اثر بسترهای مختلف کشت بر برخی صفات رویشی، فیزیولوژی و عناصر گیاه رُز رقم تجاری گراندگالا در سیستم هیدروپونیک

حمیدرضا روستا[۱]، واحد باقری[۱*] و هومن کیان[۲]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۳/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲۲)
DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.7.4.27

چکیده

گُل سرخ یکی از مهمترین گل‌ها در جهان بوده و در بازار فروش گل‌های شاخه بریده دارای رتبه نخست می‌باشد. پژوهشی با بررسی اثر محیط‌های مختلف کشت بر کیفیت و کمیت گل رُز، رقم تجاری گراندگالا، صورت پذیرفت. در این پژوهش، قلمه‌های ریشه‌دار شده یک‌ساله را به بسترهای کشت شامل: ۲۵ ٪ پرلیت+ ۷۵ ٪ کوکوپیت، ۵۰ ٪ پرلیت+۵۰ ٪ کوکوپیت، ۷۵ ٪ پرلیت+ ۲۵ ٪ کوکوپیت و ماسه خالص، منتقل کرده و با محلول یک دوم هوگلند، با pH نزدیک به ۶/۵، به مدت شش ماه محلول‌دهی شدند. در این آزمایش، اثر محیط‌های مختلف کشت روی صفات مختلفی نظیر رشد رویشی، پارامترهای فتوسنتزی و عناصر غذایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محیط‌های مختلف کشت، کلیه صفات مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار دادند و اختلاف این اثر در بین چهار محیط کشت به‌وضوح قابل مشاهده بود. گیاهان کشت شده در محیط کشت ۲۵ ٪ پرلیت+ ۷۵ ٪ کوکوپیت در مقایسه با دیگر محیط‌ها دارای بیشترین درصد افزایش در پارامترهای رویشی، فتوسنتزی و عناصر غذایی بودند. به طور مثال، افزایش درصد کوکوپیت بستر کشت باعث افزایش تعداد غنچه در گیاه شده، به طوری که تعداد غنچه در تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت نسبت به ماسه خالص ۳۶ ٪ افزایش نشان داد. همچنین، بیشترین مقدار F_v/F_m در تیمار ۲۵ ٪ پرلیت+ ۷۵ ٪ کوکوپیت و کمترین مقدار (۰/۷۲۴) در تیمار ۷۵ ٪ پرلیت+ ۲۵ ٪ کوکوپیت گزارش شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، بستر کشت ۲۵ ٪ پرلیت+ ۷۵ ٪ کوکوپیت به‌عنوان بستر مناسب برای کشت هیدروپونیک گل رُز رقم گراندگالا معرفی شد.

کلمات کلیدی: محلول هوگلند، پرلیت، کوکوپیت، اسپد، کلروفیل فلورسانس

مقدمه

بستر کشت، به طور مستقیم و غیر مستقیم، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر دارد (۲۹). بنابراین، یکی از مهمترین عوامل در ایجاد یک سیستم کشت بدون خاک، انتخاب بستر کشت مناسب می باشد (۲۱ و۲۲). در یک بستر کشت کامل، نسبت بین هوا و آب تقریباً برابر است. گیاهان به آب و عناصر در حد مطلوب و مناسب نیاز دارند تا رشد و عملکرد خوبی داشته باشند. ظرفیت نگهداری آب یا هوا بستگی به خلل و فرج ریز

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان
۲. گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی جیرفت
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: vahed1360@yahoo.com

میان اجزای تشکیل‌دهنده کشت دارند. بافت ماسه ریز برخوردار از خلل و فرج بسیار کوچک، قادر به حفظ آب و هوای زیاد است. در گیاهانی که با محیط غرقاب مواجه گردیده‌اند یا در سامانه‌های هیدروپونیک، رشد می‌کنند، تأمین اکسیژن مورد نیاز از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۸). از محیط‌های کشت زیادی می‌توان برای پرورش گل رُز استفاده کرد که از جمله آنها می توان پشم سنگ، رس منبسط شده (لیکا)، پرلیت، سنگریزه، پیت الیاف نارگیل، پومیس، خاک اره و پیت را نام برد. اما امروزه از مخلوط کوکوپیت و پرلیت در بعضی از گلخانه‌ها استفاده می‌شود که نتیجه بهتری داده و برای تولید گل در خارج از فصل مناسب می‌باشد (۴). پرلیت نوعی آلومینوسیلیکات بی‌اثر آتشفشانی است که سبک، جاذب‌الرطوبت، نسبتاً خنثی و پایدار می‌باشد. این ماده عموماً به تنهایی یا به‌صورت ترکیب با سایر بسترهای کشت به کار می‌رود. پرلیت قدرت بافری دارد ولی ظرفیت تبادل کاتیونی آن کم است (۲۴). کوکوپیت از مواد فیبری مزوکارپ میوه نارگیل تشکیل شده است. کوکوپیت دارای قابلیت نگهداری آب زیاد است و حاوی مواد غذایی زیاد و محیطی نسبتاً اسیدی است. با گذشت زمان، تانن‌ها و برخی اسیدهای موجود در کوکوپیت به مرور وارد محلول غذایی می‌شوند و ایجاد مشکل می‌کنند. بنابراین، معمولاً کوکوپیت پوسیده استفاده می‌شود (۲۴). همه محیط‌های کشتی که برای پرورش رُز استفاده می‌شوند باید ضدعفونی شده و به راحتی زهکشی شوند (۲۶). غلظت اکسیژن در بیشتر گونه‌های مزوفیت (گیاهانی که با مناطق نیمه خشک- نیمه مرطوب سازگارند)، می‌تواند تا ۱۵-۱۰ درصد در فاز گازی بستر کشت کاهش یابد، بدون اینکه اثراتی شدید بر رشد ریشه داشته باشد (۱۸). با کاهش غلظت اکسیژن از ۲۱ به حدود ۱۰ درصد، تنفس ریشه در ذرت تقریباً تغییر نکرده، حال آنکه رشد ریشه به شدت آسیب می‌بیند، که نشان می‌دهد دست‌کم در این دامنه غلظت، فرایندهایی غیر از تنفس مسئول اثر بازدارندگی تهویه ضعیف بر رشد ریشه هستند (۱۹). در بررسی رشد کاهو در غلظت‌های کنترل شده اکسیژن محلول در محیط هیدروپونیک گزارش شده که تعداد برگ در میان تیمارهای مختلف اکسیژن محلول تحت تأثیر قرار نگرفت؛ اما سطح برگ به طور زیادی تحت تأثیر غلظت اکسیژن محلول قرار گرفت و در غلظت‌های کم اکسیژن محلول (۰/۱ میلی‌مولار) سطح برگ کاهش یافت (۳۱). در تحقیق دیگری، پتاسیل تنفسی ریشه‌های ذرت که در معرض کمبود اکسیژن قرار داشتند مورد بررسی قرار گرفت (۳۰). طبق این گزارش، در شرایط کمبود اکسیژن، پتانسیل تنفسی ریشه‌های ذرت، افزایش ۲۵ درصدی را نشان داد. این افزایش پتانسیل، از طریق تغییر در سیستم انتقال الکترون و افزایش میزان تخلخل، در همه بخش‌های ریشه و تغییرات مورفولوژیک ریشه صورت گرفت. کمبود اکسیژن ممکن است اثر منفی بر متابولیسم نیتروژن، شامل جذب و آسیمیلاسیون آن، داشته باشد (۱۲ و ۲۰). تحت شرایط کمبود اکسیژن، میزان جذب آمونیوم و نیترات به‌طور آشکاری کم می‌شود (۱۴ و ۲۷). در گیاهانی که در شرایط کمبود اکسیژن رشد می‌کنند، جذب فعال عناصر به سرعت تحت تناثیر قرار می‌گیرد و اغلب نشانه‌های کمبود نیتروژن همراه با نشانه‌های تنش اکسیژن مشاهده می‌شود (۵ و۷).

