واکنش‌های مورفوفیزیولوژیکی، ظرفیت فتوسنتزی و کیفیت گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa* L.) در سیستم‌های مختلف کشت خاکی و آبکشت

مهران کنعانی[۱] و محمد جواد نظری دلجو[۱*]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۴/۲/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲۴)
DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.7.4.61

چکیده

گل مریم مهمترین گل شاخه بریده معطر و دارای رتبه چهارم سطح زیر کشت و تولید در بین گل‌های شاخه بریده کشور می‌باشد. با توجه به کمبود منابع آب، محدودیت‌های خاک و با هدف مقایسه و امکان جایگزینی کشت خاکی گل مریم با کشت بدون خاک، آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار روی دو رقم گل مریم (محلاتی و دزفولی)، در دو سیستم تولیدی گلخانه‌ای با بستر خاک و بدون خاک، اجرا گردید. براساس نتایج تجزیه واریانس، ظرفیت فتوسنتزی [تعداد و سطح برگ، هدایت روزنه‌ای و مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل)]، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد و قطر گلچه‌ها، جذب عناصر غذایی و عمر گل‌جایی گل مریم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم کشت قرار گرفتند. سیستم کشت بدون خاک به ترتیب منجر به افزایش ۵۰ و ۳۵ درصدی ارتفاع ساقه گل‌دهنده و عمر گل‌جایی به‌عنوان مهمترین شاخص‌های کیفیت گل شاخه بریده، در مقایسه با کشت خاکی، گردید. همچنین، میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز و مقادیر جذب کلسیم و پتاسیم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار برهمکنش رقم و سیستم کشت بر جذب کلسیم و تعداد برگ در بوته بود. براساس نتایج آزمایش، کشت بدون خاک با بهبود ظرفیت فتوسنتزی و افزایش جذب عناصر معدنی منجر به افزایش کیفیت و عمر گل‌جایی گل شاخه بریده مریم گردید و از قابلیت و پتانسیل زیادی برای جایگزینی با کشت خاکی گل مریم برخوردار می‌باشد.

کلمات کلیدی: بستر کشت، کیفیت پس از برداشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، رقم دزفولی، رقم محلاتی

مقدمه

گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) از تیره نسرین‌سانان (Amaryllidaceae) (۱۵)، گیاهی تک لپه، سوخ‌دار، چندساله و بومی مکزیک (۱۹ و ۲۰) بوده و با سطح زیر کشت حدود ۳۰۰ هکتار در کشور، رتبه چهارم در بین سایر گل‌های شاخه بریده را به خود اختصاص داده است (۱ و ۶). این گل یکی از مهمترین گل‌های تجاری و معطر بوده (۱۲) که در صنایع عطرسازی، گل‌آرایی، دکوراسیون و تهیه تاج گل کاربرد بسیاری دارد (۳۴). اخیراً، علاوه بر ایران، به‌دلیل محبوبیت گلچه‌ها و عطر آن، مورد توجه کشورهای کنیا، هند و مکزیک قرار گرفته و به صورت تجاری در بازارهای گل و گیاهان زینتی از قبیل ایالات متحده آمریکا، اروپا و ژاپن مبادله می‌شود (۴۵).

۱. گروه علوم باغبانی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nazarideljou@yahoo.com

جدول ۱. تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در بستر کشت خاکی

CEC (meq/100g)	K (mg/ kg)	P (mg/ kg)	N (mg/ kg)	OC (%)	Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	pH	EC (dS/m)
۸	۱۹۴/۳	۷/۸	۰/۳	۲/۶	لوم شنی	۶۶	۲۴	۱۰	۷/۶	۱/۴

با توجه به پدیده جهانی خشکی و خشکسالی، دماهای زیاد و تنش‌های اکسیداتیو و در نتیجه تأثیر منفی بر سیستم‌های کشاورزی، تغییر و ارائه سیستم و الگوی کشت کارا، با قابلیت تولید زیاد، توأم با کیفیت مطلوب و مدیریت مؤثر منابع و نهاده‌های مصرفی، یعنی توسعه کشت‌های بدون خاک، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. طی سالیان اخیر، کشت بدون خاک با هدف تولید تجاری مواد غذایی، تولید گیاهان زینتی و انجام تحقیقات بیولوژیک گیاهان به عنوان یک روش استاندارد، به‌کار گرفته شده است (۳۷).

کشت محصولات گلخانه‌ای در بستر خاکی، به‌دلیل تغییرات محیطی، ظرفیت رطوبتی بستر، عناصر غذایی و اکسیژن موجود در خاک و مشکلات بیماری و آفات خاک‌زی، همواره توأم با نوسانات کمی و کیفی محصولات تولیدی می‌باشد (۱۴ و ۳۳). در مقابل، تولید محصولات به روش بدون خاک یا آبکشت (Soilless or Hydroponic)، ضمن مرتفع نمودن مشکلات مذکور، امکان کنترل دقیق گیاه، به‌ویژه نیازهای تغذیه‌ای، را فراهم نموده (۴۴) و توزیع یکسان آب و عناصر غذایی برای گیاه را با هدف جلوگیری از اتلاف آب و ایجاد موقعیت ایده‌آل کشت تأمین کرده است (۳۷). گرودا (۱۸) افزایش یکنواختی در وزن، اندازه و بافت گوجه‌فرنگی‌های پرورش یافته در کشت بدون خاک، در مقایسه با کشت خاکی، را گزارش نمود. همچنین بستر، یا سیستم کشت، علاوه بر تأثیر بر کیفیت گیاهان زینتی، نقش مهمی در سرعت جوانه‌زنی و بسیاری از پارامترهای فیزیولوژیک گیاه نیز دارد (۴۳). بر اساس نتایج لیت و همکاران (۲۸) و بنی‌جمال (۲) کشت بدون خاک نسبت به خاکی موجب افزایش تعداد شاخه گل رُز و وزن تر ساقه گل‌دهنده گردید. همچنین، مانزوکو (۳۰) بیان داشت که عملکرد تجاری کاهوی تولید شده در کشت بدون خاک بیشتر از کشت خاکی می‌باشد.

