

تأثیر تغذیه خاکی و محلول پاشی برگ گی بگونیا همیشه گل دار (*Begonia semperflorens*) با زیست توده سیانوباکتری اسپیرولینا

ابوالفضل جوکار^{۱*}، کاظم بشیری^۱ و محمدتقی گلمکانی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۱۰)

چکیده

بگونیا همیشه گل دار (*Begonia semperflorens*) یک گیاه زینتی درون خانه ای است که برای رشد و نمو بهینه به تغذیه مناسبی نیاز دارد. امروزه، سیانوباکتری ها به وسیله پرورش دهندگان گیاهی به عنوان یک محرک زیستی رشد مورد توجه قرار گرفته اند. یک سیانوباکتری مهم، اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) است که دارای طیف وسیعی از مواد آلی و معدنی تغذیه ای می باشد. این جلبک سبز- آبی می تواند گزینه ی جدیدی از کودهای زیستی برای کشت اُرگانیک گیاهان باشد، که نیاز به بررسی بیشتر در گیاهان مختلف دارد. در همین راستا و به منظور افزایش کیفیت و عملکرد بگونیا همیشه گل دار، پژوهشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۵ تکرار در گلخانه بخش علوم باغبانی دانشگاه شیراز انجام شد. تیمارهای اسپیرولینا به دو صورت تغذیه خاکی و محلول پاشی برگ (در غلظت های صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بررسی شدند. نتایج نشان داد که تغذیه خاکی نسبت به محلول پاشی برگ تأثیر بیشتری در بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک بگونیا دارد. تغذیه خاکی گیاهان با ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسپیرولینا، به عنوان بهترین تیمار، باعث افزایش معنی دار رشد رویشی، مقدار فسفر، پتاسیم و کلروفیل برگ و کیفیت ظاهری بگونیا همیشه گل دار نسبت به گیاهان شاهد شد. همچنین، در تیمار فوق، مقدار قند برگ ها، آنتوسیانین گلبرگ ها و تعداد گل ها نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب ۳، ۲ و ۲ برابر افزایش یافت.

کلمات کلیدی: گیاهان زینتی، کشاورزی اُرگانیک، تغذیه گیاهی، کود زیستی

مقدمه

درون خانه ای و فضای سبز این جنس در دنیا است (۲۸). این گیاه درون خانه ای زینتی پرطرفدار در برخی مناطق دنیا با داشتن مزه ترش، استفاده خوراکی نیز دارد (۱۳). با توجه به قلبایی بودن محیط کشت گلدان ها و به دنبال آن کمبود مواد غذایی در گیاهان، یافتن محلول های غذایی مناسب و تولید گیاهان با

گل بگونیا همیشه گل دار با نام علمی *Begonia semperflorens* یک گیاه همیشه سبز چندساله گل دار از خانواده Begoniaceae است (۲۷). جنس بگونیا ششمین جنس بزرگ نهان دانگان است (۷) که بگونیا همیشه گل دار یکی از مهم ترین گونه های گلدانی

۱. بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ajowkar@shirazu.ac.ir

جدول ۱. ویژگی‌های بستر کشت مورد استفاده

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (%)	سدیم (mg/kg)	pH	EC (dS/m)
۵۴	۲۷/۵	۰/۳۹	۴۴	۷	۱/۲
بافت خاک	ماده آلی (%)	روی (mg/kg)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)
لوم شنی	۲/۷۲	۶/۵۷	۱۷/۰۲	۲۳/۱۴	۱/۴۷

و همکاران (۲۶) از زیست‌توده سیانوباکتری اسپیرولینا موجود در پساب‌های پرورش ماهی به عنواد کود کشاورزی برای افزایش عملکرد سبزی‌های برگ‌ی منداب (*Eruca sativa*)، تاج خروس سه‌رنگ (*Amaranthus gangeticus*) و شلغم چینی (*Brassica rapa ssp. chinensis*) استفاده کردند. با توجه به اینکه تاکنون گزارشی در مورد کاربرد کود زیستی اسپیرولینا روی گیاهان زینتی ارائه نشده است، در پژوهش حاضر، برای اولین بار، امکان استفاده از سیانوباکتری *Spirulina platensis* به دو روش محلول‌پاشی برگ‌ی و یا تغذیه خاکی روی گیاه زینتی بگونیا همیشه گل‌دار به منظور بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک آن مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارها

