رابطه خاک و گیاه / سال دوازدهم / شماره اول / بهار ۱۴۰۰ / صفحات ۴۸-۳۵
مقاله پژوهشی

بررسی اثر کمپوست آزولا و اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های رویشی و گلدهی نرگس (*Narcissus jonquilla* cv. German)

معصومه محمدی[۱]، مهناز کریمی* و حسین مرادی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۳۰)

چکیده

آزولا در سطح تالاب‌ها و آبگیرهای شمال کشور از رشد خوبی برخوردار بوده و می‌تواند به‌عنوان منبع تهیه کمپوست و یک کود آلی در دسترس مورد استفاده قرار گیرد. به‌منظور بررسی امکان استفاده از کمپوست آزولا در تلفیق با اسید هیومیک در پرورش گل نرگس، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول کمپوست آزولا (با نسبت‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد حجمی جایگزین با پیت ماس در تیمار شاهد) و فاکتور دوم اسید هیومیک (۰، ۲۵۰، ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. پیت + پرلیت (با نسبت حجمی ۲ به ۱) به‌عنوان بستر شاهد استفاده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده اثر برهمکنش کمپوست و اسید هیومیک بر بیشتر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. به‌طوری که بیش‌ترین ارتفاع ساقه گل‌دهنده با ۲۴/۰۳ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار کمپوست ۲۵٪ + ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک ثبت شد. بیش‌ترین محتوای آنتوسیانین گلبرگ در کمپوست ۱۰۰٪ + ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد. میزان عنصر نیتروژن و کلسیم برگ در تیمار کمپوست ۲۵٪ + ۵۰۰ اسید هیومیک بیشترین بود. در تیمار کمپوست ۷۵٪ + ۵۰۰ اسید هیومیک، غلظت عنصر فسفر و پتاسیم در مقایسه با شاهد افزایش نشان داد. نتیجه پژوهش حاضر نشان داد استفاده از بستر کشت حاوی کمپوست آزولا به همراه اسید هیومیک در بهبود صفات کمّی و کیفی گل نرگس موثر واقع می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، بستر کشت، تغذیه، سوخ، گلدهی

مقدمه

نرگس (*Narcissus* spp.) گیاهی چند ساله و سوخوار از تیره آماریلیداسه است (۱۷). گونه‌ها و رقم‌های مختلف نرگس به‌صورت گل بریدنی، باغچه‌ای و گلدانی استفاده می‌شوند (۱۵). آزولا (*Azolla pinnata*) یک سرخس آبزی بوده و معمولاً در آب شالیزارها و نهرها یافت می‌شود (۳۳). آزولا منبع بسیار مهمی از عناصر مورد نیاز گیاهان مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (۱۰) و به‌عنوان یک کود بیولوژیک هنگامی که به کمپوست تبدیل شود، می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد گیاه مفید واقع شود (۲۱). این گیاه به‌صورت گسترده در مزارع کشورهای شرق و جنوب آسیا استفاده می‌شود (۲۱).

در پژوهشی، کمپوست آزولا (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰درصد حجمی)، جایگزین پیت-پرلیت-ماسه (۱:۱:۱) شد. در این پژوهش جایگزینی سطوح کمپوست آزولا در بستر

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: karimi@sanru.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]

کشت گیاه زینتی پدیلانتوس اثر مثبتی بر تعداد برگ، طول جوانه، وزن تازه ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تازه و خشک ریشه نسبت به شاهد داشت (۴۷). با توجه به نتایج پژوهش رفعتی و همکاران (۲۰۱۹)، کمپوست آزولا بیش‌ترین تأثیر را در بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک و در نهایت رشد درخت صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltoides*) داشت. نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد کمپوست آزولا در بستر کشت فیکوس بنجامین برخی از ویژگی‌های رشدی مانند ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک برگ و رنگ برگ گیاه را در مقایسه با بسترهای مورد آزمایش ارتقا داد (۱۳ و ۳۵). در پژوهشی کمپوست آزولا به‌عنوان بستر کاشت مناسب بنفشه آفریقایی معرفی شد (۴۹).

اسید هیومیک ترکیب پلیمری طبیعی است که می تواند به‌صورت مستقیم (به‌عنوان ترکیب شبه هورمونی اکسین و سایتوکینین) و یا غیرمستقیم باعث افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه شود (۴۳ و ۴۴). در پژوهشی کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش رشد رویشی، تسریع در گلدهی، افزایش قطر و تعداد کورم در گلایول شد (۱۶). کاربرد اسید هیومیک در شمعدانی و سینداپسوس منجر به بهبود صفات رشدی گیاهان مذکور شد (۱). مشاهیری و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند کاربرد اسید هیومیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ظهور ساقهٔ گل‌دهنده، زمان گلدهی، قطر گل، کلروفیل و کاروتنوئید را در گل نرگس بهبود بخشید. هدف از پژوهش حاضر بررسی ویژگی‌های رویشی، زایشی و بیوشیمیایی گل نرگس در بستر کمپوست آزولا به همراه کود آلی اسید هیومیک بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی نقش کمپوست آزولا و اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشدی و زایشی گل نرگس، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار (در هر تکرار ۳ گیاه) انجام شد. فاکتور اول کمپوست آزولا (با نسبت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد حجمی جایگزین پیت ماس در تیمار شاهد) و فاکتور دوم اسید هیومیک (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. ترکیب پیت ماس ۷۵ درصد + ۲۵ درصد پرلیت به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. پیت ماس برند نورد اگری تولید کشور لتونی و پرلیت با دانه‌بندی ۳-۵ میلی‌متر استفاده شد.

برای تهیه کمپوست آزولا ابتدا سرخس‌های آزولا (*Azolla pinnata*) از مزارع کشاورزی آمل جمع‌آوری شده و ۳ بار با آب مقطر شسته شد. در ادامه گیاهان جمع‌آوری شده حدود پنج ساعت در معرض آفتاب قرار گرفت تا ۵۰ درصد وزن اولیه آن کاهش پیدا کند. سپس آزولاها در یک گلدان پلاستیکی بزرگ مشکی ریخته شد. به‌ازای هر ۲ کیلوگرم آزولا، ۲۵۰ میلی‌لیتر ملاس چغندر افزوده شد. گلدان ها با یک نایلون مشکی پوشانده شد و دماسنجی در درون آن‌ها قرار داده شد. با افزایش دما به ۶۰ تا ۷۰ درجه سلسیوس که به‌صورت طبیعی صورت گرفت، ترکیب درون گلدان به گلدان دیگری منتقل می‌شدند و هوادهی صورت می‌گرفت. هوادهی تا یک هفته ادامه داشت. در پایان هفته ترکیب حاصل در برابر آفتاب قرار گرفت تا کاملاً خشک شوند. ترکیب حاصل به ذراتی به اندازه ۲ میلی‌متر خرد شد و کمپوست پس از گذشت حدود۴۰ روز آماده شد (۳۳) و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کمپوست اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

