اثر اسید سولفوریک، اسید هیومیک و محلول‌پاشی برگی نیترات پتاسیم بر کیفیت رنگ گلبرگ، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، کاروتنوئید و عملکرد گل در همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

پرستو نورالهی[۱]، علیرضا ابدالی مشهدی[۲*]، احمد کوچک‌زاده[۲] و محمد حسین قرینه[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید سولفوریک، اسید هیومیک و نیترات پتاسیم بر صفات گل همیشه‌بهار آزمایشی در سال ۹۵-۱۳۹۴ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه عامل و چهار تکرار اجرا شد. عامل نیترات پتاسیم با سه سطح (N_1 = عدم کاربرد، N_2 = ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و N_3 = ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌عنوان فاکتور اصلی، اسید سولفوریک با دو سطح (S_1 = عدم کاربرد و S_2 = ۵ لیتر در هکتار) و تیمار اسید هیومیک با دو سطح (H_1 = عدم کاربرد و H_2 = ۱۶کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی بررسی شدند. صفات مورد بررسی شامل قطر کاپیتول، تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین، مجموع تعداد گل‌آذین در مترمربع، مجموع وزن تر و خشک گل‌آذین، شاخص برداشت گل‌آذین، اندازه‌گیری کاروتنوئید گلبرگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کیفیت رنگ گل‌های زرد و نارنجی (شاخص‌های L*a*b) بود. بیشترین وزن خشک گل‌آذین (۵۳ گرم در مترمربع)، وزن تر گل‌آذین (۳۸۰ گرم در مترمربع)، تعداد گل‌آذین در مترمربع (۳۷۲)، تعداد گل زبانه‌ای در گل‌آذین (۵۸) و شاخص برداشت (۱۴ درصد) به‌ترتیب در تیمارهای N_2S_1، N_2S_2، N_3S_2، N_3S_1 و N_1H_2 به‌دست آمد. کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار S_1H_2 مشاهده شد. بالاترین شاخص a برای گل‌های زرد (۵/۲۳)، شاخص L برای گل‌های زرد (۶۱/۶۴) و شاخص b برای گل‌های نارنجی (۸۴/۴۴) به‌ترتیب از تیمارهای $N_1S_1H_1$، $N_3S_2H_2$ و N_2H_2 به‌دست آمد. در کل، بهترین تیمارها برای دو صفت مهم عملکرد ماده خشک گل‌آذین و تعداد گل‌آذین در متر مربع به‌ترتیب N_2S_1 و N_2S_2 بود.

واژه‌های کلیدی: گیاه دارویی، دستگاه رنگ‌سنج، L*a*b، گل‌های زبانه‌ای

۱ و ۲. به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: alirezaabdali@ramin.ac.ir