قلمه‌های گیاهان بگونیا همیشه گل‌دار به طول ۲۰ سانتی‌متر به گلخانه بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز منتقل و در بستر کشت شامل خاک لوم+ خاک‌برگ (۱:۱) ریشه دار شدند (جدول ۱). پودر خشک شده جلبک اسپیرولینا از شرکت Swisse Wellness (ملبورن، استرالیا) خریداری شد. قبل از استفاده از این زیست‌توده، اجزای تشکیل دهنده آن بر اساس دستورالعمل AOAC (اتحادیه رسمی متخصصین شیمی تجزیه) آنالیز شدند (۲). مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس روش چاپمن و پرات (۶) اندازه‌گیری شد (جدول ۲). پودر

کیفیت هم برای پرورش دهندگان و هم برای بذرگیری و نگهداری ژرم‌پلاسما آنها جهت مطالعات بعدی اصلاحگران اهمیت زیادی دارد (۱۲). امروزه، استفاده از کودهای زیستی در جهان به دلیل بهبود کیفیت و عملکرد گیاهان درون‌خانه‌ای و جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست رو به گسترش است. برخی میکروارگانیسم‌ها با تثبیت نیتروژن، مواد آلی خاک را افزایش داده و رشد گیاه را تسریع می‌کنند (۲۵). سیانوباکتری‌ها یکی از تثبیت‌کننده‌های مهم نیتروژن هستند که با این پتانسیل منحصر به فرد در افزایش بهره‌وری کشاورزی کمک می‌کنند و به دلیل ترشح پلی‌ساکاریدها نقش مهمی در کاهش فرسایش خاک دارند (۵). علاوه بر آن، ماده آلی خاک را افزایش می‌دهند که باعث افزایش رشد گیاه می‌شود (۵). در یک مطالعه روی ۱۹ گونه مختلف سیانوباکتری‌های شمال ایران، شریعتمداری و همکاران (۱۸) نشان دادند که استفاده از سیانوباکتری‌ها در کشت گلدانی خیار، گوجه‌فرنگی و کدو می‌تواند رشد گیاهان را افزایش داده و جوانه‌زنی بذر آنها را تسهیل کند.

اسپیرولینا دارای طیف وسیعی از مواد مغذی شامل پروتئین‌ها، کربوهیدرات، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدن‌ها، عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف است که از آن می‌توان به عنوان کود زیستی نیز استفاده کرد (۵). مطالعات اندکی در مورد استفاده از زیست‌توده این سیانوباکتری وجود دارد و تاکنون تنها دو مورد کاربرد اسپیرولینا به عنوان کود زیستی گزارش شده است. در یک تحقیق، علی و مصطفی (۱) از این کود برای کاهش تنش شوری در کشت کنجد استفاده کردند. اخیراً ووانگ

جدول ۲. اجزای تشکیل دهنده زیست توده اسپیرولینا

پروتئین (%)	کربوهیدرات (%)	خاکستر (%)	چربی (%)	رطوبت (%)	نیتروژن (g/kg)	پتاسیم (g/kg)
۶۳/۸۰	۱۷/۲۹	۷/۰۳	۶/۴۰	۵/۴۸	۷۸	۱۶
فسفر (g/kg)	منیزیم (g/kg)	آهن (g/kg)	منگنز (mg/kg)	روی (mg/kg)	مس (mg/kg)	
۹	۴	۱/۵	۵۰	۳۰	۱۲	

بدهند. عدد ۱ معرف کمترین کیفیت و عدد ۹ معرف بیشترین کیفیت بود.

سنجش شاخص های فیزیولوژیک کلروفیل کل

برای محاسبه میزان کلروفیل کل از روش شیمیایی ساینی و همکاران (۱۶) استفاده شد. بدین منظور، میزان ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ های جوان را در هاون چینی حاوی استون ۸۰٪ به طور کامل همگن شده، سپس محلول حاصل داخل کیووت ریخته و جذب آن در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج های ۶۴۵ و ۶۶۳ اندازه گیری شد. مقدار کلروفیل (بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر) بر اساس فرمول زیر به دست آمد:

$$\text{مقدار کلروفیل کل} = \frac{20/2 (D 645) + 8/02 (D 663)}{1000} \times \frac{\text{حجم استون مصرف شده}}{\text{وزن نمونه}}$$

[۱]

که D معرف مقدار عدد اندازه گیری شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۶۴۵ و ۶۶۳ می باشد.