تأثیر نوع بستر کشت بر گیاهان مختلف متفاوت است. کشت و پرورش بسیاری از گیاهان در بستر کوکوپیت در مقایسه با سایر بسترها آزمایش شده است. ریشه‌زایی قلمه‌ها در بستر کوکوپیت بهتر از پیت گزارش شده است (۲۵). عملکرد گل رُز در بستر کوکوپیت در مقایسه با ترکیب پیت و شن ۱۹٪ افزایش یافت (۲۴). در مقایسه دو بستر پرلیت و ترکیب پرلیت با کوکوپیت روی گل ژربرا، رشد گیاه ژربرا به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر بستر کشت قرار گرفت، به‌طوری که گیاهان رشد کرده در ترکیب پرلیت و کوکوپیت دارای سطح برگ، تعداد برگ و عملکرد بیشتری نسبت به بستر پرلیت بودند. تعداد شاخه گل برداشت شده در مدت یکسال در بستر کوکوپیت ۵۳ و در بستر پرلیت ۴۴/۴ عدد بود. همچنین، مقدار عناصر فسفر و

جدول ۱. محلول غذایی هوگلند و آرنون (۱۳) و غلظت استفاده شده در این آزمایش

نام فارسی ماده شیمیایی	غلظت محلول پایه	فرمول شیمیایی	مقدار کاربردی در محلول غذایی نهایی (ml/L)
پتاسیم دهیدروژن فسفات	۱ مولار	KH_2PO_4	۱
نیترات پتاسیم	۱مولار	KNO_3	۵
نیترات کلسیم	۱ مولار	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	۵
سولفات منیزیم	۱ مولار	$MgSO_4.7H_2O$	۲
اسید بوریک	۲/۸۶ گرم در لیتر	H_3BO_3	۱
کلرید منگنز	۱/۸۱ گرم در لیتر	$MnCl_2.4H_2O$	۱
سولفات روی	۰/۲۲ گرم در لیتر	$ZnSO_4.5H_2O$	۱
سولفات مس	۰/۰۸ گرم در لیتر	$CuSO_4.5H_2O$	۱
اسید مولیبدات	۰/۲۵ گرم در لیتر	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	۱
کلات آهن	۵ گرم در لیتر	Fe- EDDHA	۲

پتاسیم و پتانسیل آب برگ در مخلوط بستر کوکوپیت و پرلیت بیشتر از بستر پرلیت بود (۲۳). بررسی اثر پرلیت، زئولیت و مخلوط‌شان بر رشد و عملکرد توت‌فرنگی نشان داد که بیشترین گل‌دهی و تعداد میوه در ترکیب پرلیت و زئولیت (۱:۳ و ۱:۱ نسبت حجمی) و کمترین آن در بستر زئولیت خالص به‌دست آمد. با توجه به اثر محیط کشت در سیستم هیدروپونیک بر تأمین آب و عناصر ضروری گیاه، بررسی بهترین محیط کشت در گیاهان اقتصادی با ارزش ضروری به‌نظر می‌رسد. در بررسی تأثیر ترکیب بسترهای مختلف کشت بر میزان رشد و عملکرد گل اطلسی گزارش شد که تعداد برگ و گل، وزن تر و خشک اندام هوایی، مقدار عناصر نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم و آهن در ترکیبی از بستر ورمی‌کمپوست و خاک بیشتر از ترکیب پیت و خاک، و خاک و شن بود، به‌طوری که کمترین مقدار رشد و عملکرد در ترکیب پیت و خاک به‌دست آمد (۵). با توجه به اهمیت محیط‌های کشت و اثرهای آنها بر گل رُز به عنوان یکی از مهمترین گل‌های شاخه بریده جهان (۱۰)، این آزمایش جهت مطالعه اثر ترکیبات مختلف کوکوپیت و پرلیت بر رشد و تولید گل رُز، رقم تجاری گراندگالا و کیفیت آن انجام شد. با توجه به استفاده زیاد کوکوپیت و پرلیت در کشت‌های تجاری ایران، هدف این پژوهش، تعیین بهترین نسبت کوکوپیت به پرلیت در تولید این رقم تجاری رُز، در سیستم هیدروپونیک، و توصیه آن به تولیدکنندگان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در چهار تیمار اجرا شد. تیمارها شامل: ماسه خالص، ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت، ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰٪ کوکوپیت و ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت بودند. قالب‌های کوکوپیت و پرلیت در بنومیل یک در هزار به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی و با آب مقطر شسته شدند. در مرحله بعد، گلدان‌های ۱۰ لیتری ابتدا به مدت پنج دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۵٪ قرار داده شد و سپس با بنومیل یک در هزار ضدعفونی شدند. سپس، یک تا دو سانتی‌متر از کف گلدان‌ها پوکه معدنی ریخته و بعد با تیمارهای مورد نظر کامل شدند. قلمه‌های دوماهه ریشه‌دار شده گل رُز، رقم گراندگالا، ضدعفونی و شستشو شدند. سپس، برگ‌های خشک و اضافی قلمه‌ها حذف و در داخل گلدان‌ها گذاشته شدند. در نهایت، لوله‌های آبیاری به قطر ۱۶ میلی‌متر روی گلدان‌ها کشیده و در کنار هر گلدان یک قطره‌چکان با دبی۲ تا ۴ لیتر در ساعت، نصب شد. در ابتدای

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی بسترهای کشت

بستر کاشت	وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)	تخلخل کل (٪)	تخلخل تهویه‌ای (٪)	ظرفیت نگهداری رطوبت (٪)	انقباض (٪)
۲۵٪ پرلیت+۷۵٪ کوکوپیت	۰/۱۴	۷۳	۲۷/۱۶	۴۵/۸۴	۲۰
۵۰٪ پرلیت+۵۰٪ کوکوپیت	۰/۱۵	۶۴	۳۵/۱۲	۲۸/۸۸	۱۶
۷۵٪ پرلیت+۲۵٪ کوکوپیت	۰/۱۶	۵۴	۲۴/۴	۲۹/۶۰	۱۴
ماسه	۱/۱	۶۱	۱۵/۰۸	۴۵/۹۲	۱۰