مقدمه

از دیرباز قسمت‌های مختلف گیاه زینتی‌دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) از خانواده کاسنی اعم از ریشه، برگ، گل و دانه به‌دلیل برخورداری از خواص بیولوژیک متعدد (۳۵) بهره‌برداری می‌شود. از مواد مؤثر موجود در گل‌آذین و به‌ویژه از گلبرگ‌های گل‌های زبانه‌ای همیشه‌بهار برای تولید دارو استفاده می‌شود. حتی از این گیاه به‌عنوان داروی سنتی در رژیم‌های غذایی استفاده شده است (۱۹). این گیاه به‌تازگی به‌عنوان ضد التهاب برای استعمال خارجی و ترمیم زخم به‌صورت فزاینده‌ای استفاده می‌شود (۱، ۵ و ۲۶). از اسید سولفوریک می‌توان برای بهبود خاک‌های شور سدیمی، افزایش کیفیت آب آبیاری، کمک به تغذیه گیاهان، بالا بردن توانایی دریافت مواد مغذی توسط نباتات نیز بهره برد. تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمّی و کیفی محصول به‌شمار می‌آید. در تغذیه صحیح گیاه نه‌تنها باید هر عنصر غذایی به‌اندازه کافی در دسترس گیاه قرار بگیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۰ و ۲۳). بنا به گزارش هایس و کلپ (۱۵) مواد هیومیک بر رشد گیاهان و مواد معدنی تأثیر داشته و باعث افزایش تعداد ساقه، رشد جوانه‌ها، تکامل گل و افزایش تعداد گل می‌شود. اسید هیومیک در خاک دارای اثرات متعددی است که می‌تواند سبب ارتقای خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شود. به‌طور مثال، موجب افزایش نفوذپذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک، کمپلکس کردن یون‌های فلزی، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش مقاومت گیاه به خشکی می‌شود. بنابراین، به‌طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند بر رشد گیاه مؤثر باشد. کودهای شیمیایی از طریق تأمین سریع نیازهای غذایی گیاهان، باعث افزایش چشمگیر رشد و عملکرد می‌شوند (۲۴). واکنش گیاهان نسبت به جذب پتاسیم تا حد زیادی به سطح تغذیه نیتروژن بستگی دارد، معمولاً هر قدر گیاه از نیتروژن بیشتری برخوردار باشد، افزایش عملکرد به‌علت پتاسیم بیشتر است (۳۱). نیتروژن با شرکت در فعالیت‌های متابولیکی مؤثر بر مراحل رشد رویشی و زایشی و پتاسیم با تحریک توسعه برگ و ظرفیت فتوسنتزی بر عملکرد مؤثر هستند. در یک گزارش وانگ (۳۸)، اظهار کرد که با افزایش غلظت پتاسیم در نمک‌های فسفات پتاسیم و نیترات پتاسیم در محلول غذایی در گیاه ارکیده، تعداد گل، قطر گل و پهنای برگ افزایش یافت. رنگ گل توسط دو عامل اصلی، رنگدانه‌های موجود در واکوئل و شرایط درون‌واکوئلی، مثل اسیدیته واکوئل و یون‌های فلزی تعیین می‌شود. گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد رنگ گل به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر اسیدیته و میزان یون‌های فلزی است (۳۰). رنگ گل‌ها از ابعاد مختلف می‌تواند نقش مهم داشته باشد برای مثال می‌توان به تأثیر رنگ گل در جذب حشرات گرده‌افشان اشاره کرد. از سوی دیگر رنگ گل‌ها در زیبایی‌شناسی و بازارپسندی آنها نقش دارد. پژوهشگران با سه پارامتر رنگی L*a*b به ارزیابی رنگ پرداخته‌اند و از دستگاهی به نام کرومامتر (رنگ‌سنج) برای اندازه‌گیری این سه پارامتر استفاده می‌کنند. مدل رنگی L*a*b مرکب از جزء a (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) است. از مدل L*a*b اغلب برای مطالعات تحقیقی رنگ مواد غذایی اسفاده می‌شود (۳۹). در سال ۱۹۷۶ مدل Lab به‌وسیله کمیسیون بین‌المللی روشنایی (مقدار L که دامنه‌ای از صفر تا ۱۰۰ داراست) و دو جزء رنگی (دامنه‌ای از ۱۲۰- تا ۱۲۰+) شامل جزء a (دارای طیف رنگی سبز تا قرمز) و جزء b (دارای طیف رنگی آبی تا زرد) است. در صنعت و به‌ویژه صنعت چاپ از این دستگاه استفاده‌های متعدد صورت می‌گیرد. در صنایع غذایی نیز که کیفیت میوه در کارخانجات بسیار مهم است با انجام آزمایشات و تعیین میزان همبستگی موجود میان ترکیبات درون میوه و شاخص‌های رنگ L*a*b، میزان ترکیبات مورد نظر را در میوه تخمین می‌زنند و از انجام آزمایشات شیمیایی هزینه‌بَر که زمان طولانی برای رسیدن به نتیجه نیاز دارند خودداری می‌کنند. برای مثال در کارخانجات صنایع غذایی با استفاده از دستگاه کرومامتر کیفیت گوجه فرنگی را ارزیابی می‌کنند. از این شیوه نیز می‌توان برای ارزیابی رنگ گل‌ها، تخمین میزان رنگیزه‌های درون گلبرگ و تخمین کیفیت محصولات باغی و زراعی نیز استفاده کرد.