آنتوسیانین گلبرگ

برای تعیین میزان آنتوسیانین از روش ماجتیک و همکاران (۱۴) استفاده شد. مقدار ۱۰۰ میلی گرم گلبرگ های تازه با یک میلی

اسپیرولینا در آب حل و غلظت های صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر از آن تهیه شد. تغذیه گیاهان با کود زیستی به مدت شش ماه و هر دو هفته یکبار به دو روش افزودن به خاک و محلول پاشی برگی انجام شد. در محلول پاشی برگی، از چند قطره مویان برای جذب سطحی بهتر استفاده شد. همچنین، بستر کشت با پلاستیک پوشیده شد تا از تماس کود با بستر ممانعت شود. گیاهان شاهد با آب مقطر محلول پاشی شدند. در کاربرد تغذیه خاکی، به ازای هر گلدان، ۲۰۰ میلی لیتر از محلول کودی استفاده شد. شرایط گلخانه با دمای روز/شب ۱۸/۲۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰٪ داده برداری بعد از گذشت چهار ماه از تغذیه گیاهان با کود زیستی اسپیرولینا انجام گرفت. تیمارها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

سنجش شاخص های مورفولوژیک

برای محاسبه وزن تر و خشک شاخساره و ریشه از ترازوی حساس و خشک کردن در آون، طول ساقه از خط کش، قطر ساقه از کولیس و برای سطح برگ از دستگاه Leaf area meter (ساخت کشور انگلستان) استفاده شد. شمارش تعداد گل از ظهور اولین گل تا پایان داده برداری انجام شد.

برای محاسبه کیفیت ظاهری از روش ماریچو و همکاران (۱۷) استفاده شد. بدین صورت که از افراد مختلف (با سن ۲۴ تا ۲۸ سال) دعوت شد تا به گیاهان از اعداد ۱ تا ۹ امتیاز

اندازه‌گیری و با استفاده از منحنی‌های استاندارد محاسبه شد. برای تعیین میزان فسفر شاخساره، یک گرم نمونه خشک شده برگ در کروسیل توزین و به کوره منتقل شد. پس از خروج نمونه‌ها از کوره، به هر کروسیل ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال افزوده شد و پس از عبور از صافی به درون یک بالن ژوژه منتقل و با آب مقطر در حال جوش، حجم عصاره به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. اندازه‌گیری غلظت عنصر فسفر موجود در عصاره برگ براساس روش آبی (۲۴) انجام شد.

این پژوهش به صورت طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار انجام گرفت. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود اسپیرولینا بر میزان طول ساقه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۳). در تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغذیه خاکی، بیشترین طول ساقه گیاه (با میانگین ۶۰ سانتی‌متر) به دست آمد که با کاربرد برگی در همان غلظت اختلاف معنی‌داری نداشت. سایر تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در میزان طول ساقه نسبت به شاهد نداشتند (جدول ۴). بنرچی و همکاران (۳) نشان دادند که استفاده از زیست‌توده سیانوباکتری در مزارع برنج و خردل، ارتفاع گیاهان را افزایش می‌دهد. همچنین، ووانگ و همکاران (۲۶) اخیراً با کاربرد زیست‌توده اسپیرولینا به غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تغذیه خاکی سبزی‌های برگی منداب و تاج خروس سهرنگ به ترتیب ۵۸٪ و ۵۵٪ افزایش در ارتفاع گیاهان را مشاهده کردند که به‌طور مشابه، در تحقیق حاضر، تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کاربرد خاکی این کود زیستی در بگونیا ۴۵٪ افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳) و نتایج تحقیق حاضر با نتایج فوق همخوانی دارد (جدول ۴).

با افزایش غلظت کود اسپیرولینا، وزن تر شاخساره بگونیا افزایش یافت (جدول ۴).