با توجه به کشت غالب (حدود ۱۰۰٪) گل شاخه بریده مریم در کشور در بستر خاکی، عدم بررسی و تحقیقات بسیار اندک در خصوص مقایسه پارامترهای رشد و نموی، کیفیت و دوام عمر در کشت خاکی و بدون خاک گل مریم، مهمترین هدف این تحقیق، بررسی واکنش و تغییرات صفات مذکور در مهمترین ارقام گل مریم کشور شامل ارقام محلاتی و دزفولی، در سیستم بدون خاک، و مقایسه آن با گیاهان تولیدی در روش خاکی و در نتیجه امکان جایگزینی و تولید گل مریم همانند سایر گل‌های شاخه بریده از قبیل رُز، آنتوریوم و لیلیوم در سیستم بدون خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه آزاد مهاباد، با پوشش پلی‌اتیلن، طی فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. دمای روزانه و شبانه گلخانه به‌ترتیب ۲±۲۸ و ۲±۱۹ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰-۵۵ درصد تنظیم گردید. پیازهای ارقام دزفولی و محلاتی گل مریم، قبل از کشت، با قارچ‌کش کرزوکسیم متیل ۵۰٪ به نسبت ۰/۵ در هزار به مدت یک دقیقه ضدعفونی و سپس به گلدان‌های پلاستیکی با حجم تقریبی ۴ لیتر پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۵٪ منتقل شدند. برای کشت خاکی از خاک با بافت لوم شنی (۲/۶ درصد ماده آلی) (جدول ۱) و در کشت بدون خاک از مخلوط حجمی پرلایت و فیبر نارگیل (۳۰٪ پرلایت و ۷۰٪ فیبر نارگیل) استفاده گردید. در کشت خاکی، به منظور برطرف نمودن کمبود عناصر غذایی و براساس نتایج آزمون خاک، کود کامل با بنیان سولفاته به بستر اضافه گردید.

در سیستم کشت بدون خاک، محلول‌دهی پس از سبز شدن

جدول ۲. غلظت و منابع کودی مورد استفاده در آزمایش

ردیف	عنصر	غلظت (mg/L)	منبع کودی
۱	نیتروژن	۱۲۰	نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم و نیترات آمونیوم
۲	فسفر	۴۵	مونوپتاسیم دی هیدروژن فسفات
۳	پتاسیم	۱۴۶	نیترات پتاسیم و مونوپتاسیم دی هیدروژن فسفات
۴	کلسیم	۹۶	نیترات کلسیم
۵	منیزیم	۲۱	سولفات منیزیم
۶	آهن	۲/۵	کلات آهن (Fe-EDDHA)
۷	منگنز	۱	سولفات منگنز
۸	مس	۰/۱۵	سولفات مس
۹	روی	۰/۶۷	سولفات روی
۱۰	بر	۰/۱	اسید بوریک
۱۱	مولیبدن	۰/۰۱	مولیبدات آمونیوم

پیازها و تولید ۳-۴ برگ اعمال گردید. فرمولاسیون عناصر غذایی براساس فرمول تجاری کشت گیاهان پیازی با هدایت الکتریکی (EC) ۱/۲ دسی‌زیمنس برمتر و pH برابر ۵/۸ (جدول ۲) تهیه و کودآبیاری گلدان‌ها بسته به شرایط محیطی و فصل کشت در طول روز با فواصل هر دو الی سه ساعت یکبار انجام گرفت. جهت کنترل تغییرات pH، اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به محلول غذایی اضافه شد.

در طول دوره آزمایش، پایان دوره کشت و همچنین طی دوره پس از برداشت، پارامترهای مورفوفیزیولوژیک شامل ظرفیت فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی، پایداری غشای سلولی، اسید آمینه پرولین، قطر و تعداد گلچه‌ها، ارتفاع ساقه گل، عمر گل‌جایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی شامل فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز اندازه‌گیری شد.

سنجش ظرفیت فتوسنتزی

به منظور بررسی ظرفیت فتوسنتزی، پارامترهای دخیل در فتوسنتز خالص شامل تعداد و سطح برگ در بوته، هدایت روزنه‌ای و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل) مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین، هدایت روزنه‌ای برگ‌های میانی با استفاده از دستگاه قابل حمل سنجش هدایت روزنه‌ای (Leaf Prometer, Decagon; USA)، اوایل صبح در دمای ۱±۲۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۲±۵۹ درصد اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی

اندازه‌گیری مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل a، b، کلروفیل کل با استفاده از روش لیختن‌تالر (۲۷) انجام پذیرفت. حدود یک گرم از بافت برگ با اضافه کردن ۲ میلی‌لیتر استون به طور کامل هضم گردید و سپس به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانیده شد و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Rotofix 32A-Zentaifugen; Germany) گردید. در پایان، مقدار جذب محلول رویی در طول موج‌های ۶۶۳/۲ و ۶۴۶/۸ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Lambda 25 UV/VIS, Perkin Elmer) قرائت و براساس روابط زیر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی محاسبه گردید:

$$Chla = 12.25\ A_{663.2} - 2.79\ A_{646.8} \quad [۱]$$

$$Chlb = 21.21\ A_{646.8} - 5.1\ A_{663.2} \quad [۲]$$

$$Chl(a+b) = 7.15\ A_{663.2} + 18.71\ A_{646.8} \quad [۳]$$

که در آنها *Chla* محتوای کلروفیل a (میلی‌گرم بر لیتر)، *Chlb* محتوای کلروفیل b (میلی‌گرم بر لیتر)، $A_{663.2}$ جذب محلول در طول ۶۶۳/۳ نانومتر و $A_{646.8}$: جذب محلول در طول ۶۴۶/۸

نانومتر است.

جذب عناصر نیتروژن، کلسیم و پتاسیم

برای اندازه‌گیری مقادیر جذب عناصر معدنی، نمونه‌های برگی پس از شستشو با اسید کلریدریک ۰/۱ درصد، با آب مقطر شستشو و تمیز گردیده و در آون با دمای ۵۵ °C به مدت ۳ روز خشک و سپس با آسیاب برقی پودر شدند (۲۳). مقدار نیتروژن در نمونه‌های برگی با استفاده از هضم‌تر (اسید هیدروکلریک ۲ مولار) و به روش کجلدال با دستگاه اتوآنالیزور کجلتک (Behr Labor-Technik, Germany) اندازه‌گیری شد. همچنین، مقادیر کلسیم با دستگاه جذب اتمی (UNICAM 919 AA Spectrometer, Cambridge; UK) و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (JENWAY PFP7; England) اندازه‌گیری شد.

پایداری غشای سلولی

اندازه‌گیری پایداری غشای سلولی به روش لاتس و همکاران (۲۹) و براساس تفاوت بین نشت یونی یا نشت الکترولیت حاصل از قطعات برگی با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی تحت شرایط دمای معمولی (EC_1) و دمای زیاد (EC_2) بر اساس رابطه زیر برآورد گردید:

[۴] پایداری غشای سلولی (نشت الکترولیت) = (EC_1/EC_2) x100

که در آن، EC_1 هدایت الکتریکی اولیه نمونه (۲۵ ºC) و EC_2 هدایت الکتریکی ثانویه نمونه (۹۵ ºC) است.