به‌دلیل مصارف متعدد دارویی، بهداشتی، زینتی و صنعتی گیاه همیشه بهار، مطالعه حاضر به‌منظور شناخت اثرات نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک بر ویژگی‌های مورفولوژیک، کیفیت گل‌ها و نیز عملکرد این گیاه صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر اسید سولفوریک، اسید هیومیک و محلول‌پاشی برگی نیترات پتاسیم بر عملکرد کمّی و کیفی گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی اهواز اجرا شد. منطقه مورد نظر دارای عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و با ارتفاع ۲۵ متر از سطح دریا است. میانگین حداکثر و حداقل درجه حرارت به‌ترتیب ۳۳ و ۱۴/۶ درجه سلسیوس و آب‌وهوای منطقه مذکور گرم و خشک است. آمار هواشناسی در جدول ۱ و ویژگی خاک محل آزمایش در جدول ۲ درج شده است.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۲۵ سانتی‌متر و دو دیسک عمود برهم برای خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین با ماله بود. پس از تسطیح، اقدام به ایجاد کرت‌ها در هر تکرار و جوی آب (به عرض نیم متر) در حد فاصل تکرارها شد. سپس نقشه طرح اجرا و تیمار اسید سولفوریک چند روز قبل از کشت به‌صورت خاک کاربرد در کرت‌های مورد نظر اعمال شد. تیمار اسید هیومیک نیز از منبع سوپر هیومات (شرکت زیست‌فناور سبز، دارای ۶۷ درصد اسید هیومیک و هشت درصد پتاس) ۱۴ روز بعد از کشت در کرت‌های فرعی اعمال شد. کاشت بذر در تاریخ پنج آذر ۱۳۹۴ به‌صورت مستقیم داخل کرت‌ها انجام شد. در این آزمایش عامل نیترات پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی در دو مرحله از رشد گل همیشه‌بهار که شامل یک ماه بعد از کشت و ۵۰ درصد گل‌دهی، در روزهای صاف و بدون وزش باد اعمال شد. این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه عامل و چهار تکرار اجرا شد. فاکتور نیترات پتاسیم در سه سطح (عدم کاربرد، ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌عنوان فاکتور اصلی، اسید سولفوریک در دو سطح (عدم کاربرد و پنج لیتر در هکتار) و فاکتور اسید هیومیک در دو سطح (عدم کاربرد و ۱۶ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی بررسی شدند. اولین آبیاری در روز بعد از کاشت و به روش غرقابی انجام و آبیاری‌های بعدی به‌طور میانگین در فواصل یک هفته‌ای انجام شد. عملیات تنک کردن در دو مرحله چهار برگی و شش تا هشت برگی برای رسیدن به تراکم مورد نظر (۱۲/۵ بوته در مترمربع) انجام شد. در طول مدت فصل رشد عملیات وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام گرفت. هر کرت فرعی دارای سه متر طول و عرض ۲/۵ متر بود. در هر کرت شش ردیف کاشت ۲۰۰ سانتی‌متری به فاصله ۴۰ سانتی‌متر از یکدیگر وجود داشت که پس از حذف دو ردیف کناری کرت به‌عنوان اثر حاشیه از چهار خط باقی‌مانده با حذف ۳۰ سانتی‌متری ابتدا و انتهای خط کاشت نمونه‌برداری به عمل آمد. در همیشه‌بهار با آغاز گل‌دهی به‌طور مدام روند گل‌دهی تا مرگ گیاه ادامه می‌یابد، بر این اساس هر بار که ۸۰ درصد گل‌دهی اتفاق افتاد، اقدام به برداشت گل‌ها شد و بر همین مبنا درمجموع سه بار برداشت گل انجام گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل قطر کاپیتول، تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل آذین، مجموع تعداد گل‌آذین (در سه چین برداشت)، مجموع وزن تر و خشک گل‌آذین (در سه چین برداشت)، شاخص برداشت گل‌آذین، اندازه‌گیری کاروتنوئید برگ و گلبرگ، اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اندازه‌گیری شدت رنگ گل بود. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک گل‌آذین در واحد سطح در هر کرت یک متر از خطوط کاشت را درنظر گرفته و در سه نوبت پس از گل‌دهی از وزن تر و خشک گل‌آذین‌ها در آن مقطع اندازه‌گیری به عمل آمد. به این صورت که ابتدا وزن تر آنها با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱) اندازه‌گیری شده و وزن خشک آنها نیز پس از قرار دادن گل‌آذین‌ها در آونی با دمای ۷۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت یادداشت شد. به این منظور

جدول ۱. آمار هواشناسی ایستگاه اهواز طی دوره رویش

ماه	میانگین بیشینه دما	میانگین کمینه دما	جمع بارندگی	تعداد روزهای بارانی	جمع ساعت آفتابی
	(درجه سلسیوس)		(میلی‌متر)		
آذر ۹۴	۲۰/۸	۹/۵	۵۲/۴	۵	۱۹۹/۴
دی ۹۴	۱۸/۶	۸/۹	۷۴/۹	۶	۱۸۴/۰
بهمن ۹۴	۲۰/۶	۸/۶	۴/۴	۵	۲۴۰/۵
اسفند ۹۴	۲۷/۶	۱۴/۳	۲۷/۴	۳	۲۰۲/۴
فروردین ۹۵	۲۹/۵	۱۶/۰	۴۰/۸	۵	۲۶۹/۴
اردیبهشت ۹۵	۳۹/۷	۲۳/۸	۰/۳	۲	۳۰۸/۹

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

ویژگی‌های خاک	عمق نمونه‌برداری (صفر-۳۰ سانتی‌متر)	عمق نمونه‌برداری (۳۰-۶۰ سانتی‌متر)
ماده آلی (درصد)	۰/۸۹	۰/۴۷
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر مول)	۳/۱	۲/۳
pH	۷/۹	۷/۸
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۹/۳	۶/۷
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر گیلوگرم)	۱۴۳	۱۲۵
نیتروژن کل (درصد)	۰/۰۵	۰/۰۸
بافت خاک	سیلتی- رسی	سیلتی- رسی

شمارش تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل آذین، ۱۰ عدد گل در هر کرت انتخاب و از تعداد گلبرگ‌های آن شمارش به‌عمل آمد. برای اندازه‌گیری قطر کاپیتول، در هر کرت ۱۰ عدد گل به‌صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شدت رنگ گلبرگ‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (مدل chroma meter سری ۴۰۰ شرکت کوکینا مینولتای ژاپن) انجام شد. چون گل‌های همیشه‌بهار به رنگ زرد و نارنجی بودند برای این کار از هر کرت دو عدد گل با رنگ زرد و دو عدد گل با رنگ نارنجی انتخاب شد، سپس با دستگاه رنگ‌سنج با اندازه‌گیری سه پارامتر رنگی L*a*b کیفیت رنگ آنها ارزیابی و میانگین آنها ثبت شد.