پس از تهیه بستر، سوخ‌های سالم و هم اندازه نرگس رقم ژرمن (*Narcissus jonquilla* cv. German) به‌مدت پنج دقیقه در محلول قارچ‌کش غوطه‌ور شدند. سوخ‌ها در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۰ سانتی‌متر در بسترهای مورد نظر کشت شدند. گیاهان در گلخانه‌ای با میانگین دمای ۲± ۲۲ درجه سلسیوس، نور میانگین و رطوبت نسبی ۷۵-۶۵ درصد نگهداری شدند. در مرحله رشد رویشی تیمار اسید هیومیک به‌صورت ۴ مرحله از زمانی که برگ‌ها به رشد رویشی کامل رسیدند انجام شد. هر ۱۵ روز یکبار به‌صورت کود آبیاری تا زمان گلدهی اعمال شد. هر گلدان به میزان تقریبی ۲۵ میلی‌لیتر محلول کودی دریافت کرد. زمانی که سطح بستر کشت خشک می‌شد آبیاری صورت می‌گرفت. پس از شکوفایی اولین غنچه در هر گل‌آذین، صفاتی شامل تعداد برگ، طول برگ، ارتفاع ساقه گل، طول ریشه، وزن تازه

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی بسترهای کاشت مورد استفاده در آزمایش شامل نیتروژن کل (TN)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، سدیم (Na)، رسانایی الکتریکی (EC)، pH، کربن آلی (OC) و گنجایش نگهداری آب (WHC).

Table 1. Some physico-chemical characteristics of the growth media used in the experiment including total nitrogen (TN), phosphorus (P), potassium (K), sodium (Na), electrical conductivity (EC), pH, organic carbon (OC), and water holding capacity (WHC).

WHC (%w/w)	OC (%)	pH	$EC_{1:5}$ (dS m^{-1})	Na (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	P (mg kg^{-1})	TN (%)	Growing media
263	3.4	7.2	7.6	12467	33096	393.6	3.6	Azolla compost
225	5.8	6.1	1.5	589	325	51.9	1.7	Peat moss

ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد سوخک، قطر سوخ، زمان گلدهی، تعداد غنچه، میزان کلروفیل کل به روش آرنون (۱۹۶۹)، کاروتنوئید، آنتوسیانین، فنل (۳۹)، عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم برگ اندازه‌گیری شد. پس از برداشت گل، سوخ‌ها از گلدان خارج شده و تعداد سوخک اطراف سوخ شمارش شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر، نمونه‌های برگ جمع‌آوری‌شده و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شده و به‌صورت پودر درآمدند. ۲ گرم نمونه گیاه خشک شده با ترازویی به دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین نموده و در کروزه چینی ریخته شد و در کوره تا ۵۵۰ درجه به‌مدت ۴ ساعت گرما داده و خاکستر حاصل با آب مقطر کمی خیس شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مولار به خاکستر افزوده شده و پس از اتمام واکنش‌ها محتویات کروزه از کاغذ صافی ریز به درون بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر صاف شده و عصاره نهایی به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده شد. پس از تهیه عصاره، پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. کلسیم به روش تیتراسیون با EDTA ۰/۰۱ مولار محاسبه شد (۲۰ و ۲۷). برای اندازه‌گیری نیتروژن کل از روش کجلدال استفاده شد. ۰/۲ گرم از برگ خشک را با کمک اسید سولفوریک غلیظ در دمای ۳۶۰ درجه سلسیوس به‌کمک کاتالیزور هضم کرده و سپس درصد نیتروژن با دستگاه کجلدال اتوماتیک (مدل k9840 شرکت هانون) قرائت شد. اندازه‌گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) انجام شد (۲۰). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که بسیاری از شاخص‌های کمّی و کیفی اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف کمپوست آزولا و اسید هیومیک قرار گرفتند.

ارتفاع ساقه گل‌دهنده: باتوجه به نتایج به‌دست آمده اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر ارتفاع ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین ارتفاع با ۲۴/۰۳ درصد افزایش نسبت به شاهد در کمپوست ۲۵٪ + ۵۰۰ اسید هیومیک ثبت شد. کم‌ترین ارتفاع در کمپوست ۷۵٪ بدون تیمار اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). تأثیر مثبت کمپوست بر ساقه گل‌دهنده می‌تواند به‌دلیل تعادل عناصر غذایی، تأمین رطوبت مناسب برای گیاه و در نتیجه افزایش گنجایش نگهداری رطوبت بستر کاشت باشد. امیری و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که کمپوست باعث افزایش میزان روی در گیاه می‌شود که این عنصر با تأثیرگذاری بر سنتز هورمون‌ها از جمله اکسین سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شود. در پژوهشی بستر کشت آزولا باعث افزایش ارتفاع در گیاه فیکوس بنجامین شد (۷ و ۳۵). اسید هیومیک نیز با افزایش جذب مواد غذایی و انتقال مواد هورمونی باعث افزایش طول ساقه می‌شود (۲۵). احمد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که استفاده از اسید هیومیک به میزان ۲ میلی‌لیتر در ترکیب با NPK باعث افزایش رشد طول ساقه گل در گیاه ژربرا شد. در پژوهش حاضر در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد کمپوست ارتفاع ساقه گل‌دهنده کاهش نشان داد که احتمالاً به‌دلیل کاهش

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر کمپوست و اسید هیومیک بر ارتفاع ساقه گل‌دهنده (Flowering stem height)، قطر گل (Flower diameter)، زمان گلدهی (Flowering time)، وزن تازه ریشه (Root fresh weight) و وزن خشک ریشه (Root dry weight) در گل نرگس.

Table 2. Variance analysis of flowering stem height, flower diameter, flowering time, root fresh weight and root dry weight in daffodil under different levels of compost and humic acid.

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	Mean Square				
		Flowering stem height	Flower diameter	Flowering time	Root fresh weight	Root dry weight
کمپوست آزولا (A) Azolla compost	4	161**	5.34**	1031.30**	45.72**	0.14**
هیومیک اسید (B) Humic acid	2	57.31**	0.074 ns	588.60**	177.29**	0.48**
A × B	8	21.41**	1.67*	59.35**	3.66**	0.01**
خطا (Error)	30	2.19	0.62	3.53	0.04	0.00014
ضریب تغییرات CV(%)		4.48	10.6	2.49	1.81	2.06

*، **و ns به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد و اثر غیرمعنی‌دار است.