لیتر متانول حاوی ۱٪ HCl (v/v) ساییده و روی شیکر ۱۵۰ دور در ثانیه به مدت یک شب در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس عصاره در دستگاه سانتریفیوژ با ۱۰۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. با استفاده از اسپکترومتر و رابطه ۲، میزان آنتوسیانین بر حسب میلی‌گرم در لیتر مشخص شد:

$$\text{Anthocyanin content} = A_{530} - \times 0.25 A_{620} \quad [2]$$

میزان قند کل برگ

میزان قند کل برگ به کمک روش فاکس و همکاران (۹) تعیین شد. مقدار ۱ گرم از برگ خشک شده در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ در لوله فالکون ریخته و در ۱۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس فاز رویی جدا و فاز پایینی بار دیگر با ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ مخلوط و سانتریفیوژ شد. مجدداً فاز رویی جدا و با فاز رویی قبلی مخلوط گردید. مقدار ۲۵ میکرولیتر از عصاره به ۲۵ میکرولیتر فنل ۵٪ اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه در دور کم هم زده شد و روی یخ گذاشته تا سرد شود. سپس، ۱۲۵ میکرولیتر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه به هم زده شد و روی آب گرم به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت و سپس روی یخ گذاشته شد تا سرد شود. سپس، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکترومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر خوانده شد.

عناصر غذایی

برای محاسبه میزان پتاسیم شاخساره، از روش چاپمن و پرات (۶) استفاده شد. یک گرم نمونه خشک شده از شاخساره گیاه وزن شد و کروسیل نمونه‌ها به کوره منتقل شد. پس از خروج نمونه‌ها از کوره، به هر کروسیل ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال افزوده شد و پس از عبور از صافی به درون یک بالن ژوژه ریخته شد و با آب مقطر در حال جوش حجم عصاره به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. میزان عناصر پتاسیم و سدیم عصاره‌ها با استفاده از دستگاه فلیم‌فتمتر (مدل Jenway ساخت انگلستان)

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر کود زیستی (*Spirulina platensis*) بر شاخص های مورفوفیزیولوژیک بگونیا همیشه گل دار (*Begonia semperflorens*)

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
کیفیت ظاهری	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک شاخساره	وزن تر شاخساره	قطر ساقه	طول ساقه	ضریب تغییرات (%)		
۳/۶**	۰/۵۹*	۳۱/۳۱**	۱۰/۵۵**	۳۵۵۶/۵۹**	۰/۹۳ ^{ns}	۱۶۳/۰۷*	۸	تیمار	
۰/۹۲	۰/۲۳	۱/۷۶	۳/۲۳	۴۱۹/۳۶	۱/۳۱	۶۲/۲	۳۶	خطا	
۱۶	۸/۲۲	۸/۴۹	۸/۳۷	۱۷/۹۳	۱۸/۲۸	۱۶/۸۵		ضریب تغییرات (%)	

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
فسفر شاخساره	پتاسیم شاخساره	آنتوسیانین گلبرگ	قند شاخساره	کلروفیل کل	تعداد گل	سطح برگ	ضریب تغییرات (%)		
۰/۱**	۶۹۶۲۷/۵۵**	۰/۱۹**	۱۱۲۳۸/۸۷**	۰/۰۰۵*	۳۱۵/۸۷**	۴۵۶/۴۲ ^{ns}	۸	تیمار	
۰/۰۰۰۱	۹۹/۹۶	۰/۰۲	۶۷۲/۴	۰/۰۰۱	۲۰/۴	۴۲۷/۲۵	۳۶	خطا	
۱/۲۹	۱/۶۹	۱۶/۸۱	۱۳/۶۳	۱۷/۸۴	۶/۷۷	۲۰/۴۳		ضریب تغییرات (%)	

**،* و ns به ترتیب معنی دار در سطوح ۱٪، ۵٪ و بدون اختلاف معنی دار

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر کود زیستی (*Spirulina platensis*) بر صفات اندازه گیری شده بگونیا همیشه گل دار (*Begonia semperflorens*)