اندازه‌گیری خاصیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش DPPH (۷) انجام گرفت. شاخص برداشت گل‌آذین در پایان فصل رشد و پس از اتمام نمونه برداری‌ها شاخص برداشت گل با استفاده از فرمول HI(٪) = (Y/BY)×۱۰۰ محاسبه شد که در آن HI شاخص برداشت برحسب درصد، Y و BY به‌ترتیب نشان‌دهنده عملکرد ماده خشک گل‌آذین و عملکرد بیولوژیک است. اندازه‌گیری کاروتنوئید گلبرگ به‌روش آرنون (۲) صورت پذیرفت. تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

قطر کاپیتول

قطر کاپیتول تحت تأثیر تیمارهای مورد ارزیابی قرار نگرفت

(جدول ۳). خسروی و همکاران (۲۰) با کاربرد متانول و گلزاده و همکاران (۱۱) با کاربرد آمینول فورته (۱/۵ لیتر در هکتار) افزایش قطر کاپیتول را نسبت به شاهد به‌ترتیب در گیاهان دارویی سرخارگل و بابونه آلمانی گزارش کردند. این اختلاف نتایج ممکن است تحت تأثیر شرایط اقلیمی متفاوت، تفاوت گونه، تفاوت تیمارها و زمان کشت متفاوت باشد.

تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین

بر اساس نتایج آزمایش (جدول ۳) اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک بر تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین معنی‌دار شد. مشاهدات مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان داد بیشترین میانگین تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین (۵۸/۸۳) با کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید سولفوریک حاصل شد که با ترکیب تیماری عدم کاربرد نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک و نیز عدم کاربرد نیترات پتاسیم و کاربرد اسید سولفوریک اختلاف معنی‌داری نداشت. عدم وجود اختلاف معنی‌دار میان ترکیب تیماری عدم کاربرد نیترات پتاسیم × عدم کاربرد اسید سولفوریک با دو ترکیب تیماری دیگر که بالاترین تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین را داشته‌اند شاید نشان‌دهنده پیچیدگی و تأثیرپذیری متفاوت صفات زایشی در مقایسه با صفات رویشی در برابر تیمارهای آزمایشی باشد. در هنگام گل‌انگیزی، تمایز سلولی و تشکیل آغازه‌های اندام‌های جنسی و درنهایت تشکیل گامت‌ها و لقاح و همچنین افزایش تقسیم میوز در فاز زایشی ممکن است گل‌ها و یا اجزای گل در برابر تنش‌ها و تیمارهای آزمایشی واکنش‌ها و روند متفاوتی نسبت به آنچه در صفات رویشی انتظار می‌رود داشته باشند. کمترین تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین با میانگین ۴۷/۸۵ با کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم همراه با عدم کاربرد اسید سولفوریک به‌دست آمد. غلظت میانه نیترات پتاسیم همراه با اسید سولفوریک و غلظت بالای نیترات پتاسیم با کاربرد و عدم کاربرد اسید سولفوریک کمترین تعداد گل زبانه‌ای را دارا بوده‌اند. همچنین به‌نظر می‌رسد کاربرد توأم نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک اثر کاهنده بر تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین داشته است درحالی که کاربرد جداگانه هر یک از این تیمارها بدون کاربرد تیمار دیگر باعث افزایش تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین شده است. در آزمایشی روی گیاه رُز، بیشترین تعداد گلبرگ به‌طور معنی‌داری از کاربرد بالاترین سطح کود پتاسیم به‌دست آمد (۱۴). ساکر (۳۲) گزارش کرد که در گیاه همیشه‌بهار بالاترین تعداد گل زبانه‌ای در گل‌آذین از کاربرد توأم کودهای NPK، چای کمپوست و چای کود گوسفندی حاصل شد. احتمال دارد کاربرد توأم نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک باعث افزایش و یا کاهش بیش از اندازه برخی از عناصر و یا ترکیباتی در گیاه شود که اثر کاهنده یا بازدارنده بر متابولیسم گیاه در راستای تولید گل‌های زبانه‌ای داشته باشد. از سوی دیگر این نتایج نشان داد که تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین می‌تواند تحت تأثیر عوامل تغذیه‌ای قرار بگیرد.

مجموع تعداد گل‌آذین

اثر متقابل نیترات پتاسیم × اسید سولفوریک بر تعداد گل‌آذین در واحد سطح معنی‌دار شد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین(جدول ۴) بیشترین تعداد گل‌آذین در متر مربع با میانگین ۳۷۲/۱۹ با کاربرد تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و کاربرد اسید سولفوریک به‌دست آمد که با تیمار ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم توأم با عدم کاربرد اسید سولفوریک و نیز تیمار عدم کاربرد نیترات پتاسیم توأم با عدم کاربرد اسید سولفوریک تفاوت معنی‌داری نداشت لذا در سطح کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم کاربرد و یا عدم کاربرد اسید سولفوریک تأثیر معنی‌داری بر افزایش تعداد گل‌آذین نداشته است. در آزمایشی گلدانی اثر کاربرد پتاسیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر ارکیده گل سفید فالانوپسیس بررسی و مشاهده شد با افزایش غلظت پتاسیم تعداد و قطر گل‌ها افزایش یافت (۳۸). کمترین میانگین تعداد گل‌آذین به‌میزان ۲۲۵/۳