سنجش میزان اسید آمینه پرولین

برای اندازه‌گیری پرولین از روش ایریگوین و همکاران (۲۱)، با کمی تغییر، استفاده شد. از هر تکرار ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه توزین و در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶٪ (Merck, Germany) هضم گردیده و به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Rotofix 32A-Zentaifugen; Germany) شد. در مرحله دوم، ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل به ۲/۵ میلی‌لیتر معرف نایندرین و ۲/۵ میلی‌لیتر اسید استیک (Merck; Germany) اضافه و به حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ دقیقه منتقل شد. پس از سرد نمودن سریع نمونه‌ها، به هر نمونه ۵ میلی‌لیتر بنزن اضافه گردید. نهایتاً فاز بالایی محلول در طول موج ۵۱۵ نانومتر قرائت گردید. برای محاسبه میزان پرولین از نمودار استاندارد پرولین استفاده شد.

ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد و قطر گلچه

ارتفاع ساقه گل‌دهنده، از محل برش ساقه تا انتهای گل‌آذین، با خط‌کش محاسبه گردید. تعداد گلچه‌های روی گل‌آذین نیز شمارش و سپس با کولیس دیجیتالی، قطر گلچه‌های میانی کاملاً باز شده اندازه‌گیری شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی

برای استخراج عصاره گیاهی و سنجش آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز از روش کانگ و سالتیویت (۲۴)، با کمی تغییر، استفاده شد. ۰/۵ گرم از بافت تازه (گلبرگ‌های گل مریم) به همراه ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج تریس- اسید کلریدریک ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) محتوی کلرید منیزیم ۳ میلی‌مولار و کلات سدیم (Na-EDTA) یک میلی‌مولار، در هاون چینی سرد ساییده شد. هموژنات حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس با سرعت ۵۰۰۰ دور سانتریفیوژ (Hermle Z 216 Mk, Germany) و سپس محلول رویی برای سنجش آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز استفاده گردید.

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز، از روش ایبی (۹) استفاده شد. مخلوط واکنشی شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) محتوی ۰/۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۰/۱٪ و ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره استخراجی بود. فعالیت آنزیم کاتالاز به صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر محاسبه شد. برای محاسبه میزان فعالیت این آنزیم، از

جدول ۳. تأثیر رقم و سیستم کشت بر ظرفیت فتوسنتزی گل شاخه بریده مریم (*P. tuberosa* L.)

سیستم کشت	رقم	تعداد برگ (تعداد در بوته)	سطح برگ (متر مربع در بوته)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر لیتر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر لیتر)
کشت بدون خاک	محلاتی	۶۷/۷۵±۴/۱۱†† b†	۰/۲۷۹±۰/۰۰۹ a	۱۳/۷۳±۰/۵۷ a	۴۳/۷۸±۱/۲۹ ab
	دزفولی	۹۲/۲۵±۳/۴۲ a	۰/۲۹۹±۰/۰۱۳ a	۱۴/۶۱±۰/۱۵ a	۴۳/۸۱±۰/۱۳ ab
کشت خاکی	محلاتی	۲۰/۵۰±۲/۱۷ c	۰/۱۰۲±۰/۰۱ b	۱۰/۶۶±۰/۴۶ b	۴۵/۹۱±۰/۷ a
	دزفولی	۱۸±۰/۷ c	۰/۰۶۶±۰/۰۰۳ c	۹/۶۳±۰/۴۲ b	۴۰/۰۵±۱/۹۸ b

† میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند. †† بیانگر خطای استاندارد (Mean ±SE; n=4) می‌باشد.

ضریب خاموشی (۰/۰۴۳۶ m/M.cm) و فرمول زیر استفاده گردید:

$$Units\ (mM/\min) = \frac{[dOD/(\min(slope)] \times Vol\ of\ assay\ (0.0003)}{Extinction\ coefficient\ (0.0436)} \quad [۵]$$

که dOD اختلاف پیک نمودار جذب، Min مدت زمان جذب نمونه برحسب دقیقه، Vol of assay حجم مخلوط واکنشی و Extinction coefficient ضریب خاموشی است.

سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

برای سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (Guaiacol peroxidase)، از روش اوپدیایا و همکاران (۴۲) استفاده شد. مخلوط واکنشی شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷) محتوی ۱ میلی‌لیتر گایاکول ۱٪، ۱ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۱٪ و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره استخراجی بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌صورت افزایش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۴۲۰ نانومتر محاسبه گردید. از ضریب خاموشی (۲۶/۶ m/M.cm) و فرمول زیر برای محاسبه فعالیت آنزیم استفاده شد:

$$Units\ (mM/\min) = \frac{[dOD/(\min(slope)] \times Vol\ of\ assay\ (0.0001)}{Extinction\ coefficient\ (26.6)} \quad [۶]$$

عمر گل‌جایی

جهت برآورد عمر گل‌جایی ارقام محلاتی و دزفولی گل مریم، ۸ شاخه گل از هر رقم در هر سیستم کشت (سیستم خاکی و بدون خاک) انتخاب، برداشت و بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه پس از برداشت از ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری بریده، توزین و سپس به بطری‌های شیشه‌ای حاوی ۳۵۰ میلی‌لیتر آب منتقل شدند. عمر گل‌جایی گل مریم با شمارش تعداد روز پس از برداشت تا پژمرده شدن ۵۰٪ گلچه‌ها و تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن آن‌ها در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده (شدت نور ۲۰ µmol/m^2.s، دمای ۱±۲۰ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد) مورد ارزیابی قرار گرفت (۷).