*, ** and ns stand for significant effect at 5 and 1 probability levels and non-significant effect, respectively.

تخلخل بستر و افزایش شوری در درصدهای زیاد کمپوست بوده است. گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد اسید هیومیک به‌عنوان ماده تعدیل‌کننده اثر تنش شوری عمل می‌کند. این مواد ممکن است موجب افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش سمیّت برخی عناصر جذب شده شوند. مواد هیومیکی به‌عنوان ترکیبات ضد تنش شناخته شده‌اند و سبب کاهش تنش شوری می‌شوند (۳۲ و ۴۴).

قطر گل: با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر قطر گل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در پژوهش حاضر بیش‌ترین قطر گل با افزایش ۱۵/۹ درصدی نسبت به تیمار شاهد در کمپوست ۷۵٪ +۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک به‌دست آمد که با کمپوست ۵۰٪ +۵۰۰ اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین قطر در کمپوست ۱۰۰ درصد + اسید هیومیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (جدول ۳). در پژوهشی روی گل جعفری، کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش قطر گل شد (۲۹). از آنجایی که اسید هیومیک نقش ویژه‌ای در جذب عناصر غذایی دارد می‌تواند علت افزایش قطر گل در این آزمایش باشد. گزارش شد که با کاربرد اسید هیومیک روی گل رز شاخه بریدنی، قطر ساقه و قطر جوانه گل در کشت بدون خاک بهبود یافت (۳۰).

زمان گلدهی: با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر زمان گلدهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. سریع‌ترین گلدهی با میانگین ۶۲ روز در کمپوست ۲۵٪ +۵۰۰ اسید هیومیک به‌دست آمد. دیرترین زمان گلدهی با میانگین ۱۰۲ روز در تیمار کمپوست ۱۰۰ درصد بدون اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۳). تسریع در گلدهی در درصدهای کم کمپوست نسبت به تیمار شاهد، احتمالاً به‌دلیل افزایش توسعه ریشه و جذب سریع عناصر غذایی در بستر کشت است. نوریان و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند بستر کمپوست سنبل آبی تأثیر معنی‌داری بر زمان گلدهی سوسن از مرحله کاشت سوخ تا مرحله رنگ‌گیری اولین غنچه گل داشت. با توجه به

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کمپوست آزولا (Azolla compost) و اسید هیومیک (Humic acid) بر ارتفاع ساقه گل‌دهنده (Flowering stem height)، قطر گل (Flower diameter)، زمان گل‌دهی (Flowering time)، وزن تازه ریشه (Root fresh weight)، و وزن خشک ریشه (Root dry weight) در گل نرگس.

Table 3. Mean comparison of the interaction effect of azolla compost and humic acid on flowering stem height, flower diameter, flowering time, root fresh weight and root dry weight in daffodil.

Root dry weight (g/pot)	Root fresh weight (g/pot)	Flowering time (day)	Flower diameter (cm)	Flowering stem height (cm)	Azolla compost (%)	Humic acid (mg L^{-1})
0.30^{l}	5.98^{m}	74^{f}	7.30^{a-d}	33.0^{de}	0%	
0.49^{i}	9.89^{i}	70^{g}	7.96^{abc}	34.6^{cd}	25%	
0.41^{j}	8.94^{j}	69^{gh}	8.00 ^{abc}	33.0^{de}	50%	0
0.39^{j}	7.95^{k}	95^{b}	6.60^{d}	22.0^{f}	75%	
0.34^{k}	7.26^{l}	102 ^{a}	7.10^{bcd}	25.5^{g}	100%	
0.50$^{h\ i}$	11.20^{h}	70^{gh}	7.03^{cd}	28.7^{f}	0%	
0.79^{c}	16.08^{c}	63^{j}	8.20^{abc}	39.2^{ab}	25%	
0.71^{d}	15.30^{d}	68^{gh}	7.43^{a-d}	33.3^{de}	50%	250
0.61^{f}	12.02^{g}	78^{e}	8.46^{a}	38.6^{ab}	75%	
0.57^{g}	10.20^{i}	81^{d}	6.36^{de}	26.8^{gf}	100%	
0.52^{h}	14.01^{e}	67^{hi}	7.30 $^{a-d}$	32.1^{e}	0%	
0.99^{a}	18.11^{a}	62j	8.26 ^{ab}	40.9^{a}	25%	
0.89^{b}	17.01^{b}	64ij	8.43 ^{a}	37.0^{bc}	50%	500
0.68^{e}	13.04^{f}	81^{d}	8.36 ^{ab}	36.0^{c}	75%	
0.60^{f}	10.88^{h}	85^{c}	5.26 ^{e}	28.6^{f}	100%	

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

نتایج پژوهش حاضر، با افزایش درصد کمپوست تأخیر در گلدهی مشاهده شد که احتمالاً به‌دلیل کاهش تخلخل و زیاد بودن رسانایی الکتریکی در بسترهای حاوی درصدهای زیاد کمپوست بوده است. اما کاربرد اسید هیومیک در مقایسه با عدم کاربرد این ماده توانست در تسریع گلدهی مؤثر باشد. گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد اسید هیومیک به‌عنوان ماده ضد تنش‌های زیستی عمل می‌کند (۳۲). بنابراین در بسترهایی با درصد زیاد کمپوست، احتمالاً به‌دلیل کاهش اثر شوری توسط اسید هیومیک تسریع در زمان گلدهی رخ داده است. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد کاربرد اسید هیومیک به‌صورت محلول‌پاشی و خاکی موجب افزایش هورمون‌های جیبرلین، اکسین و سیتوکینین شده و در نهایت سبب بهبود رشد و گلدهی می‌شود (۲). نتیجه پژوهشی مبنی بر افزایش رشد رویشی و تسریع در گلدهی با کاربرد اسید هیومیک در گلایول گزارش شد (۱۶).

وزن تازه و خشک ریشه، طول ریشه: اثر تیمارهای مورد استفاده و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر طول ریشه و وزن تازه و خشک آن معنی‌دار بود (جداول ۲ و ۴). با توجه به نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین وزن تازه و خشک ریشه به‌ترتیب با ۲۰۲/۸ و ۲۳۰ درصد افزایش نسبت به شاهد در کمپوست ۲۵٪ + ۵۰۰ اسید هیومیک به‌دست آمد. کم‌ترین وزن تازه و خشک ریشه نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۳). طویل‌ترین ریشه با ۱۸۱/۳۳ درصد افزایش نسبت به شاهد در کمپوست ۵۰٪ و ۷۵٪ + ۵۰۰ اسید هیومیک مشاهده شد. کوتاه‌ترین ریشه مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۵). از جمله آثار مثبت کودهای آلی در بستر کشت، افزایش در طول، قطر و حجم ریشه است در بسترهایی با تهویه مناسب ریشه‌ها گسترش یافته و سبب بهبود رشد در بخش‌های هوایی گیاه می‌شوند (۳۱). کمپوست دامی در بستر کشت گیاه زینتی جعفری به‌عنوان جایگزین پیت به‌کار گرفته شد.