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گل همیشه بهار تحت تأثیر نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		مجموع تعداد گل‌آذین	مجموع وزن تر گل‌آذین	مجموع وزن خشک گل‌آذین	شاخص برداشت گل‌آذین	تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل‌آذین	قطر کاپیتول	کاروتنوئید گلبرگ	آنتی‌اکسیدان
تکرار	۳	۶۸۵/۳۱^{ns}	۹۹۰/۷۴^{ns}	۳۵/۶۵^{ns}	۵/۴۶^{ns}	۵۵/۵۵^{ns}	۰/۰۰۵۳^{ns}	۰/۴۵۷۹*	۰/۰۰۰۴۰*
نیترات پتاسیم	۲	۳۹۳۵۲/۵۷**	۳۰۴۲۶/۹۱**	۶۳۶/۹۶*	۳۸/۵۱*	۱۴۸/۷۰^{ns}	۰/۰۱۸۵^{ns}	۰/۷۱۹۴**	۰/۰۰۰۶۸*
خطای عامل اصلی	۶	۳۲۳۵/۱۴^{ns}	۱۵۸۳/۲۴^{ns}	۱۰۴/۴۳^{ns}	۸/۱۴^{ns}	۳۴/۰۸^{ns}	۰/۰۰۵۶^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۸^{ns}
اسید سولفوریک	۱	۴۵۴۰/۱۵^{ns}	۳۷/۰۹^{ns}	۹/۵۳^{ns}	۱۴/۰۴^{ns}	۲۸/۲۳^{ns}	۰/۰۰۲۳^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۶۱*
اسید هیومیک	۱	۸۱۳/۱۱^{ns}	۹۱/۵۲^{ns}	۱۹/۶۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۴۷/۴۵^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۱۱^{ns}
نیترات پتاسیم × اسیدسولفوریک	۲	۱۲۲۰۱/۱۲*	۲۰۱۴۵/۴۶**	۵۱۷/۱۹**	۳/۵۱^{ns}	۱۲۸/۳۰*	۰/۰۰۷۰^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۹^{ns}
نیترات پتاسیم × اسیدهیومیک	۲	۱۲۰۰۲/۳۷*	۹۸۶۳/۶۲^{ns}	۱۶۱/۴۶^{ns}	۳۵/۳۰*	۳۰/۱۸^{ns}	۰/۰۰۳۲^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۶^{ns}
اسیدسولفوریک × اسیدهیومیک	۱	۳۴۵۷۰/۰۰**	۱۰۰۷۶/۱۹^{ns}	۴۲۳/۹۵*	۱۶/۸۰^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۰۳۲^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۷۶*
نیترات تاسیم × اسیدسولفوریک × اسیدهیومیک	۲	۸۲۹/۲۲^{ns}	۲۴۵۶/۲۳^{ns}	۹۵/۱۱^{ns}	۲/۱۹^{ns}	۶/۱۰^{ns}	۰/۰۰۷۹^{ns}	۱۵/۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۲۴^{ns}
خطا	۲۷	۳۱۲۹/۰۴	۲۹۶۷/۱۶	۷۸/۵۷	۸/۴۵	۳۱/۳۱	۰/۰۰۲۷	۰/۲۲۸۱	۰/۰۰۰۱۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۸/۳۵	۱۸/۸۱	۱۹/۵۷	۲۵/۸۳	۱۰/۶۹	۳/۶۵	۱۰/۱۴	۱۹/۵۷

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک بر صفات مورد ارزیابی گل همیشه‌بهار

تیمار	تعداد گل‌های زبانه‌ای در گل آذین	مجموع تعداد گل‌آذین (تعداد در مترمربع)	وزن تر گل‌آذین (گرم در مترمربع)	وزن خشک گل‌آذین (گرم در مترمربع)	شاخص a (برای گل نارنجی)
N_1S_1	۵۲/۸۳ ab	۳۵۲/۸۱ a	۳۳۳/۲۱ ab	۵۱/۷۸ a	۱۲/۲۳ bc
N_1S_2	۵۶/۲۰ a	۲۴۰/۹۳ b	۲۱۱/۶۸ c	۳۶/۲۲ bc	۱۴/۶۹ ab
N_2S_1	۵۸/۸۳ a	۳۶۹/۵۸ a	۳۴۵/۲۲ ab	۵۳/۳۱ a	۱۷/۹۳ a
N_2S_2	۴۹/۳۶ b	۳۷۲/۱۹ a	۳۸۰/۴۸ a	۵۲/۷۲ a	۱۳/۷۴ abc
N_3S_1	۴۷/۸۵ b	۲۲۵/۳۸ b	۱۹۶/۵۷ c	۳۰/۰۷ c	۱۸/۹۴ a
N_3S_2	۴۸/۳۱ b	۲۵۹/۰۹ b	۲۷۵/۰۷ bc	۴۲/۹۵ ab	۹/۷۷ c

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد، ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم کاربرد و پنج لیتر در هکتار اسید سولفوریک است. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد با یکدیگر ندارند.