جدول ۳. ویژگی‌های شیمیایی بسترهای کشت

بستر کاشت	pH	EC (dS/m)	پتاسیم	سدیم	فسفر	آهن	روی	منگنز	مس
			(mg/kg)						
۲۵٪ پرلیت+۷۵٪ کوکوپیت	۶/۵	۰/۷۵	۱۶۷/۲۲	۱۶۲/۶۳	۱۰۸/۰۵	۹/۲۳	۶/۵۳	۳/۹۳	۰/۸۱
۵۰٪ پرلیت+۵۰٪ کوکوپیت	۶/۹	۰/۴۷	۱۰۱/۲۴	۹۶/۱۳	۶۳/۶۷	۵/۵۶	۳/۳۲	۱/۴۵	۰/۶۱
۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت	۷/۱	۰/۲۳	۴۱/۷۸	۵۱/۱۸	۲۳/۳۵	۲/۵۸	۱/۷۷	۰/۹۵	۰/۳۱
ماسه	۶/۸	۱	۶۳/۸۷	۹۴/۵۶	۶۸/۱۴	۱۳/۸۳	۹/۶۰	۱۱/۳۶	۴/۳۸

لوله یک عدد شیر نصب شده، سپس شیر به یک مقسم (کلکتور) که به منبع حاوی محلول هیدروپونیک هوگلند (با مشخصات جدول ۱) با pH برابر ۶/۵، متصل بود وصل شد. برای اندازه‌گیری pH محلول غذایی از دستگاه pH متر پرتابل استفاده شد. ابتدا، در طول چند روز اول، گلدان‌ها را با آب مقطر خالص آبیاری نموده تا سازگار گردند. سپس، اقدام به دادن محلول با غلظت یک دوم هوگلند شد.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت

خصوصیات فیزیکی بسترهای کشت با استفاده از روش پیشنهادی راویو و لیث (۲۵) اندازه‌گیری شد (جداول ۲ و ۳).

پارامترهای رویشی

در این پژوهش، صفاتی مانند تعداد غنچه، تعداد شاخه، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر غنچه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قطر ساقه و غنچه (با استفاده از کولیس با دقت یک دهم میلی‌متر)، زمانی این کار را انجام داده که غنچه تشکیل شده روی ساقه تکامل یافته و گل‌های نیمه باز (آماده برداشت و ارائه به بازار) داشته باشد. در پایان آزمایش، برای اندازه‌گیری وزن خشک، ابتدا گیاه از گلدان بیرون آورده شد و به سه قسمت برگ، ساقه و ریشه تقسیم شد و پس از شستشوی سیستم ریشه‌ای و خشک شدن، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفته و سپس توزین شدند.

پارامترهای فتوسنتزی

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل (F_v/F_m) و شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی (PI) از دستگاه Chlorophyll Fluorimeter، مدل Hansatech LTD Pocket PEA، ساخت کشور انگلیس استفاده شد. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را بر اساس پارامتر F_v/F_m، که عبارتست از نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر، ثبت می‌نماید. روش کار به این صورت می‌بود که از هر گلدان، بسته به تعداد برگ‌های سالم، دو تا چهار برگ بالغ از قسمت‌های مرکزی گیاه انتخاب و در گیره‌های مخصوص جهت ایجاد شرایط تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند و پس از این مدت، میزان F_v/F_m و

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر بسترهای مختلف کشت بر برخی ویژگی‌های رویشی گل رز رقم گراندگالا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع ساقه گل	تعداد غنچه	تعداد شاخه	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	قطر غنچه	قطر ساقه
بستر (M)	۳	۳۶/۴۰۰**	۱/۷۸۳**	۰/۷۱۶۶*	۱۰/۶۷۰***	۳۲/۶۹۴***	۴۶/۴۲۵***	۰/۱۴۹۵**	۰/۰۰۹۲**
خطا (E)	۱۶	۲/۹۴۱	۰/۳۶۶	۰/۷۱۶	۰/۰۴۶۹	۰/۲۲۰	۰/۰۳۴۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۸۱
ضریب تغییرات (٪)		۲/۴۰	۲۵/۷۶	۱۴/۷۲	۴/۳۷	۶/۰۱۴	۳/۰۴	۵/۴۰	۷/۳۴

***، ** و * معنی‌دار در سطوح ۰/۱، ۱ و ۵ درصد

PI با قرار دادن سنسور دستگاه روی این گیره‌ها ثبت شد. برای اندازه‌گیری سبزینگی برگ جوان (شاخص اسپد، Spad) در هفته پایانی آزمایش، از یک دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD 502 Chlorophyll Meter) ساخت کشور ژاپن استفاده شد. برای این منظور، به طور تصادفی از هر گیاه دو برگ جوان انتخاب شده و دو قرائت جداگانه در جهت‌های مختلف روی هر برگ انجام گردید. میانگین حسابی این قرائت‌ها به عنوان شاخص کلروفیل در تجزیه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

عناصر غذایی

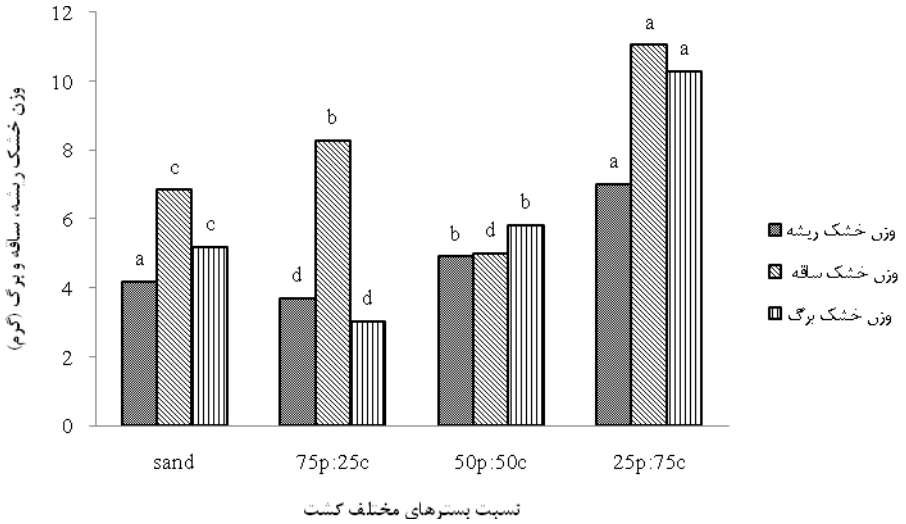
عناصر غذایی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، روی، آهن و فسفر در برگ بودند. برای تهیه عصاره، ابتدا ۰/۵ گرم از نمونه خشک شده و آسیاب شده را توزین و سپس در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت قرار داده شد تا نمونه‌ها تبدیل به خاکستر شوند. سپس ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال، به هر نمونه اضافه گردید و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. این عصاره به طور مستقیم جهت اندازه‌گیری عناصر کلسیم، منیزیم، روی و آهن با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی (مدل GBC avanta ساخت کشور استرالیا) به کار رفت. پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (مدل PFP7 ساخت کمپانی Jenway انگلیس) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری فسفر، که به روش آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات (زرد) انجام شد، ابتدا ۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در مرحله قبل را با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات وانادات مخلوط کرده و در نهایت توسط آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانیده شد (۶). فسفر بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