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر کمپوست و اسید هیومیک بر طول ریشه (Root length)، طول برگ (Leaf length)، تعداد سوخک (Number of bulblets) و کلروفیل کل (Total chlorophyll) در گل نرگس.

Table 4. Variance analysis of root length, leaf length, number of bulblets and total chlorophyll in daffodil under different levels of compost and humic acid.

Mean Square				درجه آزادی	منابع تغییرات
Total chlorophyll	Number of bulblets	Leaf length	Root length	df	Sources of variation
0.00058**	2.08**	285.92**	39.81**	4	کمپوست آزولا (A) Azolla compost
0.0028**	2.6**	306.6**	21.92**	2	هیومیک اسید (B) Humic acid
0.00022**	0.9**	15.32**	0.44**	8	A × B
0.0000057	0.2	1.44	0.037	30	خطا (Error)
4.1	27.95	4.73	2.28		ضریب تغییرات CV(%)

*، **و ns به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد و اثر غیرمعنی‌دار است.

*, ** and ns stand for significant effect at 5 and 1 probability levels and non-significant effect, respectively.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش کمپوست آزولا (Azolla compost) و اسید هیومیک (Humic acid) بر طول ریشه (Root length)، طول برگ (Leaf length)، تعداد سوخک (Number of bulblets) و کلروفیل کل (Total chlorophyll) در گل نرگس.

Table 5. Mean comparison of the interaction effect of azolla compost and humic acid on root length, leaf length, number of bulblets, and total chlorophyll in daffodil.

Total chlorophyll (mg/g DW)	Number of bulblets	Leaf length (cm/pot)	Root length (cm/pot)	Azolla compost (%)	Humic acid (mg L^{-1})
0.045^{h}	1^{b}	19^{gh}	4.23^{j}	0%	
0.040^{i}	1^{b}	21^{gf}	7.27^{g}	25%	
0.043^{hi}	1^{b}	24^{e}	8.76^{de}	50%	0
0.045^{h}	1.66^{b}	22^{ef}	8.81^{d}	75%	
0.045^{h}	1^{b}	15^{i}	7.43^{g}	100%	
0.053^{g}	1.33^{b}	24^{e}	5.06^{i}	0%	
0.065^{e}	2.66^{a}	24^{e}	8.34^{f}	25%	
0.069^{d}	2.66^{a}	36^{b}	9.83^{c}	50%	250
0.062^{ef}	1^{b}	31^{c}	10.43^{b}	75%	
0.045^{h}	1^{b}	18^{h}	8.45^{ef}	100%	
0.060^{f}	1.33^{b}	27^{d}	6.10^{h}	0%	
0.081^{b}	2.66^{a}	27^{d}	9.70^{c}	25%	
0.09^{a}	2.66^{a}	39^{a}	11.90^{a}	50%	500
0.075^{c}	1.66^{b}	32^{c}	11.90^{a}	75%	
0.051^{g}	1.33^{b}	21^{gf}	9.00^{d}	100%	

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test

این ماده سبب افزایش طول ریشه شد (۲۶). عشقی (۲۰۱۵) گزارش کرد اسید هیومیک می‌تواند با افزایش جذب مواد غذایی و انتقال مواد هورمونی باعث افزایش طول ریشه شود. نتایج امیدی و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد کمپوست آزولا در بستر کشت گیاه زینتی پدیلانتوس اثر معنی‌داری بر وزن تازه و خشک ریشه نسبت به شاهد داشت. از ویژگی‌های اصلی مواد هیومیکی سرشار بودن آن‌ها از مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن و کاهش نسبت نیتروژن به کربن نسبت به دیگر بقایای گیاهی است. نیکبخت و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که اسید هیومیک باعث بهبود جذب مواد غذایی و افزایش زیست‌توده ریشه در گل ژربرا شد.

طول برگ: با توجه به جدول تجزیه واریانس، تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر طول برگ داشتند (جدول ۴). بیش‌ترین طول برگ با ۱۰۵/۲۶ درصد افزایش نسبت به شاهد در کمپوست ۵۰٪ + ۵۰۰ اسید هیومیک به‌دست آمد. کم‌ترین طول برگ در کمپوست ۱۰۰ درصد بدون تیمار اسید هیومیک بود (جدول ۵). کمپوست‌ها دارای مواد غذایی زیادی هستند و فعالیت زیاد جمعیت میکروبی در منطقه ریزوسفر ریشه موجب افزایش رشد می‌شود (۳۴). که شاید در کمپوست آزولا با افزایش رشد، شاخص طول برگ نیز تحت تأثیر قرار گرفت. آزولا منبع بسیار مهمی از عناصر مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم بوده و به تدریج آن را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۱۰) که می‌تواند از جمله دلایل برای افزایش طول برگ در بستر حاوی آزولا باشد. کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش جذب و کارایی عناصر غذایی در گیاه شده و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش میزان فتوسنتز موجب افزایش طول برگ می‌شود (۱۹ و ۴۰).

تعداد سوخک: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر تعداد سوخک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). بیش‌ترین تعداد سوخک با ۱۶۶ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در کمپوست ۲۵٪ و ۵۰٪ +۲۵۰ و ۵۰۰ اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۵). گزارش شده است استفاده از کودهای آلی باعث افزایش میزان جذب عناصر غذایی و بهبود ساختار شیمیایی و فیزیکی بستر شده و در نتیجه باعث افزایش رشد و تولید سوخک می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد انتقال بیش‌تر کربوهیدرات به بخش‌های زیرزمینی گیاه کمک می‌کند تا سوخک‌های بیش‌تری در بستر کشت تشکیل شود (۵۱).

کلروفیل کل: با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر کلروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین میزان کلروفیل نسبت به تیمار شاهد در کمپوست ۵۰٪ و اسید هیومیک ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. کم‌ترین میزان کلروفیل در کمپوست ۲۵ درصد بدون تیمار اسید هیومیک بود (جدول ۵). بستر کمپوست می‌تواند با افزایش میزان دسترسی به مواد غذایی (به‌ویژه نیتروژن که در ساخت کلروفیل تأثیر مستقیم دارد) باعث افزایش میزان کلروفیل شود. افزایش میزان کلروفیل در گل لیلیوم در بستر حاوی کمپوست گزارش شده است (۳۹). مواد هیومیکی در فرآیندهای بیولوژیک مانند فتوسنتز و کلروفیل کل مؤثرند (۸ و ۵۳). کاربرد اسید هیومیک روی گل رز شاخه بریدنی، شاخص کلروفیل را در کشت بدون خاک بهبود بخشید (۳۰).