محلول پاشی برگی (mg/L)				تغذیه خاکی (mg/L)				شاهد	صفت اندازه گیری شده
۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰		
۵۰ab	۴۴b	۴۲/۸b	۴۴/۶b	۶۰a	۴۴b	۴۴/۸b	۴۹/۴b	۴۱/۴b	طول ساقه (cm)
۱۱۳cb	۱۰۳/۶c	۹۴c	۹۵c	۱۶۷a	۱۳۸/۶b	۱۳۳b	۹۶/۲c	۸۷c	وزن تر شاخساره (g)
۲۱/۵bc	۲۰/۳۳bc	۲۰/۰۷bc	۲۱/۳۹bc	۲۴/۶۷a	۲۲/۲۷b	۲۱/۶bc	۲۱/۷۷bc	۱۹/۷۹c	وزن خشک شاخساره (g)
۱۴/۶۹c-e	۱۵/۰۵c-e	۱۵/۷۴bc	۱۳/۶۴de	۲۱/۶۶a	۱۶/۹۳b	۱۴/۳۶c-e	۱۵/۱۳cd	۱۳/۳۹e	وزن تر ریشه (g)
۶/۲۶ab	۵/۶۷bc	۵/۹۲a-c	۵/۶۶bc	۶/۴a	۶/۲۲ab	۶/۰۱a-c	۵/۴۷c	۵/۵c	وزن خشک ریشه (g)
۶/۹۴c	۴/۵۴e	۴/۶۳e	۴/۵۲e	۷/۹۹a	۷/۷۵b	۵/۳۷d	۶/۹۴c	۴/۱۱f	پتاسیم شاخساره (%)
۰/۷۴c	۰/۶۵e	۰/۷۴c	۰/۴۵f	۰/۹۹a	۰/۸۴b	۰/۷۱d	۰/۷۳cd	۰/۳۹g	فسفر شاخساره (%)
۰/۲۷۲ab	۰/۲۶۸ab	۰/۲۱۵a-c	۰/۲۱bc	۰/۲۸۱a	۰/۲۳۲ab	۰/۱۶۴c	۰/۲۰۷bc	۰/۱۶۲c	کلروفیل کل (mg Chl/ g f.w.)
۲۲۶/۱۱bc	۲۱۰/۱۱bc	۱۴۴/۸e	۱۵۹/۳۹de	۲۹۱/۱۴a	۲۴۷/۸۸ab	۱۹۳/۴cd	۱۴۷/۹۶e	۹۰/۳۸f	قند برگ (mg/g d.w.)
۰/۸۲b	۰/۶۲bc	۰/۸۴b	۰/۸۳b	۱/۲۹a	۱/۲a	۰/۶bc	۰/۸b	۰/۵۶c	آنتوسیانین گلبرگ (mg/L)
۶۸b-d	۶۳/۶۶d	۶۵/۶۶d	۶۳d	۸۱/۳۳a	۷۳/۶۶a-c	۷۴ab	۶۶cd	۴۴/۳۳e	تعداد گل
۶/۸bc	۵/۶cd	۶b-d	۵/۴d	۷/۴a	۷ab	۵/۲d	۵/۴d	۵/۲d	کیفیت ظاهری

در هر ردیف، اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون LSD تفاوت معنی داری ندارند

می‌تواند دلیلی بر افزایش مقدار این عناصر در بگونیا باشد (جدول ۴). همچنین، افزایش رشد و سطح جذب ریشه می‌تواند جذب عناصر مختلف، از جمله فسفر و پتاسیم، را در گیاه بگونیا افزایش دهد. در مطالعه‌ای دیگر، کاربرد مایه تلقیحی اسپیرولینا روی گیاه گندم نشان داد که علاوه بر افزایش شاخص‌های رشد، میزان عناصر گیاهی چون فسفر و پتاسیم نیز افزایش یافت (۱۰). نتایج تحقیق حاضر روی گیاه بگونیا، علی‌رغم استفاده از زیست‌توده اسپیرولینا، با نتایج تحقیقات فوق همراستا است (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود اسپیرولینا بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۳). کمترین میزان کلروفیل در تیمار شاهد مشاهده شد و کود زیستی اسپیرولینا توانست میزان کلروفیل گیاه بگونیا همیشه گل‌دار را افزایش دهد (جدول ۴). با افزایش غلظت زیست‌توده اسپیرولینا، میزان کلروفیل گیاه روند افزایشی نشان داد. اگرچه بیشترین میزان کلروفیل در تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغذیه خاکی با میانگین $281 \text{ mg Chl/g f.w.}$ به دست آمد، اما تفاوت معنی‌داری با تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغذیه خاکی و تیمارهای ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی برگی نداشت (جدول ۴). منیزیم، عنصری کلیدی در ساختار کلروفیل بوده و میزان فتوسنتز گیاه افزایش را می‌دهد (۱۱). به دلیل اینکه اسپیرولینا مقادیر قابل توجهی منیزیم و آهن دارد (جدول ۲) (۸، ۲۰ و ۲۶)، کاربرد این کود زیستی می‌تواند مقدار کلروفیل بگونیا را افزایش دهد (جدول ۴). پتاسیم، عنصر مهم دیگر در فتوسنتز گیاهان است که کود اسپیرولینا با داشتن مقادیر قابل توجه از آن (جدول ۲)، باعث جذب بیشتر این عنصر ضروری و افزایش فتوسنتز و رشد بگونیا شده است (جدول ۴). دلیل دیگر افزایش میزان کلروفیل بگونیا می‌تواند ناشی از هورمون‌های گیاهی موجود در زیست‌توده اسپیرولینا باشد که رشد برگ‌ها را تحریک می‌کنند (۲۱). همچنین، در تحقیقی روی گیاهان منداب و شلغم چینی نیز کاربرد خاکی زیست‌توده اسپیرولینا مقدار کلروفیل گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد

و تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغذیه خاکی، حداکثر وزن تر و خشک شاخساره، به ترتیب با میانگین ۱۶۷ گرم و $24/67$ گرم، را ایجاد کرد که از نظر آماری نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد. همچنین، غلظت‌های زیاد اسپیرولینا، میزان وزن تر ریشه را افزایش داد (جدول ۴). بیشترین میزان وزن تر ریشه در تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغذیه خاکی (با میانگین $21/66$ گرم) به دست آمد که نسبت به سایر تیمارها افزایش معنی‌داری نشان داد. از سوی دیگر، روند افزایشی در وزن خشک ریشه با افزایش غلظت تیمارهای تغذیه خاکی مشاهده شد و تغذیه خاکی اسپیرولینا نسبت به محلول‌پاشی برگی اثر بیشتری بر میزان وزن خشک ریشه داشت. تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغذیه خاکی حداکثر وزن تر ریشه (با میانگین $6/4$ گرم) را ایجاد کرد. این افزایش در کاربرد خاکی نسبت به محلول‌پاشی برگی بیشتر مشهود بود. با افزایش رشد شاخساره، میزان فتوسنتز گیاه زیاد می‌شود و میزان بیشتری کربوهیدرات در گیاه تولید و به سمت ریشه‌ها منتقل می‌گردد. بنابراین، یکی از دلایل افزایش میزان رشد ریشه بگونیا ممکن است رشد بیشتر شاخساره باشد. به‌طور کلی، عناصر غذایی موجود در زیست‌توده اسپیرولینا، بخصوص نیتروژن، می‌تواند در افزایش وزن گیاه بگونیا مؤثر باشد (جدول ۲). در تحقیقی توسط ووانگ و همکاران (۲۶)، تغذیه خاکی گیاهان شلغم چینی، منداب و تاج‌خروس سه‌رنگ با کود اسپیرولینا، افزایش معنی‌داری در وزن تر و خشک گیاهان مشاهده شد که وزن گیاهان تاج‌خروس سه‌رنگ بیش از دو برابر افزایش پیدا کرد. افزایش وزن تر و خشک گیاهان بگونیا در پژوهش حاضر با مطالعات این محققین مطابقت دارد (جدول ۳).

کود سیانوباکتری اسپیرولینا در سطح احتمال ۱٪ اثر معنی‌داری بر میزان فسفر و پتاسیم شاخساره داشت. تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تغذیه خاکی بیشترین میزان پتاسیم و فسفر برگ را نشان داد و کمترین میزان فسفر و پتاسیم شاخساره مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). اسپیرولینا منبع غنی از فسفر و پتاسیم است (۸، ۲۰ و ۲۶) و کاربرد این کود زیستی

گل دارد، به طوری که میانگین تعداد گل تیمار ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغذیه خاکی نسبت به تیمار ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر محلول پاشی برگ‌گی بیشتر است. حداقل تعداد گل (با میانگین ۴۴/۳۳ گل) در تیمار شاهد مشاهده شد. حداکثر تعداد گل (با میانگین ۸۱/۳۳) در تیمار ۴۰۰۰ میلی گرم بر لیتر تغذیه خاکی به دست آمد که اختلاف معنی داری با تیمارهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغذیه خاکی نداشت (جدول ۴). افزایش تعداد گل بگونیا می‌تواند به دلیل دریافت قند بیشتر ناشی از مقدار کلروفیل و فتوسنتز افزایش یافته گیاه باشد، زیرا نقاط تولید گل به عنوان جایگاه مصرف انرژی گیاه، میزان قند بیشتری به سمت خود جذب می‌کنند (۴). همچنین، افزایش تعداد گل در بگونیا می‌تواند ناشی از مقادیر قابل توجه عناصر غذایی موجود در کود اسپیرولینا، بخصوص فسفر، باشد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود اسپیرولینا بر کیفیت ظاهری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است (جدول ۳). غلظت زیاد کود زیستی اسپیرولینا، کیفیت ظاهری را بهبود داد و تیمار ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغذیه خاکی (با میانگین ۷/۴) حداکثر کیفیت ظاهری را نشان داد (جدول ۴). نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغذیه خاکی به دلیل افزایش میزان پرآوری شاخساره، میزان کلروفیل برگ، تعداد گل و آنتوسیانین گل‌ها، در مجموع کیفیت ظاهری گیاه بگونیا همیشه گل‌دار را بهبود بخشیده است (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با توجه به نتایج به دست آمده، تغذیه گیاهان بگونیا همیشه گل‌دار با کود زیستی اسپیرولینا باعث بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک آنها شد. تغذیه خاکی و با غلظت زیاد اسپیرولینا نسبت به محلول پاشی برگ‌گی و غلظت‌های کمتر آن، تأثیر بیشتری در بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک بگونیا داشت. در همه صفات اندازه‌گیری شده، کاربرد تغذیه خاکی ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر باعث افزایش معنی دار شاخص‌ها نسبت به تیمار شاهد شد. استفاده از کود زیستی *Spirulina platensis*

