t_i و Y_{i+1}: شدت بیماری در زمان t_{i+1} برای هر گل و زمان بر حسب روز است (۲۷). لازم به ذکر است شدت بیماری در دو نوبت مختلف برداشت و به صورت روزانه تا روز ششم بعد از مایه‌زنی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری غلظت پتاسیم و کلسیم گل رز

در اوایل هر دو دوره گل‌دهی از هر ترکیب آزمایشی شش شاخه گل برداشت گردید. شاخه‌های برداشت شده به قسمت‌های مختلف گلبرگ، برگ و ساقه تفکیک شدند. هم‌چنین در مراحل فوق از قسمت‌های جوان ریشه (انتهای ریشه) نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها پس از شستشو با آب معمولی و آب مقطر در پاکت کاغذی قرار داده شده و سپس در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. پس از مخلوط کردن نمونه‌های هر دو دوره گل‌دهی با همدیگر، نمونه‌ها با استفاده از آسیاب برقی خرد شده و پس از عبور از الک ۰/۵ میلی‌متری برای انجام آزمایش‌های مربوطه آماده شدند. غلظت پتاسیم و کلسیم موجود در نمونه‌ها پس از تهیه عصاره از روش خاکستر خشک به ترتیب با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (۲).

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

آنالیز آماری

برای تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از اندازه‌گیری شدت بیماری در دو نوبت مختلف برداشت از آنالیز واریانس مرکب استفاده شد. نتایج حاصله به کمک نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل شده و برای مقایسه و کلاسه‌بندی میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. هم‌چنین روابط هم‌بستگی با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه و با استفاده از آزمون پیرسون (Pearson test) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تأثیر پتاسیم بر شدت بیماری کپک خاکستری گل رز

مایه‌زنی گل‌های رز تغذیه شده با سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم با سوسپانسیون اسپور قارچ *B. cinerea* منجر به ایجاد بیماری در تمامی گل‌ها در فاصله زمانی ۲۴ ساعت بعد از مایه‌زنی شد. نتایج حاصل از آنالیز واریانس مرکب میانگین سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری تا پایان روز ششم بعد از مایه‌زنی نشان داد کاربرد پتاسیم در محلول غذایی تا ۵/۰ میلی‌مولار تأثیری بر شدت بیماری نداشته و سطوح ۱/۰ و ۵/۰ میلی‌مولار پتاسیم در یک گروه آماری قرار گرفتند. ولی کاربرد پتاسیم در محلول غذایی به مقدار ۱۰/۰ میلی‌مولار منجر به افزایش معنی‌دار بیماری شد (جدول ۱). این امر به وضوح در منحنی های پیشرفت بیماری در طی روزهای بعد از مایه‌زنی در شکل ۱ نیز دیده می‌شود. به طوری که همواره سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری در سطح ۱۰/۰ میلی‌مولار پتاسیم نسبت به سطوح ۱/۰ و ۵/۰ میلی‌مولار آن بیشتر بوده است. وجود هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار بین نسبت پتاسیم به مجموع کاتیون‌های موجود در محلول غذایی (پتاسیم، کلسیم و منیزیم) و شدت بیماری نشان‌دهنده تأثیر مثبت پتاسیم بر افزایش بیماری کپک خاکستری گل رز بود (شکل ۲).