آنتوسیانین: با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر میزان آنتوسیانین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). با توجه به نتیجه به‌دست آمده بیش‌ترین میزان آنتوسیانین در کمپوست ۱۰۰٪ + اسید هیومیک ۲۵۰ به‌دست آمد. کم‌ترین میزان آنتوسانین گلبرگ در کمپوست ۲۵ درصد بدون تیمار اسید هیومیک ثبت شد (جدول ۷). کاربرد کودهای زیستی علاوه بر اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک در ویژگی‌های ظاهری گل مؤثر

جدول ۶. تجزیه واریانس اثر کمپوست و اسید هیومیک بر آنتوسیانین کل (Total Anthocyanin)، فنل کل (Total Phenol)، و درصد کلسیم (Ca)، پتاسیم (K)، فسفر (P) و نیتروژن (N) در گل نرگس.

Table 6. Variance analysis of total anthocyanin, total phenol, and calcium (Ca), potassium (K), phosphorus (P) and nitrogen (N) percents in daffodil under different levels of compost and humic acid.

Mean Square						درجه آزادی	منابع تغییرات
N	P	K	Ca	Total phenol	Total anthocyanin	df	Sources of variation
1.12**	0.044**	0.044**	0.14**	1.05**	0.88**	4	کمپوست آزولا (A) Azolla compost
0.57**	0.015**	0.02**	0.13**	1.29**	0.85**	2	هیومیک اسید (B) Humic acid
0.07**	0.0072**	0.002**	0.06**	0.36**	0.09**	8	A × B
0.0085	0.00029	0.00029	0.011	0.0021	0.0065	30	خطا (Error)
2.83	6.72	1.02	17.43	2.5	6.13		ضریب تغییرات CV(%)

*، **و ns به‌ترتیب بیانگر اثر معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد و اثر غیرمعنی‌دار است.

*, ** and ns stand for significant effect at 5 and 1 probability levels and non-significant effect, respectively.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر کمپوست آزولا (Azolla compost) و اسید هیومیک (Humic acid) بر آنتوسیانین کل (Total anthocyanin)، فنل کل (Total phenol)، و درصد کلسیم (Ca)، پتاسیم (K)، فسفر (P) و نیتروژن (N) در گل نرگس.

Table 7. Mean comparison of the interaction effect of azolla compost and humic acid on total anthocyanin, total phenol, and calcium (Ca), potassium (K), phosphorus (P) and nitrogen (N) percents in daffodil.

N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Total phenol (mg/g DW)	Total anthocyanin (mg/g FW)	Azolla compost (%)	Humic acid (mg L^{-1})
3.18 gf	0.22gf	1.56k	0.50 ef	1.52f	1.04hi	0%	
3.28 ef	0.17 h	1.63 hi	0.47 ef	1.31h	0.76k	25%	
2.94ij	0.24 ef	1.65 gfh	0.71 bc	1.61 e	1.14gh	50%	0
3.10 gh	0.25 de	1.68 ef	0.56c-f	1.44 gf	0.95ji	75%	
2.76k	0.21gf	1.67gf	0.456 ef	1.84 d	1.35e	100%	
3.42 de	0.23 ef	1.59j	0.53def	1.56 e	1.20gf	0%	
3.74 b	0.18h	1.63 hi	0.80 b	1.40f	0.86jk	25%	
3.03hi	0.32c	1.71 de	0.51 def	1.83d	1.51d	50%	250
3.36 e	0.36 b	1.80 b	0.50 ef	2.86 a	1.81b	75%	
2.83jk	0.21gf	1.72 cd	0.453f	2.91 a	2.06a	100%	
3.54 cd	0.24 ef	1.61ij	0.53def	1.94 c	1.30ef	0%	
4.16 a	0.20 gh	1.64gh	1.16 a	1.50 f	0.97ij	25%	
3.03ghi	0.28d	1.71d	0.68bcd	1.99 c	1.56 cd	50%	500
3.59 bc	0.48 a	1.84 a	0.63b-e	2.00c	1.61cd	75%	
2.89ijk	0.22 gf	1.74c	0.55c-f	2.09 b	1.68bc	100%	

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

In each column, means with the similar letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

هستند (۱۳). بهبود توان گلدهی و ویژگی‌های ظاهری گل در گیاهان زینتی در نتیجه کاربرد کودهای زیستی به‌دلیل فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف است (۱۴). کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست دارای مواد هیومیکی هستند. با توجه به اینکه مواد هیومیکی (مشتقات ترکیب فنلی) به‌عنوان پیش ماده سنتزآنتوسیانین (ساختار فلاونوئید) هستند، بنابراین شاید با افزایش آنتوسیانین در تیمار کمپوست آزولا در ارتباط باشند. افزایش متابولیت‌های ثانویه از جمله آنتوسیانین با مصرف اسید هیومیک گزارش شده است (۶ و ۲۲). در یک بررسی دیگر استفاده از اسید هیومیک و اسید فولویک میزان آنتوسیانین کل گل گاوزبان را نسبت به شاهد ۹۸ و ۹۹ درصد افزایش داد (۹). با کاربرد غلظت‌های مختلف اسید هیومیک (صفر، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد)، بیش‌ترین میزان آنتوسیانین در غلظت ۰/۱ درصد اسید هیومیک به‌دست آمد (۴۸).

فنل: با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر میزان فنل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، بیش‌ترین میزان فنل نسبت به تیمار شاهد در کمپوست ۷۵ و ۱۰۰ درصد آزولا و اسید هیومیک ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. کم‌ترین میزان فنل در کمپوست ۲۵ درصد بدون تیمار اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۷). کاربرد کودهای آلی به‌دلیل افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی به‌ویژه کربن و نیتروژن موجب افزایش تولید ترکیبات فنلی می‌شود (۲۸). در پژوهش حاضر نیز نتایج آنالیز برگی حاکی از میزان زیاد نیتروژن در گیاهانی بود که در بستر کمپوست آزولا کشت شده بودند. پژوهشگران گزارش کردند که اسید هیومیک منجر به افزایش ترکیب‌های فنولی می‌شوند (۲۴). گزارش شده است با کاربرد اسید هیومیک، جذب پتاسیم، نیتروژن، آهن و منیزیم، به‌دلیل افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، افزایش یافت (۱۱). در پژوهشی گزارش شد که با کاربرد اسید هیومیک، فنل کل در گیاه همیشه بهار افزایش یافت (۳).

عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم: با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر کمپوست، هیومیک اسید و برهمکنش آن‌ها بر میزان نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). بیش‌ترین میزان عنصر نیتروژن موجود در برگ در کمپوست ۲۵٪ + اسید هیومیک ۵۰۰ به‌دست آمد بیش‌ترین میزان عنصر فسفر در کمپوست ۷۵٪ + اسید هیومیک ۵۰۰ مشاهده شد. بیش‌ترین میزان عنصر پتاسیم در کمپوست ۷۵٪ + اسید هیومیک ۵۰۰ به‌دست آمد که افزایش ۱۷/۹ درصدی نسبت به شاهد داشت. بیش‌ترین میزان عنصر کلسیم نسبت به تیمار شاهد در کمپوست ۲۵٪ آزولا + اسید هیومیک ۵۰۰ به‌دست آمد (جدول ۷). با توجه به نتایج پژوهش حاضر، کمپوست آزولا دارای میزان عناصر بیش‌تری نسبت به بستر پیت ماس است که می‌تواند یکی از دلایل افزایش این عناصر در برگ گیاهان نرگس باشد. میزان نیتروژن با جایگزینی کمپوست آزولا نسبت به شاهد افزایش یافت. این افزایش شاید به‌دلیل مقدار زیاد نیتروژن کل کمپوست آزولا در مقایسه با پیت است. گزارش شده است، کمپوست آزولا می‌تواند میزان فسفر قابل جذب و منیزیم را در گیاه افزایش دهد (۳۳). گزارش پژوهشگران نشان می‌دهد که غلظت فسفر و پتاسیم در شاخساره گیاه برنج در خاک تیمارشده با کمپوست آزولا بیشتر از شاهد است (۵۲). پژوهشگران بیان کردند با توجه به اینکه افزودن کود آزولا به خاک، سبب آزادسازی نیتروژن، مواد آلی و دیگر کاتیون‌ها همچون منیزیم، کلسیم و سدیم می‌شود، تأثیر معنی‌داری بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بستر کشت می‌گذارد (۱۸). نتایج پژوهشی نشان داد کمپوست آزولا (۱۰۰٪) دارای بیش‌ترین میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر بود که منجر به افزایش معنی‌داری در شاخص‌های رویشی صنوبر دلتوئیدس در مقایسه با تیمار شاهد شد (۵۰). اسید هیومیک با خاصیت بافری در خنثی کردن اسیدیته خاک و افزایش حجم ریشه باعث افزایش جذب عنصر غذایی برای گیاه شده، و رهاسازی و برداشت عناصر بهتر صورت می‌گیرد (۳۲). پژوهش‌ها نشان داده است که مصرف اسید هیومیک باعث

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]

افزایش عناصر از جمله کلسیم در گیاه می‌شود. محمود و حافظ (۲۰۱۰) در آزمایش‌های مزرعه‌ای بر روی سیب‌زمینی نشان دادند افزایش اسید هیومیک در آب آبیاری (خاکی)، مقدار عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در گیاه افزایش داد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، اثر کمپوست آزولا و اسید هیومیک در بهبود ارتفاع ساقه گل‌دهنده، قطر غنچه، وزن تازه و خشک ریشه، محتوای کلروفیل و غلظت عناصر برگ معنی‌دار بود. با افزایش درصد کمپوست تاخیر در زمان گلدهی مشاهده شد که با کاربرد اسید هیومیک این صفت بهبود پیدا کرد. از این‌رو با توجه به نتایج به‌دست آمده درصدهای مختلف کمپوست به‌ویژه درصدهای ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد به همراه اسید هیومیک می‌تواند جایگزین پیت ماس در بستر کشت گل نرگس باشد.

منابع مورد استفاده

1. Abbaszadeh Faruji, R., Shoor, M., Tehranifar, A., Abedi, B., Safari, N., 2018. Effects of humic acid and fulvic acid on some morphological characteristics of geranium. *Journal of Horticultural Science* 32(2): 35–50.
2. Abdel-Mawgoud, A., El-Greadly, N.H.M., Helmy, Y.I., Singer, S.M., 2007. Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research* 3(2): 169–174.
3. Abedini, T., Moradi, P., Hani, A., 2015. Effect of organic fertilizer and foliar application of humic acid on some quantitative and qualitative yield of pot marigold. *Journal of Novel Applied Sciences* 4(10): 1100–1103.
4. Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P., Zocchi. G., 1998. The effects of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition. *Journal of Plant Nutrition* 21(3): 561–575.
5. Ahmad, I., Usman Saquib Qasim, R., Saleem, M., Sattar Khan, A., Yaseen, M., 2013. Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life and corm characteristics of gladiolus. *Chilean Journal of Agricultural Research* 73(4): 339–344.
6. Ahmadi, F., Aminifard, M.H., Khayyatand, M., Samadzadeh, A.R., 2017. Effects of different humic acid levels and planting density on antioxidant activities and active ingredients of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy and Technology* 5(1): 61–71.
7. Ali, y x., Elkiey, B., 1995. Effect GA3 on growth and flowering of calla. *Journal of King Saud University* 7(2): 271–282.
8. Allahvirdizadeh, N., Nazari Deljou, M., 2014. Effect of humic acid on morph-physiological traits. Nutrients uptake and postharvest vase life of pot marigold cut flower (*Calendula officinalis* cv. Crysantha) in hydroponic system. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 5(18): 133–143.
9. Amiri, M.H., Rezvani, P., Moghaddamand Jahan, M., 2017. Effects of organic acids, mycorrhiza and rhizobacteria on yield and some phytochemical characteristics in low-input cropping system. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 27(1): 45–61.
10. Arora, A., Singh, P.K., 2003. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of Azolla. *Biomass and Bioenergy* 24(3): 175–178.
11. Asri, F., Demirtas, E., Ari, N., 2015. Changes in fruit yield, quality and nutrient concentrations in response to soil humic acid applications in processing tomato. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 21(3): 585–591.
12. Atik, A., 2013. Effects of planting density and treatment with vermicompost on the morphological characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.). *Compost Science and Utilization* 21(2): 87–98.
13. Atiyeh, RM., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Metzger, J.D., 2002. The influence of earth-worm-processed pig manure on the growth and productivity of marigold. *Bioresource Technology* 81(2): 103–108.
14. Bachman, C.R., Metzger, J.D., 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology* 99(8): 3155–3161.
15. Bailey, L.H., 1973. Manual of Cultivated Plants. The Macmillan Company, New York, 420 p.
16. Baldotto, M.A., Lilian, E. B., 2013. Gladiolus dvelopment in response to bulb treatment with different concenterations of humic acids. *Revista Ceres* 60(1): 138–142.
17. Barrett, S.C.H., Cole, W.W., Herrera, C.M., 2004. Mating patterns and genetic diversity in the wild daffodil *Narcissus longispathus* (*Amaryllidaceae*). *Heredit*y 92: 459–465.
18. Bhuvaneshwari, K., Kumar, A., 2013. Agronomic potential of the association Azolla-Anabaena. *Science Research Reporter* 3: 78–82.
19. Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W., 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* 1(2): 383–391.