(۲۶). نتایج مطالعه حاضر در بگونیا همسو با یافته‌های محققین قبلی است (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود اسپیرولینا بر میزان قند شاخساره در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش غلظت تیمارهای تغذیه خاکی، میزان قند شاخساره افزایش می‌یابد (جدول ۴). کمترین میزان قند (با میانگین ۹۰/۳۸ میلی گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار شاهد مشاهده شد. در تیمار ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغذیه خاکی، بیشترین میزان قند شاخساره (با میانگین ۲۹۱/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن خشک) به دست آمد که نسبت به شاهد افزایش بیش از ۳ برابری نشان می‌دهد (جدول ۴). کود زیستی اسپیرولینا، از طریق افزایش کلروفیل بگونیا، میزان فتوسنتز گیاه را افزایش داده است. محصول عمده فتوسنتز در اکثر گیاهان قند ساکارز است که از راه آوند آبکش از برگ به ریشه‌ها، گل‌ها، بذرها و غده‌ها منتقل می‌شود و امکان رشد و نمو گیاه را فراهم می‌سازد (۱۵، ۱۹ و ۲۳).

کود زیستی اسپیرولینا اثر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر میزان آنتوسیانین گلبرگ داشت (جدول ۳). تیمار ۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغذیه خاکی، با میانگین ۱/۲۹ میلی گرم در لیتر، افزایش دو برابری میزان آنتوسیانین را نسبت به تیمار شاهد نشان داد، اگرچه از نظر آماری با تیمار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر تغذیه خاکی اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۴). با توجه به اینکه در تحقیق حاضر، کاربرد اسپیرولینا میزان قند بگونیا را افزایش داد و با در نظر داشتن این نکته که قند گلیکوزید جزء مهمی از ساختار آنتوسیانین‌ها است، می‌توان دلیل افزایش میزان آنتوسیانین گلبرگ بگونیا را به افزایش قند گیاه نسبت داد. تحقیقات مشابه به وسیله محققین دیگر نیز نشان داد که افزایش میزان قند گیاه باعث افزایش آنتوسیانین آنها می‌شود (۲۲ و ۲۹).

اثر اسپیرولینا بر تعداد گل در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است (جدول ۳). جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که غلظت زیاد کود اسپیرولینا بر افزایش تعداد گل مؤثر است و کاربرد تغذیه خاکی نسبت به محلول پاشی برگ‌گی اثر بیشتری بر تعداد