از آن‌جایی که هدف اصلی این پژوهش بررسی ناهمسازی پتاسیم بر جذب کلسیم توسط گل رز بود بنابراین می‌توان ایجاد و توسعه بیماری کپک خاکستری را در رابطه با تغییرات ایجاد شده در غلظت عناصر غذایی گل‌ها به ویژه پتاسیم و کلسیم مورد بررسی قرار داد. براساس نتایج جدول ۲ اگرچه افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی تا سطح ۵/۰ میلی‌مولار منجر به افزایش معنی‌دار پتاسیم گلبرگ گردید ولی تأثیری بر غلظت کلسیم آن نداشت. بنابراین عدم تأثیرپذیری غلظت کلسیم گلبرگ‌ها می‌تواند توجیهی برای نبود تفاوت معنی‌دار بین شدت بیماری ایجاد شده در سطوح ۱/۰ و ۵/۰ میلی‌مولار پتاسیم در محلول غذایی باشد. تحقیقات انجام شده در فلفل نیز نشان داده کاربرد مقادیر کم و متوسط پتاسیم تأثیری بر بیماری پوسیدگی نرم باکتریایی فلفل نداشته است (۲۶). اما کاربرد پتاسیم در محلول غذایی به میزان ۱۰/۰ میلی‌مولار ضمن افزایش معنی‌دار میزان پتاسیم گلبرگ‌ها منجر به کاهش معنی‌دار غلظت کلسیم آنها نیز شد. به طوری که در سطح ۱۰/۰ میلی‌مولار پتاسیم غلظت کلسیم گلبرگ‌ها به ۰/۹ میلی‌گرم در گرم ماده خشک گیاهی کاهش یافت. کاهش کلسیم گلبرگ‌ها زمینه را برای ایجاد اختلال در اعمال سلولی کلسیم (۲۳) فراهم آورده و منجر به افزایش شدت بیماری شده است. در این شرایط نشت مواد غذایی از داخل سلول به فضای آپوپلاستی و سطح گلبرگ به دلیل عدم تمامیت غشای سیتوپلاسمی منجر به افزایش القای جوانه‌زنی اسپورها شده و ترکیبات آلی بیشتری را برای رشد قبل از نفوذ در اختیار عامل بیماری‌زا قرار می‌دهد (۱۴ و ۳۱). از طرف دیگر کاهش میزان کلسیم بافت گلبرگ با تأثیر بر پکتات‌های کلسیم موجود در دیواره سلولی زمینه را برای تخریب آنها توسط آنزیم‌های پکتولیتیک (۱۴ و ۲۲) تولیدی توسط *B. cinerea* فراهم کرده و منجر به افزایش میزان نفوذ عامل بیماری‌زا به داخل بافت گلبرگ می‌گردد. دیگر تحقیقات انجام شده نیز گویای نقش مثبت پتاسیم بر افزایش شدت بیماری‌های گیاهی بوده است. به طوری که افزایش کاربرد پتاسیم منجر به کاهش کلسیم در غلافهای نخود و افزایش حساسیت آن به عفونت توسط ریزوکتونیا و پیتیوم گردیده است (۱۹). هم‌چنین افزایش کاربرد پتاسیم در سیب زمینی با کاهش نسبت کلسیم به پتاسیم بافت غده باعث افزایش حساسیت آن به بیماری جرب

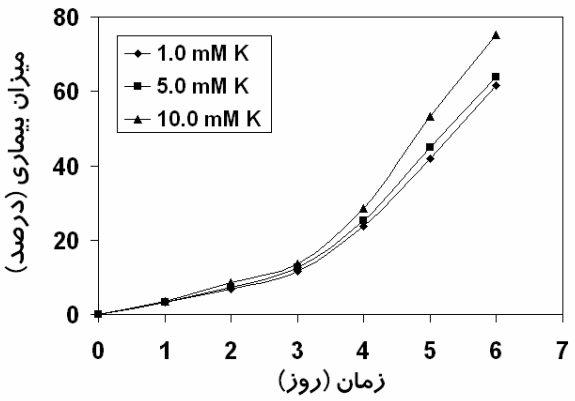
[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

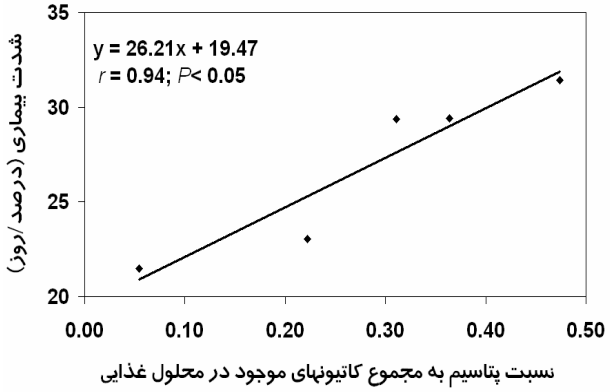
جدول ۱. تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر شدت بیماری کپک خاکستری گل رز ناشی از *Botrytis cinerea*

غلظت پتاسیم ($mmol\ l^{-1}$)	سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (درصد/روز)
۱/۰	۲۴/۸[b]
۵/۰	۲۶/۲[b]
۱۰/۰	۳۰/۴[a]
غلظت کلسیم ($mmol\ l^{-1}$)	
۱/۶	۲۹/۶[a]
۴/۸	۲۴/۶[b]
آنالیز واریانس	
منبع تغییرات	میانگین مربعات
غلظت پتاسیم	۱۳۸/۴۸[**]
غلظت کلسیم	۲۹۷/۰۰[**]
نوبت برداشت	۱۵/۴۱[ns]
پتاسیم × کلسیم	۲۶/۰۲[ns]
پتاسیم × کلسیم × نوبت برداشت	۳۵/۹۶[ns]

ns و ** : به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد آزمون F می‌باشند.
میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد هستند (آزمون LSD).