این پژوهش به‌صورت کاملاً تصادفی در چهار سطح تیمار و پنج تکرار انجام پذیرفت. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شدند و با استفاده از برنامه Minitab، تست نرمالیته روی داده‌ها انجام شد. مقایسه میانگین صفات بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (احتمال کمتر از ۵٪) انجام گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

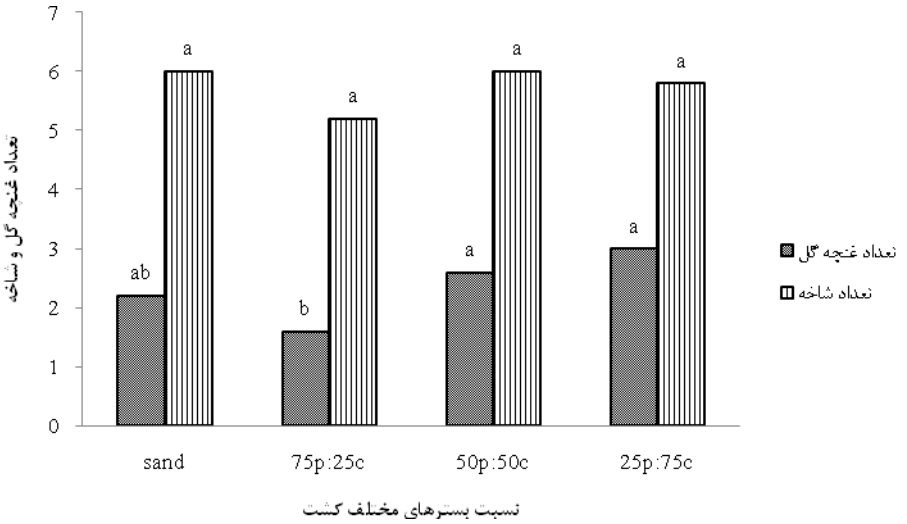
نتایج و بحث

پارامترهای رویشی

همانطور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) ارائه شده است، اثر بستر کشت روی تمام پارامترهای رویشی در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. نتایج آزمون دانکن مربوط به ارتفاع ساقه گیاه نشان داد که با افزایش درصد پرلیت در بستر کشت، به ارتفاع ساقه گیاه افزوده شده است. بهترین تیمار در این مقایسه، تیمار ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت و ضعیف‌ترین تیمار، تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت بود. نتایج نشان داد که اختلاف ارتفاع ساقه در بستر ماسه خالص و بهترین تیمار (۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت) معنی‌دار نبوده است (شکل C-۳). نتایج تجزیه



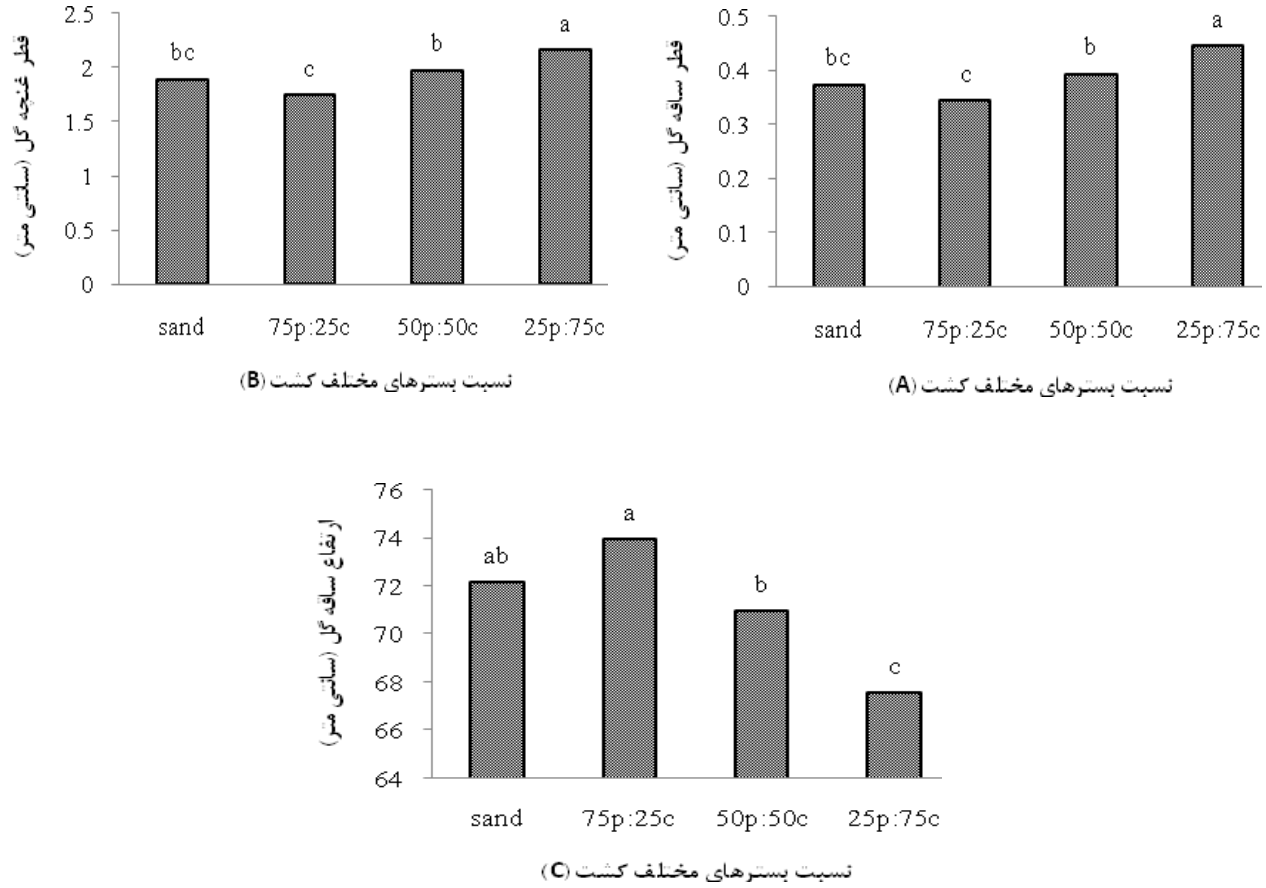
شکل ۱. اثر بسترهای مختلف کشت بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه گل رُز رقم تجاری گراندگالا. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح ۵٪ آزمون دانکن است. تیمارها عبارتند از: C= کوکوپیت، P= پرلیت و Sand= ماسه



شکل ۲. اثر بسترهای مختلف کشت بر تعداد غنچه گل و تعداد شاخه گل رز رقم تجاری گراندگالا. حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح ۵٪ آزمون دانکن است. تیمارها عبارتند از: C= کوکوپیت، P= پرلیت و Sand= ماسه

واریانس مربوط به وزن خشک برگ، ساقه و ریشه (شکل ۱) نشان داد که افزایش درصد کوکوپیت در بستر کشت تأثیر مثبت بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه دارد. بیشترین وزن خشک در تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت و کمترین وزن خشک در تیمار ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت در برگ و ریشه به‌دست آمد.