گل در متر مربع مربوط به تیمار غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید سولفوریک بود. کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم اثر منفی بر تعداد گل‌آذین داشت و این دلیلی بر بازدارندگی این غلظت از نیترات پتاسیم در شرایط اقلیمی محل اجرای آزمایش بود. اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید هیومیک برای تعداد گل‌آذین در مترمربع معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین تعداد گل‌آذین در مترمربع با کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم توأم با کاربرد اسید هیومیک (۳۷۱/۲۵) و یا عدم کاربرد اسید هیومیک (۳۷۱/۲۵) بدون اختلاف معنی‌دار به‌دست آمد. این دو ترکیب تیماری با ترکیب تیماری عدم کاربرد نیترات پتاسیم توأم با عدم کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در آزمایشی کاربرد توأم کود گاوی و اسید اسکوربیک تعداد گل‌آذین در بوته همیشه‌بهار را نسبت به شاهد نزدیک به دو برابر افزایش داد (۲۲) که این امر نشان‌دهنده تأثیرپذیری بالای صفت تعداد گل‌آذین از عوامل تغذیه‌ای است. غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم برکیلوگرم نیترات پتاسیم کمترین تعداد گل را داشت به‌طوری که کمترین تعداد گل‌آذین در مترمربع از کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید هیومیک (۱۹۷/۹۵) مشاهده شد که نشان‌دهنده از فراتر از نیاز بودن این میزان از نیترات پتاسیم برای این گیاه و اثر کاهنده آن بر تعداد گل‌آذین در واحد سطح بود. اثر متقابل اسید هیومیک و اسید سولفوریک بر تعداد گل‌آذین نیز معنی‌دار شد (جدول ۳). وقتی هیومیک اسید مصرف نشد، مصرف اسید سولفوریک سبب کاهش تعداد گل آذین شد ولی با مصرف هیومیک اسید بین مصرف و عدم مصرف سولفوریک اسید تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۷). بالا بودن تعداد گل‌آذین در ترکیب تیماری عدم کاربرد اسید سولفوریک و اسید هیومیک شاید به‌علت نبود فراهمی عناصر غذایی برای رشد رویشی بالا و درنتیجه عدم غلبه رشد رویشی بر رشد زایشی بوده باشد، لذا کمترین تعداد گل‌آذین در مترمربع (۲۵۲/۹۵) مربوط به کاربرد توأم تیمار اسید سولفوریک و عدم کاربرد اسید هیومیک بود. در خاک‌هایی با pH بالا، کاربرد اسید سولفوریک شاید بیشتر نقش اصلاحی در خاک داشته و به‌تنهایی تأثیر چندانی در فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن که نقش اساسی در رشد رویشی دارند نداشته باشد، بنابراین اسید هیومیک با توجه به نقش تغذیه‌ای که دارد می‌تواند تا حدودی جبران این کاستی را کند.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس شدت رنگ گل زرد و نارنجی همیشه بهار تحت تأثیر نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		L (شفافیت) گل زرد	a (تمایل به قرمزی) گل زرد	b (تمایل به زردی) گل زرد	L (شفافیت) گل نارنجی	a (تمایل به قرمزی) گل نارنجی	b (تمایل به زردی) گل نارنجی
تکرار	۳	۱۸/۱۰^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۳۲۷/۷۶^{ns}	۴۸/۳۵^{ns}	۴۳/۱۸^{ns}	۸۰۳/۳۴^{ns}
نیترات پتاسیم	۲	۲۴۶/۴۹^{ns}	۶/۲۵*	۷۴۱/۴۱*	۲۹۴/۲۶^{ns}	۱۳/۳۳^{ns}	۳۵۵/۳۴^{ns}
خطای عامل اصلی	۶	۶۰/۰۸^{ns}	۰/۸۱^{ns}	۱۱۸/۴۶^{ns}	۷۴/۹۳^{ns}	۳۰/۴۸^{ns}	۳۱۶/۳۱^{ns}
اسید سولفوریک	۱	۰/۵۴^{ns}	۵/۷۱*	۴۰/۴۸^{ns}	۴۹۶/۹۳*	۱۰۸/۳۲*	۵۲۸۳/۷۳**
اسید هیومیک	۱	۲۶/۲۰^{ns}	۱۸/۵۱**	۰/۱۹^{ns}	۶/۵۲^{ns}	۰/۸۹^{ns}	۳۴۳/۰۸^{ns}
نیترات‌پتاسیم × اسیدسولفوریک	۲	۴۵۹/۵۱**	۱/۴۷^{ns}	۱۴۰/۱۴^{ns}	۱۰۸/۳۵^{ns}	۹۷/۲۶**	۲۱۸/۶۸^{ns}
نیترات‌پتاسیم × اسیدهیومیک	۲	۵/۵۱^{ns}	۷/۴۱**	۱۰۰/۹۳^{ns}	۱۴۷/۷۱^{ns}	۴۸/۲۶^{ns}	۱۷۴۸/۱۴**
اسیدسولفوریک × اسیدهیومیک	۱	۱۷/۷۸^{ns}	۱/۰۲^{ns}	۴۷۸/۶۰^{ns}	۵/۲۴^{ns}	۱۵۶/۳۸**	۳۶۶/۰۹^{ns}
نیترات‌پتاسیم × اسیدسولفوریک × اسیدهیومیک	۲	۱۷۴/۸۵**	۲۱/۹۱**	۸۵/۲۲^{ns}	۲۲/۸۴^{ns}	۲۰/۰۶^{ns}	۴۹۹/۰۹^{ns}
خطا	۲۷	۲۰/۶۲	۱/۲۱	۲۰۴/۳۶	۹۵/۳۹	۱۶/۳۵	۲۵۴/۵۲
ضریب تغییرات (٪)		۹/۵۰	۳۱/۰۲	۲۰/۸۳	۲۳/۵۲	۲۷/۲۷	۲۷/۱۶