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف پتاسیم بر منحنی پیشرفت بیماری کپک خاکستری گل رز ناشی از *Botrytis cinerea*



شکل ۲. هم‌بستگی بین نسبت پتاسیم به مجموع کاتیون‌های موجود در محلول غذایی (پتاسیم، کلسیم و منیزیم) و شدت بیماری کپک خاکستری گل رز ناشی از *Botrytis cinerea*

می‌شود (۱۸). به طور مشابه افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی منجر به افزایش عارضه پوسیدگی گلگاه در گوجه فرنگی شده است (۶).

تأثیر کلسیم بر شدت بیماری کپک خاکستری گل رز

در این تحقیق افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار بیماری کپک خاکستری گل رز گردید (جدول ۱). البته این امر به دلیل افزایش غلظت کلسیم در قسمت‌های مختلف گل رز ناشی از افزایش میزان کلسیم محلول غذایی از ۱/۶ به ۴/۸ میلی‌مولار بود. تأیید این امر، مقادیر غلظت کلسیم در ریشه، ساقه و گلبرگ است که با افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی به طور معنی‌داری افزایش یافتند (جدول ۲). مقایسه منحنی‌های پیشرفت بیماری در دو سطح ۱/۶ و ۴/۸ میلی مولار کلسیم (شکل ۳) نشان داد افزایش میزان کلسیم در

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

جدول ۲. تأثیر سطوح مختلف پتاسیم و کلسیم بر غلظت پتاسیم و کلسیم در قسمت‌های مختلف گل رز

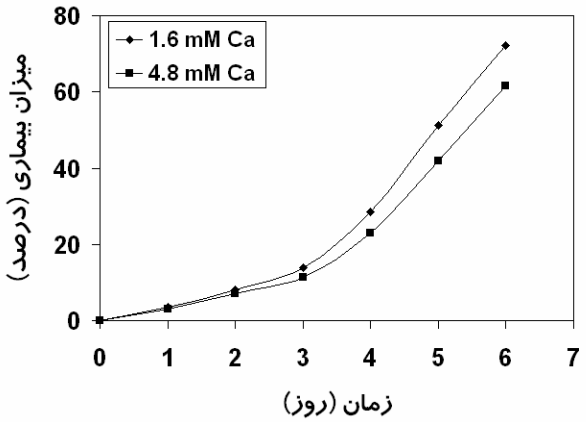
غلظت پتاسیم (mmol l^{-1})	پتاسیم			کلسیم		
	میلی‌گرم در گرم ماده خشک گیاهی					
	ریشه	ساقه	برگ	گلبرگ	ریشه	ساقه	برگ	گلبرگ
۱/۰	۵/۳ ^{c}	۹/۱ ^{c}	۱۵/۱ ^{c}	۱۳/۴ ^{c}	۸/۵ ^{a}	۶/۵ ^{a}	۱۳/۰ ^{a}	۱/۱ ^{a}
۵/۰	۸/۶ ^{b}	۱۲/۰ ^{b}	۱۹/۵ ^{b}	۱۶/۹ ^{b}	۸/۰^{a}	۶/۶ ^{a}	۹/۹ ^{b}	۱/۲ ^{a}
۱۰/۰	۱۰/۰ ^{a}	۱۵/۵ ^{a}	۲۲/۲ ^{a}	۱۸/۳ ^{a}	۵/۵ ^{b}	۶/۷ ^{a}	۸/۹ ^{b}	۰/۹ ^{b}
غلظت کلسیم (mmol l^{-1})								
۱/۶	۸/۵ ^{a}	۱۳/۱ ^{a}	۱۹/۸ ^{a}	۱۷/۲ ^{a}	۷/۲ ^{b}	۶/۲ ^{b}	۹/۸ ^{a}	۱/۰ ^{b}
۴/۸	۷/۵ ^{b}	۱۱/۳ ^{b}	۱۸/۱ ^{b}	۱۵/۲ ^{b}	۹/۲ ^{a}	۷/۰ ^{a}	۱۱/۳ ^{a}	۱/۳ ^{a}