مقایسه میانگین‌های آزمون دانکن نشان داد که افزایش درصد کوکوپیت در بستر کشت باعث افزایش تعداد غنچه در گیاه شده است، به‌طوری که تعداد غنچه در تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت نسبت به ماسه خالص ۳۶٪ افزایش نشان داد (شکل ۲). همچنین، نتایج مشابهی در ارتباط با قطر غنچه و قطر ساقه مشاهده گردید (شکل‌های A ,B–۳). نتایج آزمون دانکن مربوط به تعداد شاخه گل در گیاه نشان می‌دهد که بیشترین تعداد ساقه مربوط به تیمارهای ماسه خالص و ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰٪ کوکوپیت است (شکل ۲)، اما تفاوت معنی‌داری بین



شکل ۳. اثر بسترهای مختلف کشت بر قطر ساقه گل (A)، قطر غنچه گل (B) و ارتفاع ساقه گل (C) رُز رقم تجاری گراندگالا.
حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح ۵٪ آزمون دانکن است.
تیمارها عبارتند از:C= کوکوپیت، P= پرلیت و Sand= ماسه

هیچکدام از تیمارها وجود ندارد.

نتایج ارائه شده در شکل (C-۳) نشان می‌دهد که با افزایش میزان پرلیت (۷۵٪پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت) ارتفاع ساقه گل‌دهنده افزایش یافت. با افزایش میزان پرلیت در بستر کشت باعث افزایش تخلخل و مقدار اکسیژن در بستر کشت می‌گردد. در خصوص افزایش اکسیژن، نتایج به‌دست آمده با نتایج کوزلووسکی و پالارد (۱۶) مبنی بر این که غرقاب شدن موجب کاهش ارتفاع گیاه گردید مطابقت دارد. اما گزارش شده که کمبود اکسیژن به مدت هفت روز تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه ذرت ندارد، که احتمالاً کوتاه بودن دوره کمبود اکسیژن علت این امر بوده است (۳۰). به نظر می‌رسد که کمبود اکسیژن با تأثیر بر کلیه فعالیت‌های انرژی‌خواه سلول نظیر جذب عناصر، هدایت شیرهٔ گیاهی و رشد سلول‌های مریستمی، موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد. در نتایج مشاهده شد که با افزایش میزان کوکوپیت در بستر کشت، وزن خشک گیاه زیاد شده است. نکته جالب این است که در مورد وزن خشک گیاه تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰٪ کوکوپیت و ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت وجود ندارد؛ ولی تفاوت با تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت معنی‌دار است. به نظر می‌رسد که عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو تیمار ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰٪ کوکوپیت و ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت به علت جذب یکسان مواد غذایی و تولید کربوهیدرات مشابه توسط دو تیمار است. در پژوهش

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر بسترهای مختلف کشت بر برخی ویژگی‌های فتوسنتزی گل رُز رقم گراندگالا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		اسپد (برگ‌های جوان)	اسپد (برگ‌های پیر)	کارآیی محصول کوانتوم (F_v/F_m)	شاخص کارآیی فتوسنتزی (PI)
بستر (M)	۳	۷۳/۸۶۵***	۱۰/۱۵۹**	۰/۰۰۲***	۲/۵۵۷***
خطا (E)	۱۶	۱/۳۸۹	۱/۶۳۲	۰/۰۰۰۰۸۷	۰/۰۱۴۵
ضریب تغییرات (٪)		۳/۷۲	۲/۷۵۱	۱/۲۶	۴/۰۷

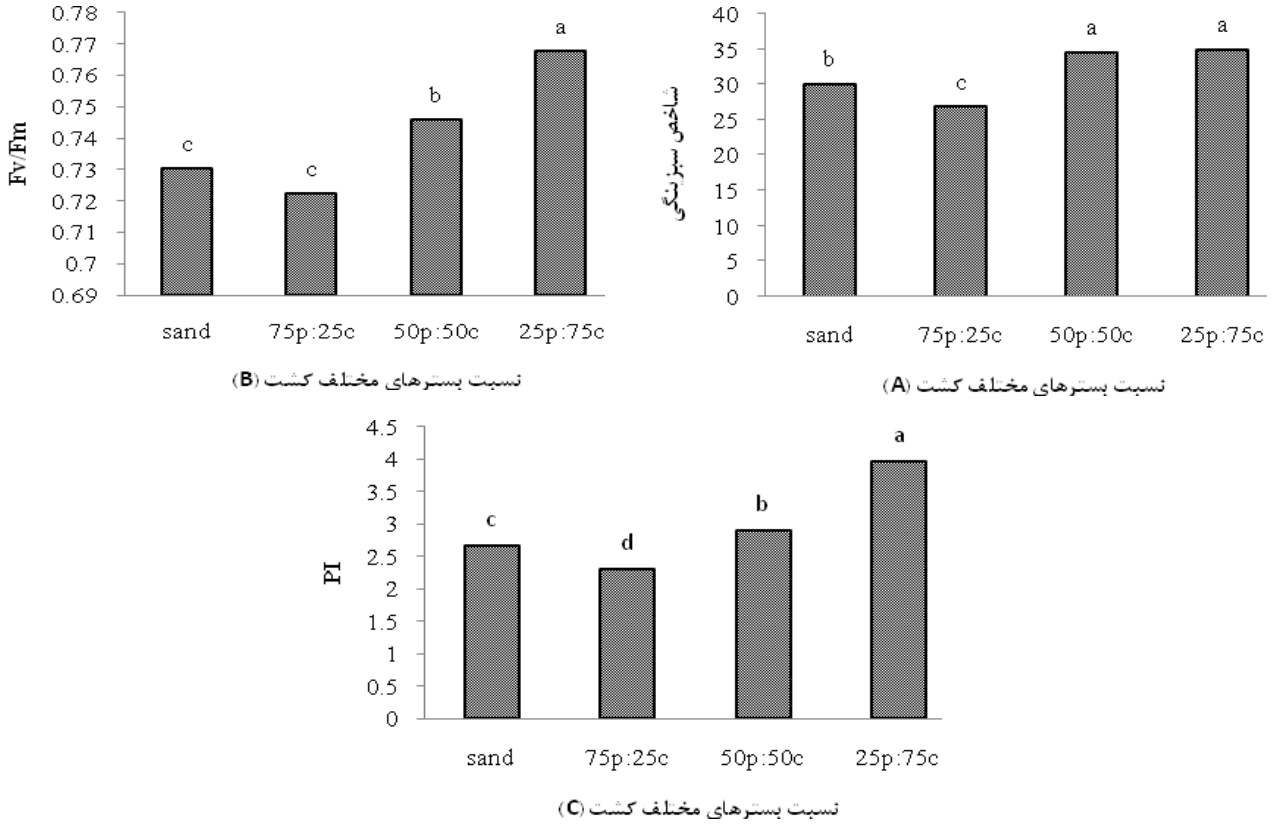
**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر بسترهای مختلف کشت بر غلظت عناصر پرمصرف و ریزمغذی در برگ‌های گل رُز، رقم تجاری گراندگالا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		K	P	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
بستر (M)	۳	۰/۲۰۰*	۰/۰۰۰۷^{ns}	۱/۱۵۹**	۰/۰۰۱۱^{ns}	۲/۰۵^{ns}	۱۱۶۴/۴**	۲۴۷۲۲/۲**	۶۱۱۸/۹**	۸۳/۶۴**
خطا (E)	۱۶	۰/۰۴۷۷	۰/۰۰۲۵	۰/۱۰۱۴	۰/۰۰۱۹	۰/۸۶	۷۵/۴۲	۸۶/۶۳	۱۲۷/۵۰	۱۰/۶۲
ضریب تغییرات (٪)		۸/۷۶	۱۸/۱۹	۹/۹۰	۱۰/۶۸	۸/۷۵	۸/۶۱	۶/۷۲	۱۳/۵۹	۱۱/۱۹