به صورت تغذیه خاکی می‌تواند به‌وسیله پرورش‌دهندگان گیاهان بگونئیای همیشه گل‌دار مد نظر قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Ali, L.K.M. and S.S.M. Mostafa. 2009. Evaluation of potassium humate and *Spirulina platensis* as bio-organic fertilizer for sesame plants grown under salinity stress. Egypt. J. Agric. Res. 87(1): 369-388.
2. AOAC. 1997. Official methods of analysis of AOAC International. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
3. Banerjee, M., A. Sharma and T. Thomas. 1997. Potential use of lake cyanobacterial biomass as fertilizer for the cultivation of food crops. World J. Microb. Biotech. 13: 595-596.
4. Bernier, G., A. Havelange, C. Houssa, A. Petitjean and P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. Plant Cell. 5: 1147-1155.
5. Bhowmik, D., J. Dubey and S. Mehra. 2010. Evaluating potential of spirulina as inoculant for pulses. Acad. J. Plant Sci. 3(4): 161-164.
6. Chapman, H.D. and D.F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. Univ. Calif. Agric. Sci., pp. 60-62.
7. David, G.F. 2004. History and concepts of big plant genera. Taxon. 53(3): 753-776.
8. Falquet, J. 1997. The nutritional aspects of spirulina. Antenna Technologies, 25 p.
9. Fox, J.D. and J.F. Robyt. 1991. Miniaturization of three carbohydrate analyses using a microsample plate reader. Anal. Biochem. 195: 93-96.
10. Ghallab, A.M. and S.A. Salem. 2001. Effect of biofertilizer treatments on growth, chemical composition and productivity of wheat plants grown under different levels of N P K fertilization. Ann. Agric. Sci. 46: 485-509.
11. Haukioja, E., V. Ossipov, J. Koricheva, T. Honkanen, S. Karsson and K. Lempa. 1998. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: Cause of variable responses of woody plants to fertilization. Chemoecol. 8: 133-139.
12. Jeong, K.Y., C.C. Pasian, M. McMahon and D. Tay. 2010. Response of six begonia species to fertilizer concentration and substrate pH. Open Hort. J. 3: 36-46.
13. Laferrière, J. E. 1990. On the edibility of begonias. Begonian, pp. 57-175.
14. Majetic, C.J., R.A. Raguso and T.L. Ashman. 2009. The sweet smell of success: Floral scent affects pollinator attraction and seed fitness in *Hesperis matronalis*. Func. Ecol. 23: 480-487.
15. Rolland, F., B. Moore and J. Sheen. 2002. Sugar sensing and signaling in plants. Plant Cell. 14: 185-205.
16. Saini, R.S., K.D. Sharme, O.P. Dhankhar and R.A. Kaushik. 2001. Laboratory manual of analytical techniques in horticulture. Agrobios, New Delhi, pp. 49-50.
17. Sarmiento, M.J. and J.S. Kuehny. 2003. Efficacy of paclobutrazol and gibberellin on growth and flowering of three *Curcuma* species. HortTech. 13(3): 493-496.
18. Shariatmadari, Z., H. Riahi and S. Shokravi. 2011. Study of soil blue-green algae and their effect on seed germination and plant growth of vegetable crops. Rostaniha 12(2): 101-110. (In Persian).
19. Smeeckens, S. 2000. Sugar-induced signal transduction in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51: 49-81.
20. Sotiroidis, T.G. and G.T. Sotiroidis. 2013. Health aspects of *Spirulina (Arthrospira)* microalga food supplement. J. Serb. Chem. Soc. 78(3): 395-405.
21. Tarakhovskaya, E.R., Y.I. Maslov and M. F. Shishova. 2007. Phytohormones in Algae. Russ. J. Plant Physiol. 54(2): 163-170.
22. Vitrac, X., F. Larronde, S. Krisa, A. Decendit, G. Deffieux and J.M. Mérillon. 2007. Sugar sensing and Ca²⁺-calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. Phytochem. 53(6): 659-665.
23. Wanyoko, J.K. 1983. Fertilizer on tea: Nitrogen-a review. Tea 4: 28-35.
24. Watanabe, F. and O. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 29: 677-678.
25. Wu, S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li and K.C. Cheung. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
26. Wuang, S.C. M.C. Khin, P.Q.D. Chua and Y.D. Luo. 2016. Use of Spirulina biomass produced from treatment of aquaculture wastewater as agricultural fertilizers. Algal Res. 15: 59-64.

27. Zhang, K.M., Z. Li, Y. Li, Y.H. Li, D.Z. Kong and R.H. Wu. 2013. Carbohydrate accumulation may be the proximate trigger of anthocyanin biosynthesis under autumn conditions in *Begonia semperflorens*. Plant Biol. 15(6): 991-1000.
28. Zhang, K.M., X.M. Wang, J.X. Cui, J.O. Ogwen, K. Shi, Y.H. Zhou and J.Q. Yu. 2011. Characteristics of gas exchange and chlorophyll fluorescence in red and green leaves of *Begonia semperflorens*. Biol. Plant. 55(2): 361-364.
29. Zheng, R., Y. Wu and Y. Xia. 2012. Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of *Lilium* Oriental hybrids 'Sorbonne'. Biomed. Biotech. 13(2): 136-144.