آنالیز واریانس

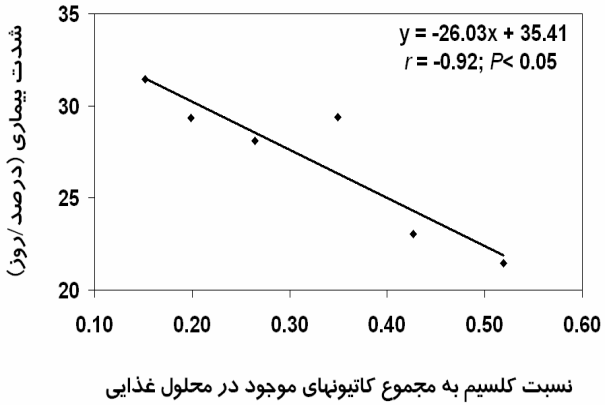
منبع تغییرات	میانگین مربعات							
غلظت پتاسیم	۴۴/۴۶**	۸۰/۵۴**	۱۰۳/۳۶**	۹۸/۲۳**	۴۲/۴۳**	۰/۰۷^{ns}	۳۷/۶۴**	۱/۰۱**
غلظت کلسیم	۲۴/۲۵*	۳۴/۷۲*	۱۶/۸۳**	۷۳/۴۶*	۲۴/۰۰*	۳/۷۶*	۱۳/۵۰^{ns}	۰/۹۶**
پتاسیم × کلسیم	۲/۵۶^{ns}	۳۵/۶۸*	۱۹/۷۵**	۲۴/۵۸^{ns}	۶/۵۰^{ns}	۰/۵۱^{ns}	۱/۶۲^{ns}	۰/۰۵^{ns}

ns، * و ** : به ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد آزمون F می‌باشند.

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد هستند (آزمون LSD).



شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف کلسیم بر منحنی پیشرفت بیماری کپک خاکستری گل رز ناشی از *Botrytis cinerea*



شکل ۴. همبستگی بین نسبت پتاسیم به مجموع کاتیونهای موجود در محلول غذایی (پتاسیم، کلسیم و منیزیم) و شدت بیماری کپک خاکستری گل رز ناشی از *Botrytis cinerea*

محلول غذایی ضمن کاهش میزان آلودگی اولیه در روز اول بعد از مایه‌زنی منجر به کاهش معنی‌دار بیماری در روزهای مختلف بعد از مایه‌زنی شده است. وجود هم‌بستگی منفی و معنی‌دار بین نسبت کلسیم به مجموع کاتیون‌های موجود در محلول غذایی (پتاسیم، کلسیم و منیزیم) و شدت بیماری (شکل ۴) نشان‌دهنده تأثیر مثبت کلسیم بر کاهش بیماری کپک خاکستری

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

گل رز و مبین نقش کلسیم بر توسعه مکانیسم‌های مقاومت به این بیماری است (۷، ۸ و ۳۳).

براساس تحقیقات انجام شده نقش فیزیولوژیکی کلسیم در کاهش خسارت بیماری کپک خاکستری بدین ترتیب است که کلسیم در کاهش تولید هورمون اتیلن به وسیله گلبرگ‌ها نقش داشته و بنابراین با جلوگیری از پیری از توسعه بیماری کپک خاکستری در گل‌های بریده رز جلوگیری می‌کند (۳۱). نقش دیگر کلسیم به ممانعت از فعالیت آنزیم‌های پلی گالاکتوروناز و به دنبال آن کاهش در قابلیت تجزیه‌پذیری آنزیمی مواد پکتینی موجود در تیغه میانی ارتباط داده شده است (۱۴). از طرف دیگر کاربرد کلسیم منجر به کاهش نشت الکترولیت‌ها از غشای سیتوپلاسمی به داخل آپوپلاست و سطح گلبرگ‌ها گردیده و بالطبع از ایجاد منبع غذایی مناسب برای استقرار و توسعه عامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کند (۱۴).