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

حاضر، تعداد غنچه گل در گیاه رُز در محیط‌های مختلف کشت تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. فقط یک افزایش جزئی با افزایش میزان کوکوپیت در تیمارهای مختلف مشاهده گردیده است. به نظر می‌رسد این افزایش جزئی به‌خاطر جذب بیشتر مواد غذایی و قدرت نگهداری بیشتر مواد غذایی توسط کوکوپیت بوده که باعث افزایش تعداد غنچه شده است. از دلایلی که می‌تواند به افزایش نسبی تعداد غنچه در درصد بیشتر کوکوپیت منجر شود، متحرک بودن عنصر پتاسیم در گیاه است. یعنی هر چه میزان آب در دسترس گیاه بیشتر باشد، روزنه‌های باز بیشتر بوده، تعرق بیشتر صورت گرفته و پتاسیم محلول در مواد غذایی بیشتر جذب می‌شود که این امر باعث تولید بیشتر غنچه‌ها می‌گردد. البته با توجه به جدول ۶، افزایش جذب آهن، روی و منگنز در تیمارهای با کوکوپیت زیاد نیز در افزایش تعداد غنچه نقش داشته است. تأثیر بستر کشت در افزایش قطر غنچه‌ها احتمالاً ناشی از جذب بیشتر مواد غذایی و سهولت و در دسترس قرار گرفتن مواد غذایی برای ریشه‌های مویین گیاه و همچنین به دلیل خاصیت جذب زیاد عناصر غذایی در این بستر کشت ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که میزان قطر ساقه گل‌دهنده در گیاه رُز با افزایش درصد کوکوپیت، افزایش پیدا کرده است. این افزایش در تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. ولی تیمار ماسه خالص با دو تیمار ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت و ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰٪ کوکوپیت اختلاف معنی‌داری ندارد. هر چه میزان تخلخل بیشتر شده، قطر ساقه گل‌دهنده کمتر شده است. افزایش قطر ساقه بیشتر احتمالاً به‌خاطر جذب بیشتر نیتروژن می‌باشد. بعضی محققین گزارش کرده‌اند که قطر ساقه گوجه‌فرنگی تحت شرایط تغذیه نیتروژنی افزایش می‌یابد (۳). همچنین، دیگر نتایج نشان داده که قطر ساقه در گیاه آزالیا که در نیتروژن زیاد رشد کرده با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری دارد (۸).



شکل ۴. اثر بسترهای مختلف کشت بر شاخص سبزینگی گیاه (A)، F_v/F_m (B) و PI (C) گل رُز رقم تجاری گراندگالا.
حروف متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح ۵ ٪ آزمون دانکن است.
تیمارها عبارتند از: C= کوکوپیت، P= پرلیت و Sand= ماسه

پارامترهای فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به سبزینگی برگ جوان گیاه (جدول ۵) نشان می‌دهد که افزایش درصد کوکوپیت از ۲۵٪ به ۵۰٪ باعث افزایش معنی‌دار سبزینگی برگ شده، اما افزایش کوکوپیت از ۵۰٪ به ۷۵٪ افزایش معنی‌داری را به وجود نیاورده است (شکل A-۴). با مقایسه میانگین‌ها در آزمون دانکن می‌توان مشاهده کرد که با افزایش درصد کوکوپیت، بر میزان F_v/F_m افزوده شده است. بهترین تیمار، ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت و ضعیف‌ترین تیمار، ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت (۰/۷۲۴) گزارش شد. نتایج نشان داد که بین ضعیف‌ترین تیمار (۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت) و تیمار ماسه خالص تفاوت معنی‌دار نیست (شکل B-۴). شاخص کارایی سیستم فتوسنتزی نیز روند مشابهی مانند F_v/F_m طی کرد؛ هر چند که بین تمام بسترهای کشت اختلاف معنی‌دار بود (شکل C-۴).

سبزینگی برگ در کشاورزی پیشرفته عمدتاً به عنوان یک علامت از وضعیت تغذیه نیتروژن می‌باشد که با میزان کلروفیل ارتباط دارد (۱۵). رنگ برگ، که با مقدار کلروفیل آن همبستگی نزدیک دارد، تحت تأثیر عوامل مختلفی همانند مرحلهٔ رشد گیاه، رقم، ضخامت برگ، تراکم گیاه و دیگر فاکتورهای آب و هوایی قرار دارد (۱۷). آهن، منگز و روی که بر میزان کلروفیل گیاه تأثیر می‌گذارند در این آزمایش در تیمارهای با کوکوپیت بیشتر افزایش یافتند که می‌تواند دلیل افزایش شاخص اسپد در این تیمارها باشد. در یک پژوهش، مشخص شد که مقدار سبزینگی برگ گوجه‌فرنگی که سولفات آمونیوم دریافت کرده بود، در مقایسه با گیاهان تغذیه شده با نیترات، بیشتر بود (۲۸).

جدول ۷. اثر بسترهای مختلف کشت بر غلظت عناصر پرمصرف و ریزمغذی در برگ‌های گل رُز، رقم تجاری گراندگالا

تیمار	K	P	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
	(درصد وزن خشک)				(میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک)				
ماسه	۲/۳۰b	۰/۲۸a	۲/۷۰b	۰/۴۲a	۹/۸۹b	۸۵/۳۶b	۷۳/۲c	۳۹/۰c	۳۳/۴۸ a
c۲۵p: ۷۵	۲/۳۸b	۰/۲۹a	۳/۷۴a	۰/۴۲a	۱۱/۳۹a	۹۱/۲۰b	۱۲۱/۴b	۹۰/۴b	۳۱/۷۲a
c۵۰p: ۵۰	۲/۵۱ab	۰/۲۶a	۳/۴۸a	۰/۳۹a	۱۰/۷۶ab	۱۰۸/۸۰a	۱۲۰/۷b	۷۹/۰b	۲۵/۴۶b
c۷۵p: ۲۵	۲/۷۶a	۰/۲۷a	۲/۹۴b	۰/۴۲a	۱۰/۳۳ab	۱۱۸/۲۴a	۲۳۸/۳a	۱۲۳/۸a	۲۵/۸۰b

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار تیمارها در سطح ۵٪ آزمون دانکن است. علائم تیمارها عبارتند از:
C= کوکوپیت و P= پرلیت.