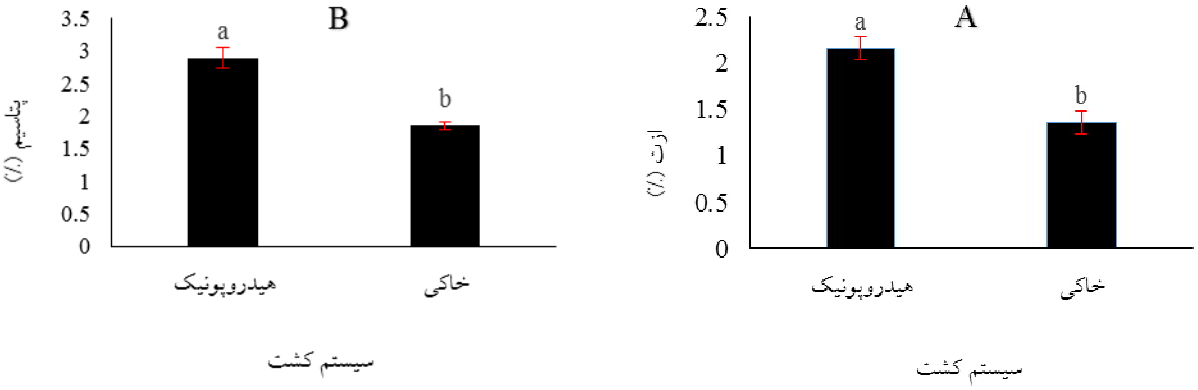
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

این تحقیق گلخانه‌ای براساس آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ظرفیت فتوسنتزی

واکنش ظرفیت فتوسنتزی یا تعداد و سطح برگ، هدایت روزنه‌ای و رنگیزه‌های فتوسنتزی گل شاخه بریده مریم بسته به تیمارهای مورد بررسی متفاوت بود. تعداد برگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، سیستم کشت و اثر متقابل رقم و سیستم کشت قرار گرفت. نتایج مقایسات میانگین بیانگر افزایش تعداد برگ در بوته در سیستم بدون خاک در هر دو رقم محلاتی و دزفولی بود؛ همچنین، بیشترین تعداد برگ (جدول ۳) در سیستم بدون خاک و رقم دزفولی مشاهده گردید.



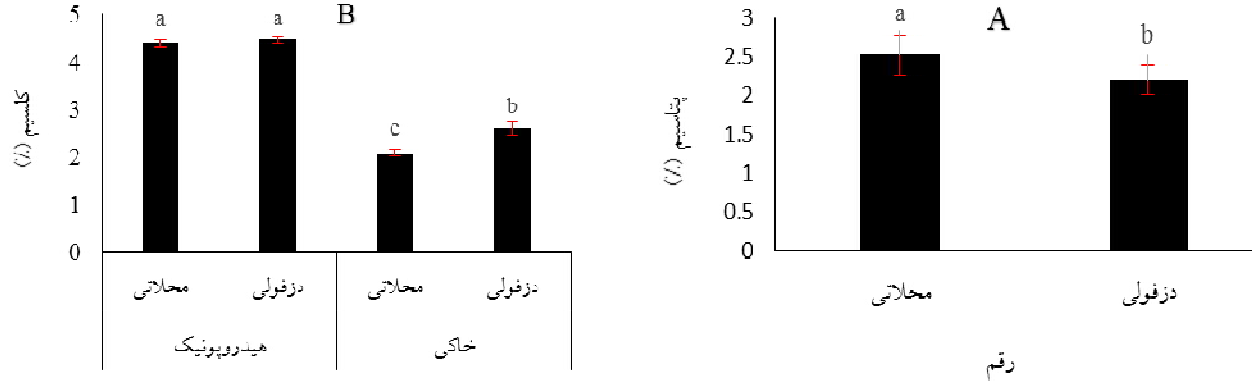
شکل ۱. تأثیر سیستم کشت بر درصد جذب نیتروژن (A) و پتاسیم (B) توسط گل شاخه بریده مریم (*P. tuberosa* L.). حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (P≤0.05) می‌باشد

سیستم کشت و اثر متقابل رقم و سیستم کشت به‌طور معنی‌داری سطح برگ را تحت تأثیر قرار دادند (P≤0.01). بر همین اساس، بیشترین سطح برگ در رقم دزفولی تحت شرایط بدون خاک مشاهده گردید (جدول ۳). در روش خاکی، رقم محلاتی سطح برگ بیشتری در مقایسه با رقم دزفولی نشان داد. هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل a تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی قرار نگرفت. در حالی که کلروفیل b تحت تأثیر سیستم کشت و اثر متقابل و کلروفیل کل نیز تحت تأثیر رقم و اثر متقابل قرار گرفتند (P≤0.05). براساس نتایج مقایسات میانگین (جدول ۳)، محتوای کلروفیل کل رقم محلاتی در کشت خاکی حدود ۵٪ بیشتر از کشت بدون خاک بود.

سیستم بدون خاک منجر به بهبود پارامترهای رشد و نموی (تعداد و سطح برگ) و افزایش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در مقایسه با بستر خاکی گردید. یکی از مهمترین مزایای سیستم بدون خاک، بهبود دسترسی گیاه به آب، عناصر غذایی و تهویه مناسب (۲۲ و ۳۸) و در نتیجه بهبود ظرفیت فتوسنتزی و پارامترهای رشد و نموی گیاهان توسعه یافته در این سیستم می‌باشد. با توجه به نتایج این آزمایش، جذب عناصر معدنی نیتروژن، کلسیم و پتاسیم (شکل‌های ۱ و ۲) در سیستم بدون خاک به‌مراتب بیشتر از سیستم خاکی بود. بنابراین، دلیل احتمالی بهبود پارامترهای رشد و نموی و ظرفیت فتوسنتزی حاصل در سیستم بدون خاک، می‌تواند بهبود جذب عناصر مذکور باشد؛ که با نتایج تحقیقات آنور و همکاران (۱۱) مبنی بر افزایش تعداد و سطح برگ کاهو و همچنین فتوسنتز خالص در کشت بدون خاک در مقایسه با کشت خاکی همخوانی دارد. همچنین، تأثیر رقم بر ظرفیت فتوسنتزی در این آزمایش نیز بیانگر تأثیر قابل توجه ژنتیک بر پارامترهای مورفولوژیک و فیزیولوژیک می‌باشد (۳۹). بر همین اساس، نیک رزم و همکاران (۸) نشان دادند که تعداد و سطح برگ گل سوسن به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم قرار گرفت. در تحقیق حاضر، تعداد و سطح برگ در رقم دزفولی افزایش ۳۶ و ۷ درصدی در سیستم بدون خاک در مقایسه با رقم محلاتی داشتند. به‌عبارتی، در سیستم خاکی، رقم محلاتی برتری نسبی در مقایسه با رقم دزفولی داشت.