در تمامی سطوح پتاسیم، افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی منجر به کاهش شدت بیماری شد که علت معنی‌دار نشدن برهمکنش تأثیر غلظت پتاسیم و کلسیم بر شدت بیماری بود (جدول۱). این رفتار پتاسیم متفاوت از سایر کاتیون‌های تأثیرگذار بر جذب کلسیم بوده و نشان‌دهنده آن است که حتی در غلظت‌های بالای پتاسیم در محلول غذایی افزایش میزان کلسیم منجر به افزایش جذب این عنصر توسط گیاه می‌گردد. در حالی که این امر برای کاتیونی همچون آمونیوم صادق نبوده و چنانچه غلظت این یون در محلول غذایی از ۲/۵ میلی‌مولار بالاتر رود افزایش میزان کلسیم محلول غذایی الزاماً منجر به افزایش جذب آن نمی‌گردد (۴).

غلظت پتاسیم و کلسیم در قسمت‌های مختلف گل رز

افزایش میزان پتاسیم در محلول غذایی منجر به افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در تمامی قسمت‌های مختلف گل رز در سطح آماری یک درصد شد (جدول ۲). قابلیت بالای تحرک این عنصر در بافت‌های گیاهی و انتقال آن از طریق آوندهای آبکش (۲۳) می‌تواند دلیلی برای این مسأله باشد که این امر با تحقیقات قبلی مطابقت دارد (۲۴، ۳۰ و ۳۲). کلسیم مهم‌ترین 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 به گونه گیاهی و شرایط محیطی بستگی دارد (۱۶). براساس نتایج جدول ۲ افزایش غلظت پتاسیم در محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار غلظت کلسیم ریشه، برگ و گلبرگ در سطح آماری یک درصد شد، ولی تأثیری بر غلظت کلسیم ساقه نداشت. اثرات ناهمسازی پتاسیم بر جذب کلسیم به دلیل رقابت این دو کاتیون برای مکان‌های جذب به دلیل خصوصیات فیزیولوژیکی آنها بوده (۲۳) که این مسأله در تحقیقات متعدد اثبات شده است (۶ و ۲۰). نکته مهمی که در بررسی غلظت کلسیم در ریشه دیده می‌شود این است که آثار ناهمسازی پتاسیم بر کلسیم در سطوح بالای پتاسیم در محلول غذایی (۱۰/۰ میلی‌مولار) بروز کرده و این مسأله در غلظت‌های پایین و متوسط پتاسیم (سطوح ۱/۰ و ۵/۰ میلی‌مولار) دیده نمی‌شود. شاید این مسأله به دلیل قابلیت تحرک بالای این عنصر باشد که در غلظت‌های بالا تمایل به اثرگذاری بر کاهش جذب سایر عناصر غذایی پیدا می‌کند (۲۳). رخداد این واقعه بر مکانیسم ناهمسازی یعنی رقابت برای مکان‌های جذب تاکید می‌کند.

افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی منجر به کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم در تمامی قسمت‌های گل رز شد. تأثیر بازدارنده غلظت بالای کلسیم در محلول غذایی بر جذب پتاسیم ممکن است در نتیجه کاهش تراوایی سلول‌ها باشد (۱۵) که در محصولات مختلف (۱۷) نیز ثابت شده است. افزایش میزان کلسیم در محلول غذایی از ۱/۶ به ۴/۸ میلی‌مولار منجر به افزایش معنی‌دار غلظت این عنصر در تمامی قسمت‌های گل رز به غیر از برگ شد که با نتایج تحقیقات انجام شده همخوانی دارد (۷، ۲۴، ۲۵ و ۲۸). عدم تأثیرپذیری غلظت کلسیم برگ نسبت به سطوح مختلف کلسیم محلول غذایی را می‌توان به سازوکار انتقال کلسیم در گیاه نسبت داد که صرفاً از طریق

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

آوندهای چوبی و به واسطه جریان تعرق است. اندام‌هایی همچون برگ‌ها چون تعرق بالایی دارند جریان شیره خام را به طرف خود کشیده و منجر به تجمع کلسیم در خود می شوند (۲۳) که این امر منجر به عدم ایجاد تفاوت معنی‌دار بین غلظت کلسیم برگ در دو سطح ۱/۶ و ۴/۸ میلی مولار کلسیم در محلول غذایی شده است.