20. Chapman, H.D, Pratt, P.F., 1961. Method of Analysis for Soils, Plants and Waters. University of California. Division of Agricultureal Sciences.
21. Cheng, W., Sakai, H., Matsushima, M., Yagi, K., Hasegawa, T., 2010. Response of the floating aquatic fern Azolla filiculoides to elevated CO_2, temperature, and phosphorus levels. *Hydrobiologia*. 656: 5–14.
22. Ebrahimzadeh Abdashti, R., Glovi, M., Ramroudi, M., 2016. Effect of biologica and chemical fertilizer on quantitative characteristics and Anthocyanin of Hibiscus sabdariffaL in Zabol. *Journal of Horticultural Science* 30(2): 169–177.
23. Edwards, J. H., Wood, C.W., Thurlow, D.L., Ruf, M.E., 2002. Tillage and crop rotation effects on fertility status. *Soil Science Society of American Journal* 56: 1577–1582.
24. Elmongy, M.S., Zhou, H., Cao, Y., Liu, B., Xia, Y., 2018. The effect of humic acid on endogenous hormone levels and antioxidant enzyme activity during *in vitro* rooting of evergreen azalea. *Scientia Horticulturae* 227(3): 234–243.
25. Eshghi, S., Garazhian, M., 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humic acid. *Iran Agricultural Research* 34(1): 14–20.
26. Gayasinghe, G.Y., Liyana, I.D., ArachchiTokashiki, Y., 2010. Evaluation of containerized substrates developed from cattle manure compost and synthetic aggregates for ornamental plant production as a peat alternative. *Resources Conservation and Recycling* 54(12):1412–1418.
27. Ghazan-Shahi, J. 2006. Soil and Plant Analysis. Aeizh Publications. 274 p.
28. Ghorbanli, M., Saadatmand, L., Niakan, M., 2011. Study the effects of natural habitats on flavonoids poly phenols, anthocyanin and their related antioxidant activity in *Elaeagnus agustifolia*. 1st National Conference on New Concepts in Agriculture, Islamic Azad University Saveh, Iran.
29. Hidlago, P.R., Matta, F.B., Harkess, R.L., 2006. Physical and chemical properties of substrates containing earthworm castings and effects on marigold growth. *Horticultural Science* 4(1): 1474–1476.
30. Hosseini Farahi, S.M., Aboutalebi, A., Jowkar, M.M., 2017. Effect of different media substrate and humic acid on growth and nutrient absorption of soilless cultured cut rose flowers. *Journal of Science and Technology of Greenhouse* 8(2): 89–103.
31. Huerta, E., Vidal, O., Jarquin, A., Geissen, V., Gomez, R., 2010. Effect of vermicompost on the growth and production of Amashito pepper, interactions with earthworms and rhizobacteria. *Compost Science and Utilization* 18(4): 282–288.
32. Jones, C.A., J.S. Jacobsen and A. Mugaas. 2007. Effect of low-rate commercial humic acid on phosphorus availability, micronutrient uptake, and spring wheat yield. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 38(7-8): 921–933.
33. Jumadi, O., Hiola, S.F., Hala, Y., Norton, J., Inubushi, K., 2014. Influence of azolla (*Azolla microphylla* Kaulf.) compost on biogenic gas production, inorganic nitrogen and growth of upland kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk) in a silt loam soil. *Soil Science and Plant Nutrition* 60(5): 722–30.
34. Lee, Y.S., Bartlett, R.J., 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil Science Society of America Journal* 40: 876–879.
35. Mahboub khomam, A., Padasht dehkaei, M.N., 2010. Effect of composted azolla in different growth media on growth and nutrient elements composition in *Ficus benjamina* Plant *cv*. *Starlight*. *Seed and Plant Production Journal* 25(4):417–430.
36. Mahmoud, A.R., Hafez, M.M., 2010. Increasing productivity of potato plants (*Solanum Tuberosum* L.) by using potassium fertilizer and humic acid application. *International Journal of Academic Research* 2(2): 83–88.
37. Mashahiri, Y., Hassanpour Asil M., 2018. Effects of gibberellic acid and humic acid on some growth characters of daffodil (*Narcissus jonquilla* cv. German). *Iranian Journal of Horticultural Science* 48(4):875–886.
38. McDonald, S., Prenzler, P.D., Autolovich, M., Robards, K., 2001. Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry* 73: 73–84.
39. Mirakalaei, S.M., Ardebill, Z.O., Mostafavi, M., 2013. The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lillium longiflorum*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 4(1): 181–186.
40. Mirzaei, N., Jabbarzadeh, Z., Rasouli Sadaghiani, M., 2019. Investigation of some morphological and biochemical characteristics and vase life of gerbera jamesonii cv. Dune Cut Flower using humic acid and nano calcium chelate. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 20(2): 157–170.
41. Moghadam, A.R., Ardebill, Z.O., Saidi, F., 2012. Vermicompost induced changes in growth and development of Lilium Asiatic hybrid var. *African Journal of Agricultural Research* 7(17): 2609–2621.
42. Mosavi Mirkalaei, S.M., Oraghi Ardebili, Z., Mostafavi, M., 2013. The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lilium longiflorum*). *Intemational Research Journal of Applied and Basic Sciences* 4(1): 181–186.
43. Nardi S., Pizzeghello, D., Gessa, C., Ferrarese, L., Trainotti, L., Casadoro, G., 2000. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology and Biochemistry* 32(3): 415–419.

44. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vianello, A., 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527–1536.
45. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A., Etemadi, N., 2008. Effect of commercial humic acid on plant growth, nutrients uptake and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition* 31: 2155–2167.
46. Norian, N., Rohollahi, I., Karimi. M., 2018. Evaluation of organic fertilizer from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as substrate for *Lilium* sp. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 19(3): 267–276.
47. Omidi, J., Abdolmohammadi, S., Bakhshipour, M., Sheykhpoor, M., 2019. Study the replacement of peat - perlite - sand with Azolla compost in growing media (*Pedilanthus tithymaloides*). *Scientific Research Applied Biology* 9(2): 28–39.
48. Parandian, F., Samavat, S., 2012. Effects of fulvic and humic acid on anthocyanin, soluble sugar, μ-amylase enzyme and some micronutrient elements in Lilium. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 3(5): 924–929.
49. Qaim Maghami, A., 2009. Azolla compost is suitable bedding for planting African violet seedlings. Proceedings of the 6th Iranian Horticultural Science Congress, Faculty of Agricultural Sciences.University of Guilan, p. 325.
50. Rafati, M., M., Moslehi., Ahmadi, A., 2019. Effects of azolla combined with organic and inorganic Fertilizers on growth index of populus deltoides. *Journal of Environmental Science and Technology* 21(2): 230–239.
51. Rajera, S., Sharma, P., 2017. Effect of different growing media on bulb production of LA Hybrid Lily. *Chemical Science Review and Letters* 6(23): 1382–1387.
52. Rehana, B., Mian, M.H., Tahirruddin, M., Hasan, M.A., 2003. Effect of azolla-urea application on yield and NPK uptake by BRRI Dhan 29 in Boro season. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 6(11): 968–971.
53. Salman, S.R., Abou-Hussein, S.D., Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Nemr, M.A., 2005. Fruit yield and quality of watermelon as affected by hybrids and humic acid application. *Journal of Applied Scientia Research* 1: 51–58.

J. Soil and Plant Interactions, Vol. 12, No. 1, Spring 2021, Isfahan Univ. Technol., Isf., Iran.

Effect of Azolla Compost and Humic Acid on Growth and Flowering of Daffodil (*Narcissus jonquilla* cv. German)

M. Mohammadi[1], M. Karimi* and H. Moradi

(Received: 22 January 2021; Accepted: 19 April 2021)

Abstract

Azolla grows well in wetlands and reservoirs in northern Iran. This plant can be used as a source of compost and as an organic fertilizer. In this study, azolla compost (AZC) and humic acid (HA) were used in the production of daffodil. The experiment was carried out with factorial arrangement based on the completely randomized design. The first factor was AZC (25%, 50%, 75% and 100 %v/v) and the second factor was humic acid (0, 250 and 500 mg L^{-1}). Results showed that the longest flowering stem with 24.03% increase compared to control, was recorded at 25% AZC + 500 mg L^{-1} HA. Treatments 100% AZC + 250 and 500 mg L^{-1} HA, produced the highest flowering stem diameter. Maximum anthocyanin content obtained in compost 100% + 250 mg L^{-1} humic acid .In compost 25% + 500 mg L^{-1} humic acid, the amount of nitrogen and calcium was at the maximum. In compost 75% + 500 mg L^{-1} humic acid, the concentration of phosphorus and potassium increased compared to the control. The results of the present study showed that the use of azolla compost and humic acid is effective in improving the quantitative and qualitative traits of daffodil.

Keywords: Anthocyanin, Flowering, Growing media, Narcissus, Organic fertilizer, Ornamental plant.

Background and Objective: Growing media is one of the important factors that affect the quality and growth of ornamental plants. Since 1960s, soilless substrates have been used to produce horticultural products. Peat moss is one of the most important organic materials in these substrates. However, excessive mining would cause rapid depletion of peat land and environmental deterioration, resulting in reduced availability and increased prices for peat products (2). Azolla (*Azolla* spp.) a floating aquatic fern, is commonly found in the paddy fields and streams (1). Azolla compost can be useful for improving plant growth and yield (1). There is little evidence on the combined use of azolla compost and humic acid on the quality and quantity of ornamental plants.

Methods: The present study was conducted as a factorial arrangement in a completely randomized design with three replications. The first factor was azolla compost (0, 25, 50, 75, 100 %v/v) and the second factor was humic acid (0, 250 and 500 mg L^{-1}). Peat moss + perlite (2:1 v/v) was used as control treatment and replacement of 25%, 50%, 75% and 100% of peat moss by AZC as treatments. *Narcissus jonquilla* cv. German with uniform size characteristics such as were planted in plastic pots (12 cm diameter) on 20 January 2020. When the first flower bud opened, some flowering time, number of buds, stem height, chlorophyll,

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
* Corresponding Author, Email: *karimi@sanru.ac.ir*

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]

anthocyanin, total phenol, calcium, potassium, phosphorus and nitrogen were investigated.

Results: The longest flowering stem with 24.03% increase compared to control was recorded at 25% AZC+ 500 mg L^{-1} HA. The lowest stem height was obtained in 100% compost without humic acid application. The earliest flowering time was obtained at 25% AZC + 500 mg L^{-1}. In addition, the highest fresh and dry root weights were recorded at 50% AZC + 500 mg L^{-1} HA. The higher number of bulblets was produced in 25% and 50% AZC + 250 and 500 mg L^{-1} HA. The use of humic acid in azolla compost had a significant effect on increasing chlorophyll content. The highest chlorophyll content was obtained at 50% AZC + 500 mg L^{-1} HA treatment. The highest amount of calcium compared to control (with 132% increase) was observed in plants grown at 25% AZC + with 500 mg L^{-1} HA. The concentration of potassium in 75% AZC + 500 mg L^{-1} HA (with 17.9% increase compared to control) was at maximum. The highest amount of phosphorus was related to 75% AZC + 500 mg L^{-1} HA treatment, and also the 25% AZC + 500 mg L^{-1} treatment had the highest concentration of nitrogen.

Conclusions: In summary, the results showed that the combined use of azolla compost and humic acid had a significant effect on most of the quantitative and qualitative characteristics of daffodil. Levels of 25, 50 and 75% azolla compost in combination with humic acid improved the vegetative and biochemical traits, compared to the control treatment. Therefore, the use of azolla compost (25, 50 and 75%) in combination with humic acid is recommended for *Narcissus jonquilla* cv. German.

References:

1. Jumadi, O., Hiola, S.F., Hala, Y., Norton, J., Inubushi, K., 2014. Influence of azolla (*Azolla microphylla* Kaulf.) compost on biogenic gas production, inorganic nitrogen and growth of upland kangkong (*Ipomoea aquatica* Forsk) in a silt loam soil. *Soil Science and Plant Nutrition* 60(5): 722–730.
2. Margenot, A.J, Griffin, D.E., Alves, B.S.Q., Rippner, D.A., Li, C.S., Parikh, J., 2018. Substitution of peat moss with softwood biochar for soil-free marigold growth. *Industrial Crops and Products* 112: 160–169.

[DOR: 20.1001.1.20089082.1400.12.1.6.7]
[DOI: 10.47176/jspi.12.1.12025]