جذب عناصر نیتروژن، کلسیم و پتاسیم

سیستم کشت، جذب عناصر معدنی نیتروژن، کلسیم و پتاسیم را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (P≤0.01). براساس نتایج مقایسات میانگین، مقادیر جذب نیتروژن (شکل ۱A) و پتاسیم (شکل ۱B) در کشت بدون خاک به‌ترتیب حدود ۵۹ و ۵۶ درصد بیشتر از کشت خاکی بود. همچنین، رقم تأثیر معنی‌داری بر جذب پتاسیم نشان داد (شکل ۲A)؛ به‌طوری که رقم محلاتی در مقایسه با رقم دزفولی دارای جذب پتاسیم بیشتری بود.



شکل ۲. تأثیر رقم بر جذب پتاسیم (A) و تغییرات جذب کلسیم (B) ارقام مختلف گل شاخه بریده مریم (*P. tuberosa* L.) تحت سیستم‌های کشت خاکی و بدون خاک. حروف غیر مشابه روی هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$) می‌باشد

جذب کلسیم به عنوان یکی از مهمترین عناصر تأثیرگذار در کیفیت و عمر گل‌جایی گل مریم به طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم کشت، رقم و اثر متقابل رقم و سیستم کشت قرار گرفت ($P\leq0.05$). بر همین اساس، بدون در نظر گرفتن رقم، افزایش ۸۹ درصدی جذب کلسیم در کشت بدون خاک در مقایسه با روش خاکی مشاهده گردید. با این وجود، در سیستم بدون خاک، بین ارقام از نظر جذب کلسیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. لیکن در روش خاکی، رقم دزفولی مقدار جذب بیشتری در مقایسه با محلاتی نشان داد (شکل 2B).

افزایش جذب عناصر معدنی نیتروژن، کلسیم و پتاسیم در کشت بدون خاک در مقایسه با کشت خاکی می‌تواند به‌دلیل تأثیر مستقیم سیستم کشت و بهبود قابلیت دسترسی ریشه به عناصر در سیستم بدون خاک به‌خاطر pH مناسب محلول غذایی و بستر کشت (pH= ۶/۵) و تماس مستقیم ریشه با عناصر مورد نیاز طی دوره رشد و نموی گل مریم در کشت بدون خاک باشد. کلسیم به‌عنوان یک عنصر غیرمتحرک به‌شدت تحت تأثیر وضعیت رطوبت بستر و دسترسی ریشه گیاه به آب قرار می‌گیرد (۳۱).

بر همین اساس، افزایش جذب کلسیم در سیستم بدون خاک، در مقایسه با سیستم خاکی، علاوه بر غلظت مناسب و قابلیت دسترسی و حلالیت این عنصر در بستر کشت، می‌تواند به‌دلیل بهبود وضعیت رطوبت بستر و در نتیجه افزایش جذب کلسیم در سیستم بدون خاک باشد. خلج و همکاران (۳) معتقدند که زیاد بودن ظرفیت تبادل کاتیونی در بسترهای دارای پیت، باعث افزایش ظرفیت جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی شده و شرایط مناسب برای رشد گیاه و افزایش خصوصیات کمی و کیفی گل را در پی دارد. همچنین، خصوصیات مناسب فیزیکوشیمیایی بستر موجب جذب بهتر مواد غذایی و در نتیجه کمیت و کیفیت بهتر گیاه خواهد شد (۳۱، ۳۵ و ۳۶).

پایداری غشای سلولی و محتوای پرولین برگ

براساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۴)، کشت خاکی در مقایسه با کشت بدون خاک، حدود ۸٪ و رقم محلاتی نسبت به رقم دزفولی حدود ۱۳٪ نشت الکترولیت بیشتری نشان دادند (جدول ۵). همچنین، اثر متقابل رقم و سیستم کشت بر نفوذپذیری غشای سلولی معنی‌دار نبود. اگر چه تأثیر رقم و سیستم کشت بر محتوای پرولین برگ معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین بیانگر افزایش ۵ درصدی پرولین در کشت خاکی، در مقایسه با کشت بدون خاک، بود (جدول ۴).

جدول ۴. تأثیر سیستم کشت بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa* L.)

سیستم کشت	پایداری غشای سلولی (٪)	پرولین (گرم وزن‌تر/میکروگرم)	ارتفاع ساقه گل‌دهنده (سانتی‌متر)	تعداد گلچه در ساقه	قطر گلچه میانی (میلی‌متر)	کاتالاز (میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن‌تر)	پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن‌تر)	عمر گل‌جایی (روز)
کشت بدون خاک	۵۵/۰۳±۱/۳۹ a†	۱/۱۹±۰/۰۶ a††	۱۰۵/۰۴±۱/۵۲ a	۲۷/۷۵±۰/۷۲ a	۴۳/۵۷±۰/۲۸ b	۱/۳۹±۰/۰۳ b	۱/۵۷±۰/۰۵ a	۱۱±۰/۴۲ a
کشت خاکی	۵۹/۳۷±۱/۵۴ b	۱/۲۵±۰/۰۲ a	۷۰/۰۳±۳/۰۱ b	۲۴/۳۷±۰/۴۹ b	۴۷/۲۳±۰/۳۱ a	۱/۵۱±۰/۰۵ a	۱/۳۶±۰/۰۷ b	۸/۱۲±۰/۲۹ b

جدول ۵. تأثیر رقم بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گل شاخه بریده مریم (*Polianthes tuberosa* L.)

رقم	پایداری غشای سلولی (درصد)	پرولین (گرم وزن‌تر/ میکروگرم)	ارتفاع ساقه گل‌دهنده (سانتی‌متر)	تعداد گلچه در ساقه گل‌دهنده	قطر گلچه میانی (میلی‌متر)	کاتالاز (میکرومول بردقیقه برگرم وزن‌تر)	پراکسیداز (میکرومول بر دقیقه بر گرم وزن‌تر)	عمر گل‌جایی (روز)
محلاتی	۶۰/۷۵±۰/۹۸ b	۱/۲۲±۰/۰۲ a	۸۶/۱۶±۷/۰۱ a	۲۶/۷۵±۰/۹۴ a	۴۵/۶۱±۰/۷۲ a	۱/۴۵±۰/۰۴ a	۱/۳۷±۰/۰۵ b	۹/۵±۰/۵۶ b
دزفولی	۵۳/۶۶±۱/۰۶ a	۱/۲۲±۰/۰۶ a	۸۸/۹۱±۷/۰۱ a	۲۵/۳۷±۰/۷۵ a	۴۵/۲۰±۰/۷۷ a	۱/۴۵±۰/۰۵ a	۱/۵۶±۰/۰۷ a	۱۰±۰/۸۴ a

† میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

†† بیانگر خطای استاندارد (Mean ±SEM; n=4) می‌باشد.