پژوهش حاضر نشان داد پتاسیم با تأثیر بر جذب کلسیم موجود در محلول‌های غذایی بر میزان حساسیت گل رز به بیماری کپک خاکستری ناشی از *B. cinerea* نقش دارد. افزایش حساسیت گل رز به بیماری کپک خاکستری در نتیجه کاربرد مقادیر بالای پتاسیم برخلاف تصورات معمول مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد پتاسیم بر کاهش بیماری‌های گیاهی و هم‌چنین تحقیقات الاد و همکاران (۱۳) مبنی بر کاهش خسارت بیماری کپک خاکستری در خیار گلخانه‌ای است با این حال در مطابقت با تحقیقات انجام شده توسط سرگیو و همکاران (۲۶) مبنی بر تأثیر منفی کاربرد مقادیر بالای پتاسیم بر افزایش شدت بیماری پوسیدگی نرم باکتریایی در فلفل است. در توجیه این تناقض باید گفت تا زمانی که گیاه دچار کمبود پتاسیم باشد کاربرد پتاسیم می تواند منجر به کاهش حساسیت گیاه به بیماری‌ها شود. اما زمانی که عرضه پتاسیم به گیاه کافی باشد کاربرد پتاسیم نه تنها منجر به کاهش حساسیت گیاه به بیماری‌ها نمی شود بلکه به دلیل برهم زدن تعادل عناصر غذایی داخل گیاه منجر به افزایش شدت بیماری نیز می‌گردد. بنابراین استفاده از مقادیر متعارف پتاسیم در محلول غذایی ضمن ایجاد تعادل در غلظت عناصر غذایی از افزایش حساسیت گل‌های رز به بیماری کپک خاکستری جلوگیری می‌کند. براساس نتایج این تحقیق افزایش کاربرد کلسیم در محلول غذایی منجر به کاهش حساسیت گل رز به بیماری کپک خاکستری شد که این امر نتایج تحقیقات انجام شده مبنی بر تأثیر مثبت کلسیم بر مکانیسم‌های مقاومت به این بیماری را به خوبی تأیید می‌کند.

منابع مورد استفاده

۱. اطاعتی، م. ۱۳۸۲. خسارت بیماری کپک خاکستری در گلخانه‌های رز و میخک محلات. چکیده مقالات دومین سمینار علمی کاربردی گل و گیاهان زینتی ایران، مهرماه ۱۳۸۲، محلات، ایران.

۲. امامی، ع. ۱۳۷۵. *روش‌های تجزیه گیاه*. نشریه فنی شماره ۹۸۲، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۳. زاده‌دباغ، غ. ۱۳۸۲. بیماری‌های گل رز در خوزستان. چکیده مقالات اولین همایش گل و گیاهان زینتی مناطق گرمسیری، بهمن‌ماه ۱۳۸۲، دزفول، ایران.

۴. کیانی، ش.، ع. علیزاده، م. ج. ملکوتی، غ. زاده‌دباغ و س. ج. طباطبایی. ۱۳۸۷. تأثیر کاربرد قبل از برداشت نسبت‌های مختلف نیترات به آمونیوم و سطوح کلسیم بر حساسیت گل بریده رز به کپک خاکستری ناشی از *Botrytis cinerea*. مجله بیماری‌های گیاهی۴۴(۱):۷۳-۹۲.

5. Baas, R., N. Marissen and A. Dik. 1998. Cut rose quality as affected by Ca supply and translocation. Acta Hort. 518: 45-54.
6. Bar-Tal, A. and E. Pressman. 1996. Root restriction and potassium and Ca solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121: 649-655.
7. Bar-Tal, A., R. Baas, R. Ganmore-Neumann, A. Dik, N. Marissen, A. Silber, S. Davidov, A. Hazan, B. Kirshner and Y. Elad. 2001. Rose flower production and quality as affected by Ca concentration in the petal. Agronomie 21: 393-402.
8. Capdeville, G. D., L. A. Maffia, F. Finger and U. G. Batista. 2005. Pre-harvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut roses. Sci. Hort. 103: 329-338.
9. Datnoff, L. E., W. H. Elmer and D. M. Huber. 2007. Mineral Nutrition and Plant Disease. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
10. Dekreij, C., W. Voogt and R. Baas. 2003. Nutrient solutions and water quality for soilless cultures. Research Station