کمبود اکسیژن باعث کاهش سبزینگی برگ می‌شود، در حالی که مشخص شده که کمبود اکسیژن به مدت هفت روز تأثیری بر مقدار سبزینگی برگ ذرت نداشت (۳۰) که مخالف با نتایج به دست آمده در این پژوهش بوده و دلیل آن ممکن است مدت زمان کم تیمار کمبود اکسیژن بر ذرت باشد. احتمالاً، افزایش میزان اسید با افزایش میزان کوکوپیت در رابطه با افزایش جذب آهن است. تیره‌تر شدن رنگ برگ‌ها به خاطر این موضوع می‌تواند به دلیل افزایش جذب آهن به دلیل کاهش pH محیط کشت باشد. همان گونه که توضیح داده شده، کوکوپیت باعث اسیدی شدن محیط کشت شده و باعث می‌شود محیط اطراف ریشه اسیدی‌تر گردد. این موضوع باعث می‌شود که جذب آهن بیشتر صورت گیرد. در نتیجه، سبزینگی برگ‌ها بیشتر شده و عدد اسپد بیشتر می‌شود.

عناصر غذایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر بسترهای مختلف کشت روی گل رز رقم تجاری گراندگالا در ارتباط با عناصر پرنیاز (Mg، Ca، K و P) و کم‌نیاز (Fe، Cu، Zn و Mn) در جدول ۶ و مقادیر میانگین داده‌ها در جدول ۷ ارائه شده است.

نتایج مندرج در جدول ۷ نشان می‌دهد که مقدار عناصر پتاسیم، کلسیم، آهن، منگنز و روی در برگ گیاهان رُز، مربوط به تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت به ترتیب ۱۶، ۹، ۳۸، ۲۲۶ و ۲۲۰ درصد بیشتر از تیمار ماسه خالص بود. در همین ارتباط، با افزایش میزان کوکوپیت، مقدار این عناصر افزایش پیدا کردند. در ارتباط با عنصر منگنز، بین دو تیمار ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰ کوکوپیت و ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵ کوکوپیت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بر اساس نتایج جدول ۷ می‌توان مشاهده کرد که بیشترین میزان عنصر مس مربوط به تیمار ماسه خالص و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰٪ پرلیت+ ۵۰٪ کوکوپیت است. تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت در رتبه دوم قرار داشت.

پتاسیم عنصر متحرکی است. احتمالاً، دلیل این که میزان غلظت آن در برگ گیاه گل رز در تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت افزوده شده این است که با افزایش میزان کوکوپیت، ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی بیشتر شده و گیاه از نظر تأمین آب مورد نیاز خود مشکلی نداشته، روزنه‌های آن کاملاً باز بوده و آب بیشتری را تبخیر کرده است. چون این عنصر متحرک است، همراه با آب بیشتر جذب گردیده و درصد آن در برگ گیاه رز و در تیمار ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت زیاد شده است. البته لازم به ذکر است که کوکوپیت حاوی مقداری K است که می‌تواند در افزایش K قابل دسترس برای گیاه نقش داشته باشد.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۶) اثر تیمار بستر کشت بر عنصر فسفر در سطح ۵٪ معنی‌دار نشد. نتایج جدول ۷ نشان داد که افزایش درصد کوکوپیت در بستر کشت، بر غلظت فسفر جذب شده در برگ‌ها تأثیری نداشته است. بهترین pH برای جذب فسفر بین ۶ تا ۷ می‌باشد. عنصر فسفر متحرک است و براساس پخشیدگی حرکت می‌کند. احتمالاً

معنی‌دار نشدن اختلاف بین تیمارها به خاطر جذب مناسب فسفر و pH مناسب محلول غذایی و نوع فسفر داده شده در محلول غذایی است. همین امر، احتمالاً مانع از اختلاف معنی‌دار بین تیمارها گردیده است.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۶) اثر تیمار بستر کشت بر منیزیم در سطح ۵٪ معنی‌دار نشد. می‌توان دلیل این موضوع را این گونه توضیح داد که چون شعاع یونی منیزیم کم می‌باشد، این عنصر متحرک بوده و به خاطر وجود آب کافی، تبخیر و تعرق مناسب، درصد مناسب منیزیم در محلول و همچنین جذب مناسب منیزیم توسط گیاه رز، باعث این موضوع شده است.

نتایج میانگین‌ها در مورد عنصر سدیم نیز نشان داد که هر چند کمترین مقدار مربوط به تیمار ماسه خالص بود، اما بین بقیه تیمارها اختلافی مشاهده نگردید. میزان سدیم موجود در برگ گیاه رز با درصدهای مختلف کوکوپیت و پرلیت در بسترهای کشت رابطه معنی‌داری نداشت. شاید این موضوع را بتوان به نوع سیستم کاشت در این آزمایش، که سیستم هیدروپونیک باز است، ارتباط داد. به گونه‌ای که از محلول غذایی فقط یکبار استفاده کرده و خروجی آن به داخل منبع برگشت داده نمی‌شد و محلول اضافی خارج شده از ته گلدان به بیرون ریخته می‌شد. این امر باعث کاهش میزان شوری (سدیم) شده است. از جمله دلایل دیگر می‌توان به هفته‌ای یکبار آب‌شویی بستر کشت اشاره کرد که تمامی نمک‌های تجمع یافته را در اطراف محیط ریشه و بستر کشت شسته و خارج نموده است.

بر اساس نتایج این پژوهش، با افزایش میزان کوکوپیت میزان جذب آهن، روی و منگنز افزایش پیدا کرده است. در بین تیمارها، محیط کشت ماسه و ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت کمترین آهن، روی و منگنز را داشتند. دلیل این امر را می‌توان به درصد کم کوکوپیت به‌کار رفته در بستر ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت ارتباط داد. با افزایش میزان کوکوپیت به ۵۰٪، غلظت آهن برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت و با کاربرد بیشتر کوکوپیت (۷۵٪) اگرچه غلظت آهن افزایش یافت، ولی با تیمار ۵۰٪ کوکوپیت تفاوت معنی‌دار نشان نداد. احتمالاً همین مقدار کم کوکوپیت نیز باعث کاهش pH محیط ریشه گردیده و باعث افزایش جذب آهن شده است. در حالی که این افزایش جذب اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار ایجاد نکرده است. کاهش pH در اطراف ریشه تا حدی باعث حلالیت بیشتر ترکیبات آهن‌دار، منگنز و روی و جذب بهتر توسط ریشه‌های گیاه می‌شود (۱۱). عناصری مانند پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز در سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها نقش مهمی ایفا می‌کنند (۱). توانایی ریشه گیاهان مختلف در ایجاد شرایط مناسب برای جذب آهن متفاوت است. گیاهان مقاوم به کمبود آهن، ریشه‌های کارآمدی در جذب آهن دارند. این خصوصیات جنبه وراثتی دارد (۱۱). آهن می‌تواند به طور مستقیم در آپوپلاست ریشه یا در روی سطح ریشه با pH زیاد رسوب کند که منجر به محتوای قابل توجه آهن در ریشه گیاهان تغذیه شده می‌شود (۹ و ۱۸)، حال آن که غلظت آن در اندام هوایی کاهش می‌یابد. در کمبود کامل آهن، ریشه از رشد خود بازمانده و ریشه‌های فرعی و جانبی بیشتری تولید می‌شود (۱۸). گاهی، کمبود آهن حتی با وجود مقدار زیاد آهن نیز پیش می‌آید. بنابراین، ارزیابی آهن گیاه گاهی از طریق مقدار آهن فعال و یا نسبت آهن به منگنز (Fe/Mn) برگ مشخص می‌شود.