ارتفاع ساقه گل‌دهنده، تعداد و قطر گلچه

ارتفاع ساقه گل‌دهنده به‌عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های کیفیت گل شاخه بریده مریم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم کشت قرار گرفت ($P\leq0.01$). براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴)، طول ساقه گل‌دهنده در کشت بدون خاک حدود ۵۰٪ بیشتر از کشت خاکی بود. همچنین، تعداد و قطر گلچه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم کشت قرار گرفت ($P\leq0.01$). اثر رقم و اثر متقابل رقم و سیستم کشت بر تعداد و قطر گلچه معنی‌دار نشد. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، تعداد گلچه در کشت بدون خاک حدود ۱۴٪ بیشتر، ولی قطر گلچه‌ها حدود ۸٪ کمتر از کشت خاکی بود. خلج و همکاران (۳) بیان داشتند که تیمارهای مختلف بستر کشت، بر تعداد، قطر و ارتفاع ساقه گل‌دهنده ژربرا تأثیر معنی‌داری داشتند. با توجه به افزایش جذب عناصر غذایی در تحقیق حاضر، تأثیر سیستم کشت بر جذب عناصر غذایی (۳۱، ۳۵ و ۳۶)، بهبود ظرفیت فتوسنتزی (جدول ۳) ارتفاع ساقه گل‌دهنده و تعداد گلچه‌ها، تأثیر مستقیم سیستم کشت بدون خاک بر گل شاخه‌بریده مریم مشاهده گردید.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی، شامل فعالیت آنزیم های کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (POD)، بسته به تیمار و آنزیم روند متفاوتی نشان داد. فعالیت آنزیم کاتالاز تحت تأثیر سیستم کشت، در کشت خاکی، حدود ۱۳٪ بیشتر از سیستم بدون خاک نشان داد (جدول ۴). هر چند، فعالیت این آنزیم تحت تأثیر رقم و اثر متقابل رقم و سیستم کشت قرار نگرفت. همچنین، فعالیت آنزیم پراکسیداز به طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و نیز تحت تأثیر سیستم کشت قرار گرفت ($P\leq0.05$). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، فعالیت آنزیم پراکسیداز در رقم دزفولی، در مقایسه با رقم محلاتی، ۱۴٪ (جدول ۵) و در کشت بدون خاک، ۱۵/۴ درصد بیشتر از کشت خاکی بود (جدول ۴).

براساس نتایج آزمایش، میزان فعالیت POD در رقم دزفولی بیشتر از رقم محلاتی بود که یکی از دلایل زیادتر بودن عمر گل‌جایی در رقم دزفولی و در کشت بدون خاک می‌تواند نتیجه افزایش فعالیت آنزیم POD باشد. افزایش فعالیت آنزیم CAT در کشت خاکی می‌تواند به‌دلیل برخی محدودیت‌ها، از جمله بستر نامناسب، عدم دسترسی مداوم ریشه به آب و مواد غذایی در مقایسه با کشت بدون خاک، باشد که منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز براساس ماهیت آنتی‌اکسیدانی این آنزیم و در نتیجه افزایش فعالیت در شرایط نامناسب رشدی گردیده است. باید در نظر داشت که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی همیشه در شرایط تنش افزایش نمی‌یابد و این مسئله بستگی به نوع گیاه و شرایط رشدی دارد. علیپور و همکاران (۴) اظهار داشتند که با افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، عمر گل‌جایی گل نرگس "شهلای پرپر" افزایش یافت که بیانگر نقش این آنزیم‌ها در جلوگیری از خسارت‌های اکسیداتیو ناشی از تولید رادیکال‌های آزاد می‌باشد. به‌طور کلی، پراکسیدازها نقش جاروب پراکسید هیدروژن را بر عهده دارند که با دیواره سلولی در ارتباط بوده و ترکیبات فنوکسی را از اسید سینامیک تولید می‌کنند (۴۰).

همان‌طور که ذکر گردید، نتایج متفاوتی در بررسی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز تحت تأثیر سیستم کشت و همچنین رقم حاصل گردید، به‌طوری که بیشترین فعالیت کاتالاز در سیستم خاکی بود. لیکن، بیشترین فعالیت پراکسیداز در سیستم بدون خاک مشاهده گردید. با توجه به طیف وسیع آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گونه‌های مختلف گیاهی، آنزیم‌های متعددی علاوه بر کاتالاز و پراکسیداز از قبیل گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)، گلوتاتیون ردوکتاز (GR)، گلوتاتیون اس-ترانسفراز (GST)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و آسکوربات پراکسیداز (APX) دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (۱۳). بر همین اساس، و با توجه به اطلاعات بسیار اندک در خصوص تأثیر سیستم کشت و ارقام مختلف گل مریم بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، انجام آزمایش‌ها و تحقیقات تکمیلی، از جمله بررسی فعالیت آنزیم‌های مذکور در سیستم

کشت بدون خاک و خاکی و همچنین بررسی و مقایسه فعالیت طیف وسیع‌تری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ارقام دزفولی و محلاتی، جهت حصول نتایج دقیق‌تر اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