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]

for Floriculture and Greenhouse Vegetables. Report, No. 196.
11. Dhingra, O. D. and J. B. Sinclair. 1984. Basic Plant Pathology Methods. CRC Press Inc., Florida, USA.
12. Elad, Y. and H. Volpin. 1993. Reduced development of gray mold (*Botrytis cinerea*) in bean and tomato plants by Ca nutrition. J. Phytopathol. 139: 146-156.
13. Elad, Y., H. Yunis and H. Volpin. 1993. Effects of nutrition on susceptibility of cucumber, eggplant and pepper crops to *Botrytis cinerea*. Can. J. Bot. 71: 602-608.
14. Elad, Y. and K. Evensen. 1995. Physiological aspects of resistance to *Botrytis cinerea.* Phytopathology 85: 637-643.
15. Fageria, N. K. 1983. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. Plant Soil 70: 309-316.
16. Fageria, V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. J. Plant Nutr. 24: 1269–1290.
17. Hohjo, M., C. Kuwata, K. Yoshikawa and T. Ito. 1995. Effects of nitrogen form, nutrient concentration and Ca concentration on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. Acta Hort. 396: 145-152.
18. Huber, D. M. 1989. The role of nutrition in the take-all disease of wheat and other small grains. PP. 46-74. *In*: Engelhard, A. W. (Ed.), Soilborne Plant Pathogens: Management of Disease with Macro and Microelements, APS Press Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
19. Huber, D. M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. PP. 381-406. *In*: Horsfall, J. G. and E. B. Cowling. (Eds.), Plant Disease: An Advanced Treatise. Vol. 5, How Plants Defend Themselves. Academic Press, New York. USA.
20. Kageyama, Y., Y. Nakagawa and K. Konishi. 1993. Potassium application to chrysanthemums grown hydroponically for the cut flower production. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61: 895-900.
21. Keinath, A. P. and R. Loria. 1989. Management of common scab of potato with plant nutrients. PP. 152–166. In: Engelhard, A. W. (Ed.), Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro and Microelements, ed., APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.
22. Liptay, A. and P. V. Dierendock. 1987. Calcium retards physiological collapse and subsequent microbial degradation of bean (*Vigna radiate* L. Wilczek) sprouts. Can. J. Plant Sci. 67: 537-548.
23. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press. New York. USA.
24. Mortensen, L. M., C. O. Ottosen and H. R. Gislerod. 2001. Effects of air humidity and K:Ca ratio on growth, morphology, flowering and keeping quality of pot roses. Sci. Hort. 90: 131-141.
25. Nielsen, B. and K. R. Starkey. 1999. Influence of production factors on postharvest life of potted roses. Postharvest Biol. Technol. 16: 157-167.
26. Sergio, J. C., S. M. Blankenship, D. C. Sanders and D. F. Ritchie. 1994. Drip fertigation with nitrogen and potassium and postharvest susceptibility to bacterial soft rot of bell peppers. J. Plant Nutr. 17: 1175-1191.
27. Shanner, G. and R. E. Finney. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytophatology 70: 1183-1186.
28. Starkey, R. K. and A. R. Pedersen. 1997. Increased levels of calcium in the nutrient solution improve the post-harvest life of potted rose. J. Am. Soc. Hort. Sci. 122: 863-868.
29. Stromme, E., A. R. Selmer-Olsen, H. R. Gislerod and R. Moe. 1994. Cultivar differences in nutrient absorption and susceptibility to bract necrosis in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch). Gartenbauwissenschhaft 59: 6-12.
30. Torre, S., T. Fjeld and H. R. Gislerod. 2001. Effects of air humidity and K/Ca ratio in the nutrient supply on growth and postharvest characteristics of cut roses. Sci. Hort. 90: 291-304.
31. Volpin, H. and Y. Elad. 1991. Influence of calcium nutrition on susceptibility of rose flowers to Botrytis. Phytopathology 81: 1390-1394.
32. Woodson, W. R. and J. W. Boodley. 1982. Effects of nitrogen form and potassium concentration on growth, flowering and nitrogen utilization of greenhouse roses. J. Am. Soc. Hort. Sci. 107: 275-278.
33. Yermiyahu, U., I. Shamai, R. Peleg, N. Dudai and D. Shtienberg. 2006. Reduction of *Botrytis cinerea* sporulation in sweet basil by altering the concentrations of nitrogen and calcium in the irrigation solution. Plant Pathol. 55: 544–552.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2026-06-05]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.8.1]