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داده که بین تیمار ماسه و ۷۵٪ پرلیت+ ۲۵٪ کوکوپیت تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان مس مشاهده نشد. اما میزان مس در برگ‌های گیاه گل رز با افزایش کوکوپیت، کاهش یافته است. بین این دو تیمار و تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده شده است که این اختلاف نیز با کاهش همراه بوده است. یکی از دلایل این کاهش را می‌توان به تأثیر جذب آهن و خاصیت آنتاگونیستی آن با مس ارتباط داد (۲). البته جذب مس در بسترهای آلی نیز کاهش می‌یابد که در این آزمایش محیط کشت کوکوپیت یک بستر آلی است. در صورتی که ماسه و پرلیت مواد غیر آلی هستند.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، بهترین بستر برای کشت گیاه رُز، رقم گراندگالا، در سیستم هیدروپونیک، ترکیب ۲۵٪ پرلیت+ ۷۵٪ کوکوپیت می‌باشد، که این بستر در اکثر صفات رویشی و زایشی و همچنین استفاده بهینه از آب و مواد غذایی از بقیه تیمارها بازده بهتری داشت. این بستر کشت تأثیر به‌سزایی در افزایش جذب عناصر غذایی، به‌ویژه آهن، روی و منگنز، داشت. همچنین، این تیمار باعث بهبود در وضعیت ظاهری گل‌ها، ارتفاع ساقه و قطر غنچه شد. با توجه به ارزان بودن ماسه و کسب نتایج قابل قبول در این آزمایش، از این محیط کشت نیز می‌توان به عنوان یک محیط کشت جایگزین نام برد.

منابع مورد استفاده

۱. خوشگفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸٦. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. شکفته، ح. ۱۳۸۸. تغذیه گیاهان در باغبانی. دانشگاه آزاد اسلامی جیرفت، ۱۱۰ ص.

۳. دلشاد، م.، م. بابالار و ع. کاشی. ۱۳۷۹. اثر شاخص نیتروژن محلول‌های غذایی در تغذیه معدنی ارقام گوجه‌فرنگی. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۱: ٦۱۳-٦۲۵.

۴. قاسمی قهساره، م. و م. کافی. ۱۳۹۱. گلکاری علمی و عملی. جلد اول، انتشارات رضوی، تهران.

5. Chamani, E., D.C. Joyce and A. Reihanytabar. 2008. Vermicopost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* Dream Neon Rose. Am.-Euras. J. Agric. Environ. Sci. 3: 506-512.
6. Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1982. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Division of Agricultural Sciences, University of California, 309 p.
7. Chorianopoulou, S.N. and D.L. Bouranis. 2004. Aletrations in short-term effect of oxygen deficiency on iron, manganese, zinc, and copper homeostasis within fool's watercress organs during development. Plant Nutr. 27: 157-171.
8. Clark, M.B., H.A. Mills, C.D. Robacker and J.G. Latimer. 2003. Influence of nitrate: ammonium ratios on growth and elemental concentration in two azalea cultivars. Plant Nutr. 26: 2503-2520.
9. De laGuardia, M.D. and E. Alcantara. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. Plant Nutr. 25: 1021-1032.
10. Elgimabi, M.E.N.E. 2011. Vase life extension of rose cut flowers (*Rosa hybirida*) as influenced by silver nitrate and sucrose pulsing. Am. J. Agric. Biol. Sci. 6: 128-133.
11. Fernandez, V., G. Ebert and G. Winklmann. 2005. The use of microbial siderophores for foliar iron application studies. Plant Soil 272: 245-252.
12. Gibbs, J. and H. Greenway. 2003. Mechanisms of anoxia tolerance in plants .II. Energy requirements for maintenace and energy distribution to essential processes. J. Funct. Plant Biol. 30: 1-47.
13. Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The Water Culture Method for Growing Plants without Soil. College of Agriculture, University of California, Berkeley, pp. 1-39.
14. Jampeetong, A. and H. Brix. 2009. Oxygen stress in *Salvinia natans*: Interactive effects of oxygen availability and nitrogen source. Environ. Exp. Bot. 66: 153-159.
15. Kirkby, H.P. and M. Zude. 2009. Sensing of tomato plant response to hypoxia in the root environment. Sci. Hort. 122: 17-25.
16. Kozlowski, T.T. and S.G. Pallardy. 1985. Flooding and Plant Growth. Academic Press, Orlando, FL, 343 p.
17. Malassiotis, A., G. Tanou, G. Diamantidis, A. Patakas and L. Therios. 2006. Effects of 4-month Fe deficiency exposure on Fe reduction mechanism, photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and antioxidant defense in two peach rootstocks differing in Fe deficiency tolerance. J. Plant Physiol. 163: 176-185.
18. Marschner, H. 2011. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 651 p.
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, 861 p.
20. Morard, P., J. Silvestre, L. Lacoste, E. Caumes and T. Lamaze. 2004. Nitrate uptake and nitrite release by tomato roots in response to anoxia. J. Plant Physiol. 161: 855-865.
21. Olle, M., M. Ngouajio and A. Siomos. 2012. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: A review. Agric. 99: 399-408.

22. Olympios, C.M. 1995. Overview of soilless culture: Advantages, constraints and perspective for its use in Mediterranean countries. CIHEAM. 31: 307-324.
23. Paradiso, R. and S. De Pascale. 2008. Effects of coco fiber addition to perlite on growth and yield of cut gerbera. Acta Hort. 779: 529-534.
24. Raviv, M., J.H. Lieth, D.W. Burger and R. Wallach. 2001. Optimization of transpiration and potential growth rates of Kardinal rose with respect to root-zone physical properties. J. Am. Soc. Hort. Sci. 126: 638-643.
25. Raviv, M. and J.H. Lieth. 2008. Soilless Culture: Theory and Practice. Academic Press, London, 608 p.
26. Roberto, K. 2003. How-To Hydroponics. The Futuregarden, Inc.,New York, 98 p.
27. Roosta, H.R. and J.K. Schjoerring. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. Plant Nutr. 30: 1933-1951.
28. Souri, M.K. and V. Romheld. 2009. Split daily applications of ammonium can not ameliorate ammonium toxicity in tomato plants (*Lycopersicon esculentum*). Hort. Environ. Biotech. 50(5): 384-391.
29. Verdonck, O. de, D. De Vleeschauwer and M. De Boodt. 1982. The influence of the substrate to plant growth. Acta Hort. 126: 251-258.
30. Vodnik, D., P. Strajnar, S. Jemc and I. Macek. 2009. Respiratory potential of maize (*Zea mays* L.) roots exposed to hypoxia. Environ. Exp. Bot. 65: 107-110.
31. Yoshida, S., M. Kitano and H. Eguchi. 1997. Growth of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) under control of dissolved O_2 concentretion in hydroponics. Biotronics 26: 39-45