عمر گل‌جایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار سیستم کشت بر عمر گل‌جایی گل شاخه بریده مریم بود ($P\leq0.01$). این صفت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و اثر متقابل رقم و سیستم کشت قرار نگرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر افزایش حدود ۳۵ درصدی دوام عمر گل در سیستم بدون خاک، در مقایسه با کشت خاکی، بود (جدول ۴). همچنین، رقم دزفولی نسبت به محلاتی افزایش حدود ۵ درصدی در دوام عمر گل نشان داد (جدول ۵). عمر گل‌جایی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بازارپسندی و کیفیت گل‌های شاخه‌بریده محسوب می‌شود. پیری از فرایندهایی است که در سطح یاخته، بافت و یا اندام رخ می‌دهد و با واکنش‌های اکسیداتیو در یاخته همراه بوده که منجر به تخریب غشا، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (۴). در گل‌ها، فرایند پیری گلبرگ‌ها با تولید مداوم و سریع رادیکال‌های آزاد همراه است (۲۶). در تحقیق پیش رو، سیستم کشت بدون خاک، سبب افزایش حدود ۳۵ درصدی عمر گل‌جایی شد. افزایش عمر گل‌جایی گل مریم در تحقیق پیش رو می‌تواند به‌دلیل زیادتر بودن ظرفیت فتوسنتزی گل مریم در کشت بدون خاک باشد که سبب ساخت و ساز بیشتر کربوهیدرات‌ها شده است. علیپور و همکاران (۴) بیان کردند که کاهش نشت الکترولیت سبب افزایش عمر گل‌جایی گل نرگس "شهلای پرپر" شد که با نتایج ما مبنی بر کاهش نشت الکترولیت در کشت بدون خاک (جدول ۴) و افزایش عمر گل‌جایی در این سیستم همخوانی داشت. کاهش نشت الکترولیت نشان‌دهنده استحکام و یکپارچگی بیشتر یاخته‌ای می‌باشد (۴۱). بنابراین، به نظر می‌رسد که سیستم کشت بدون خاک با کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها و حفظ سلامت غشا، مقدار نشت الکترولیت را کاهش داده و با حفظ ساختار یاخته‌ای عمر گل‌جایی را افزایش داده است (۴). از سوی دیگر، تغذیه صحیح گل، به‌ویژه گل‌های شاخه بریده، نقش به‌سزایی در کیفیت، بخصوص طول عمر پس از برداشت، گل دارد (۷). در بین عناصر ضروری، کلسیم به‌عنوان یکی از مهمترین عناصر، نقش به‌سزایی در کنترل و تأخیر پیری گل از طریق جلوگیری از تولید اتیلن (۱۶ و ۱۷)، افزایش پایداری غشای سلولی (۲۵)، حفظ پروتئین‌های موجود در گلبرگ گل (۵) و کاهش میزان تنفس (۱۰) و در نتیجه افزایش دوام عمر گل (۳۲) دارد. کلسیم سبب افزایش دوام عمر گل مریم (۱۰)، گل رُز رقم ردگانت (۵)، آنتوریوم (۱۶) و گل ژربرا (۱۷) شد. با توجه به نتایج این آزمایش، سیستم بدون خاک به طور معنی‌داری جذب عناصر غذایی از قبیل کلسیم و پتاسیم (شکل‌های ۱ و ۲) را تحت تأثیر قرار داد. بر همین اساس، یکی از دلایل بهبود عمر گل‌جایی در این سیستم می‌تواند افزایش جذب این عناصر در سیستم مذکور و در نتیجه افزایش عمر گل‌جایی مریم باشد، که با سایر تحقیقات (۵، ۱۰، ۱۶، ۱۷ و ۳۲)، به‌ترتیب مبنی بر افزایش عمر گل‌جایی گل رُز ارقام ردگانت و ایلونا، گل آنتوریوم، گل ژربرا و مریم مطابقت و همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به روند مثبت و صعودی سطح زیر کشت و تولید گل‌های شاخه بریده به‌روش بدون خاک و همچنین نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر مثبت کشت بدون خاک بر بهبود ظرفیت فتوسنتزی، جذب عناصر غذایی و در نتیجه بهبود پارامترهای کیفیت گل، شامل ارتفاع ساقه گل‌دهنده و عمر گل‌جایی، استفاده از سیستم بدون خاک برای گل شاخه‌بریده مریم قابل توصیه می‌باشد. بر همین اساس، پرداختن به فرمولاسیون‌های مخصوص این گل، به‌ویژه برای ارقام مختلف و طی دوره‌های مختلف رشدی، جهت حداکثر کارایی کمی و کیفی گل مریم، با توجه به تحقیقات بسیار اندک در این خصوص، در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۰. جلد دوم.

۲. بنی‌جمال، س. م. ۱۳۸۸. مقایسه سیستم‌های مختلف بدون خاک و خاکی بر عملکرد رُز شاخه بریده در شرایط گلخانه‌ای. خلاصه مقالات اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه‌ای، اصفهان.

۳. خلج، م. ع.، م. امیری و م. ح. عظیمی. ۱۳۹۲. اثر بسترهای مختلف کاشت بر جذب عناصر غذایی، خصوصیات رشد و عملکرد گل ژربرا در کشت بدون خاک. نشریه علوم باغبانی ۲۷(۴): ۴۷۰-۴۷۹.

۴. علیپور، س.، ه. فرهمند، ف. نصیبی و ا. کامیاب. ۱۳۹۲. تأثیر ترکیب‌های آنتی‌اکسیدان آرجینین، سدیم نیتروپروساید، پوتریسین و پرولین بر عمر گل‌جایی، نشت یونی و فعالیت چند آنزیم گل نرگس "شهلای پرپر". علوم و فنون باغبانی ایران ۱۴(۴): ۴۱۵-۴۲۶.

۵. کلاته جاری، س.، ا. خلیقی، ف. مرادی و م. ر. فتاحی مقدم. ۱۳۸۷. اثرهای نیترات کلسیم و کلرید کلسیم بر کیفیت و عمر گل‌جایی ورد رقم ردگانت. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۹(۳): ۱۶۳-۱۷۶.

۶. نظری، ف.، ه. فرهمند، م. خوشخوی، ه. صالحی و م. نصیری. ۱۳۸۶. اثر دو شیوه کاشت سوخ بر ویژگی‌های رویشی و زایشی گل مریم. دومین همایش ملی راهکارهای بهبود تولید و توسعه صادرات گل و گیاهان زینتی ایران، صفحات ۶۶-۷۷.

۷. نظری دلجو، م. ج. ۱۳۹۰. بررسی عوامل فیزیولوژیکی مؤثر در دوام عمر و خمیدگی ساقه گل شاخه بریده ژربرا. رساله دکترای علوم باغبانی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، ۱۲۷ صفحه.

۸. نیک رزم، ر.، س. ع. اجیرلو، ا. خلیقی و س. ح. طباطبایی. ۱۳۹۰. تأثیر بسترهای مختلف بر روی رشد رویشی دو رقم گل سوسن در سیستم کشت بدون خاک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲(۶):۱-۹.