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید هیومیک بر صفات مورد ارزیابی گل همیشه‌بهار

تیمار	مجموع تعداد گل‌آذین (تعداد در مترمربع)	شاخص برداشت گل‌آذین (درصد)	شاخص b (گل نارنجی)
N_1H_1	۳۲۵/۱۰^{ab}	۱۱/۶۶^{abc}	۵۴/۱۹^{b}
N_1H_2	۲۶۸/۴۵^{bc}	۱۴/۵۲^{a}	۵۷/۷۴^{b}
N_2H_1	۳۷۱/۲۵^{a}	۸/۹۳^{c}	۵۱/۱۰^{b}
N_2H_2	۳۷۱/۲۵^{a}	۱۰/۰۴^{bc}	۸۴/۴۴^{a}
N_3H_1	۱۹۷/۹۵^{c}	۱۳/۰۸^{ab}	۶۶/۷۱^{ab}
N_3H_2	۲۸۶/۵۱^{b}	۸/۹۷^{c}	۴۹/۲۲^{b}

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد، ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و H_1 و H_2 به‌ترتیب عدم کاربرد و ۱۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک است. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد با یکدیگر ندارند.

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سولفوریک و اسید هیومیک بر صفات مورد ارزیابی گل همیشه‌بهار

تیمار	مجموع تعداد گل‌آذین (تعداد در مترمربع)	وزن خشک گل‌آذین (گرم در مترمربع)	آنتی‌اکسیدان (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	شاخص a (گل نارنجی)
S_1H_1	۳۴۳/۲۵^{a}	۴۹/۴۳^{a}	۰/۰۶۲^{a}	۱۸/۷۲^{a}
S_1H_2	۲۸۸/۵۹^{ab}	۴۰/۶۷^{b}	۰/۰۴۸^{b}	۱۴/۰۱^{b}
S_2H_1	۲۵۲/۹۵^{b}	۴۱/۰۹^{ab}	۰/۰۶۱^{a}	۱۰/۷۲^{b}
S_2H_2	۳۲۹/۰۱^{a}	۴۶/۸۴^{ab}	۰/۰۶۶^{a}	۱۴/۷۵^{ab}

S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم کاربرد و پنج لیتر در هکتار اسید سولفوریک و H_1 و H_2 به‌ترتیب تیمار عدم کاربرد و ۱۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک است و میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد با یکدیگر ندارند.

مجموع وزن تر گل‌آذین

اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک بر صفت وزن تر گل‌آذین معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین وزن تر گل با میانگین ۳۸۰/۴۸ گرم در مترمربع مربوط به تیمار کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و کاربرد اسید سولفوریک بود (جدول ۴). برخی از پژوهشگران معتقدند (۳۳، ۳۴ و ۳۷) که نیترات پتاسیم با توسعه سطح فتوسنتزی و اسید سولفوریک با افزایش انتقال عناصر از ریشه به اندام هوایی و تجمع مواد اسموتیک باعث افزایش فشار تورگر و تمایل به جذب آب بیشتر شده و به این صورت بر وزن تر گل مؤثر واقع می‌شوند. از سوی دیگر دی‌آنجلو و همکاران (۸) معتقدند مواد سنتز شده در مرحله گل‌دهی به‌طور عمده به سمت اندام‌های زایشی منتقل می‌شود. البته صفت وزن تر اندام‌های گیاهی از نظر برخی از فیزیولوژیست‌های گیاهی صفت چندان قابل اعتماد و با ثباتی نیست زیرا این صفت در مقاطع زمانی کوتاه به‌شدت تحت تأثیر عوامل زیستی و غیر زیستی قرار داشته و تغییر می‌کند و همین امر تفسیر نتایج به‌دست آمده را مشکل می‌سازد. در شرایطی که نیترات پتاسیم اعمال نشد نقش کاربرد اسید سولفوریک در افزایش وزن تر گل‌آذین کاهش یافت و کمترین وزن تر گل‌آذین نیز با میانگین ۱۹۶/۵۷ گرم در مترمربع مربوط به تیمار

غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید سولفوریک بود. احتمال دارد عدم کاربرد اسید سولفوریک، گیاه را با کمبود عناصر غذایی و کاهش پتانسیل اسمزی مواجه ساخته و درنتیجه با کاهش تمایل به جذب آب باعث کاهش وزن تر گل شده است.