9. Aebi, H. 1984. Catalase *in vitro*. Method. Enzymol. 105: 121-126.
10. Anjum, M.A., F. Naveed, F. Shakeel and S. Amin. 2001. Effect of some chemicals on keeping quality and vase life of tuberose cut flowers. J. Res. Sci. 12: 1-7.
11. Anver, M.A.M.S., D.C. Bandra and K.R.E. Padmathilake. 2005. Comparison of carbon partitioning and photosynthetic efficiency of lettuce under hydroponics and soil cultivation. 17th Ann. Cong. PGIA.
12. Bahrehmand, S., J. Razmjoo and H. Farahmand. 2014. Effects of nano-silver and sucrose applications on cut flower longevity and quality of tuberose. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1: 67-77.
13. Cruz de Carvalho, M.H. 2008. Drought stress and reactive oxygen species. Plant Sig. Beh. 3(3): 156-165.
14. Diacono, M., A. Troccoli, G. Girone and A. Castrignamo. 2011. Field-scale variability and homogeneous zone delineation for some qualitative parameters of durum wheat semolina in Mediterranean environment. World J. Agric. Sci. 7: 286-290.
15. Eidyan, B., E. Hadavi and N. Moalemi. 2014. Pre-harvest foliar application of iron sulfate and citric acid combined with urea fertigation effects growth and vase life of tuberose "Por-Par". Hort. Environ. Biotech. 55: 9-13.
16. Fukui, R., S. Kikuchi and Y. Ichida. 2005. Vase life of imported Anthurium flowers evaluated in Japan in relation to the effects of post importation of benzyl adenine treatment. Hort. Sci. 40: 1439-1443.
17. Gerasopoulos, D. and B. Chebli. 1999. Effects of pre and postharvest calcium applications on the vase life of cut gerberas. J. Hort. Sci. Biotech. 74: 78-81.
18. Gruda, N. 2009. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? J. App. Bot. Food 82: 141-147.
19. Huang, K.L., I. Miyajima, H. Okubo, T.M. Shen and T.S. Huang. 2001. Flower colours and pigments in hybrid tuberose. Sci. Hort. 88: 235-241.
20. Ikram, S., U. Habib and N. Khalid. 2012. Effect of different potting media combinations on growth and vase life of tuberose. Pak. J. Agric. Sci. 49: 121-125.
21. Irigoyen, J.J., D.W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plants. Physiol. Plant. 84: 55-60.
22. Jones, B.J.R. 2005. Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower. Second edition, CRC Press, 423 p.
23. Jones, J.B.J.R. and V.W. Case. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. Soil Testing and Plant Analysis, 784 p.

24. Kang, H.M. and M.E. Saltiveit. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling and differentially affected by salicylic acid. Physiol. Plant. 115: 577-586.
25. Khayyat, M., A. Tehranifar, A. Akbarian, S.H. Shayestehnia and S. Khabari. 2009. Effects of calcium forms on electrolyte leakage, total nitrogen, yield and biomass production by strawberry plants under NaCl salinity. Central Eur. J. Agric. 10: 297-302.
26. Kumar, N., M. Pal, A. Singh, R.K. Sairam and G.C. Srivastava. 2010. Exogenous proline alleviates oxidative stress and increase vase life in rose. Sci. Hort. 127: 79-85.
27. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and caretnoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Method. Enzymol. 148: 350-382.
28. Lieth, J.H., S. Kim, S.H. Kim, N. Zieslin and H. Agbaria. 2001. Effects of shoot bending in relation to root media on cut flower production in roses. Acta Hort. 547: 303-310.
29. Lutts, S., J.M. Kinet and J. Bouhamont. 1996. NaCl-induced senescence leaves of rice cultivars differing in salinity resistence. Ann. Bot. 78: 389-398.
30. Manzoco, L., M. Foschia, N. Tomasi, M. Maifreni, L.D. Costa, M. Marino, G. Cortella and S. Cesco. 2011. Influence of hydroponic and soil cultivation on quality and shelf life of ready to eat lamb's lettuce. J. Sci. Food Agric. 91: 1373-1380.
31. Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition, Academic Prss, London, UK.
32. Mortazavi, N., R. Naderi, A. Khalighi, M. Babalar and H. Allizade. 2007. The effect of cytokinins and calcium on cut flower quality in Rose (*Rosa hybrida* L.) cv. Illona. J. Food Agric. Environ. 5: 311-313.
33. Nazeer, M. 2009. Estimation of irrigation water requirements and yield reduction under different soil moisture depletion levels for maize, using FAO CROPWAT model. World J. Agric. Sci. 5: 394-399.
34. Padaganur, V.G., A.N. Mokashi and V.S. Patil. 2005. Flowering, flower quality and yield of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) as influenced by vermicompost, farmyard manure and fertilizers. Karnataka J. Agric. 18: 729-734.
35. Papadopaulos, E., D. Gerasopoulos and E. Maloupa. 1996. Effect of substrate and frequency of irrigation on growth, yield and quality of *Gerbera jamesonii* Bolus cultivated in pots. Agric. Mediterr. 126: 297-302.
36. Pinamonti, F., T. Zanella and G. Zorzi. 1996. Compost and jute sacks or soilless cultivation. Inf. Agrario. 52: 47-52.
37. Putra, A. and H. Yuliando. 2015. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review. Agric. Agric. Sci. Proc. 3: 283-288.
38. Resh, H.M. 2013. Hydroponics. 7th edition, Taylor & Francis Group, CRC Press, 511 p.
39. Selma, M.V., M.C. Luna, A. Martinez Sanchez, J.A. Tudela, D. Beltran, C. Baixauli and M.I. Gil. 2012. Sensory quality, bioactive constituents and microbiological quality of green and red fresh-cut lettuces (*Lactuca sativa* L.) are influenced by soil and soilless agricultural production systems. Postharvest Biol. Tech. 63: 16-24.
40. Soares, A.M.D.S., T.F. de Souza, T. Jacinte and O.L.T. Machado. 2010. Effect of methyl jasmonate on antioxidative enzymes activities and on the contents of ROS and H_2O_2 in *Ricinus communis* leaves. Braz. J. Plant Physiol. 22(3): 151-158.
41. Song, L., W. Ding, J. Shen, Z. Zheng, Y. Bi and L. Zhang. 2008. Nitric oxide mediates absicis acid induced thermotolerance in the calluses from two ecotypes of reed under heat stress. Plant Sci. 175: 826-832.
42. Updhyaya, A., D. Sankhla, T.D. Davis, N. Sankhla and B.N. Smidth. 1985. Effect of pacloburrzol on the activities of some enzymes of activated oxygen metabolics and lipid peroxidation in senescing soybean leaves. Plant Physiol. 121: 451-463.
43. Vendrame, A.W., I. Maguire and K.K. Moore. 2005. Growth of selected bedding plants as affected by different compost percentages. Proc. Fl. State Hort. Soc. 118: 368-371.
44. Wahome, P.K., T.O. Oseni, M.T. Masarirambi and V.O. Shangwe. 2011. Effect of different hydroponics systems and growing media on the vegetative growth, yield and cut flower quality of Gypsophylla. Agric. Sci. 7: 692-698.
45. 45. Waithaka, K., M.S. Reid and L.L. Dodge. 2001. Cold storage and flower keeping quality of cut tuberose. Hort. Sci. Biotech. 76: 271-275.