مجموع وزن خشک گل‌آذین

اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک بر مجموع وزن خشک گل‌آذین معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین وزن خشک گل‌آذین (۵۳/۳۱ گرم در مترمربع) زمانی به‌دست آمد که از غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید سولفوریک استفاده شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم توانسته است اسیمیلات‌های بیشتری را روانه گل‌آذین‌ها کند. در واقع نیتروژن با شرکت در فعالیت‌های متابولیک مؤثر بر مراحل رشد رویشی و زایشی و پتاسیم با تحریک توسعه برگ و ظرفیت فتوسنتزی بر عملکرد مؤثر هستند. کمترین میزان وزن خشک گل‌آذین مربوط به کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید سولفوریک (۳۰/۰۷ گرم در مترمربع) بود که با ترکیب تیماری عدم کاربرد نیترات پتاسیم و کاربرد اسید سولفوریک (۳۶/۲۲ گرم در مترمربع) تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی پایین یا بالا بودن عرضه مواد غذایی می‌تواند در تعادل و نسبت رشد رویشی و زایشی گیاه تأثیر بگذارد. اثر متقابل اسید سولفوریک و اسید هیومیک نیز معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین وزن خشک گل‌آذین از ترکیب تیماری عدم کاربرد اسید سولفوریک و اسید هیومیک به‌دست آمد که به‌جز با ترکیب تیماری عدم کاربرد اسید سولفوریک و کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم (کمترین میانگین با ۴۰/۶۷ گرم در مترمربع) با سه ترکیب تیماری دیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۷). کاربرد همزمان اسید هیومیک و اسید سولفوریک نقش مؤثرتری در افزایش رشد رویشی نسبت به رشد زایشی نشان داد (نتایج منتشر نشده آزمایش) و به این ترتیب این دو عامل به‌طور مستقیم نقش قابل توجهی در افزایش وزن خشک گل‌آذین که جزء بخش زایشی است نداشته‌اند. کمترین وزن خشک گل‌آذین (۴۰/۶۷ گرم در مترمربع) مربوط به عدم کاربرد اسید سولفوریک و کاربرد اسید هیومیک بود (جدول ۷). در شرایطی که از تیمار اسید سولفوریک استفاده شد نقش کاربرد اسید هیومیک نیز در افزایش وزن خشک گل مثبت بود، هرچند در این حالت بیشترین مقدار ماده خشک گل‌آذین حاصل نشد، اما می‌توان تا حدودی به نقش مثبت استفاده همزمان اسید سولفوریک و اسید هیومیک پی برد.

شاخص برداشت گل‌آذین

اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید هیومیک بر صفت شاخص برداشت گل‌آذین معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار عدم کاربرد نیترات پتاسیم و کاربرد اسید هیومیک (۱۴/۵۲ درصد) بود که اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیماری ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید هیومیک (۱۳/۰۸ درصد) نداشت (جدول ۶). با افزایش غلظت اسید هیومیک افزایش عملکرد بیولوژیک نیز به‌وقوع پیوست که این شاید به‌دلیل وجود عناصر ضروری رشد در این ماده آلی است. واسقی و همکاران (۳۶) افزایش وزن خشک اندام هوایی به موازات افزایش سطح کود آلی در گیاه اسفناج را گزارش کردند. با افزایش سطوح نیترات پتاسیم اثر کاربرد اسید هیومیک در افزایش شاخص برداشت یک روند نزولی داشت و در ترکیب تیماری کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم توأم با عدم کاربرد اسید هیومیک به حداقل مقدار خود (۸/۹۳ درصد) رسید.

کاروتنوئید گلبرگ

گل‌های همیشه‌بهار طیف متنوعی از ترکیب‌های کاروتنوئیدی مانند بتاکاروتن، لیکوپن، فلاووگزانتین، لوتئین و غیره را شامل می‌شوند (۲۷). گل‌های زبانه‌ای گیاه همیشه‌بهار به‌منزله یک منبع ارزشمند از ترکیب‌های کاروتنوئیدی، یکی از گزینه‌های مطرح برای جایگزینی رنگ‌های شیمیایی به‌منظور تولید

رنگ‌های طبیعی و دوست‌دار محیط زیست است (۱۲). به نظر می‌رسد ترکیبات کاروتنوئیدی و پس از آن فلاونوئیدها در گل همیشه‌بهار می‌توانند مسئول فعالیت آنتی‌اکسیدانی در عصاره‌های استخراج شده از این گیاه باشند. در گزارشی (۲۵) عنوان شده است که فلاونوئیدها و کاروتنوئیدهای موجود در همیشه‌بهار این گیاه را به منبع غنی از ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی مبدل ساخته است. نتایج مشابه دیگری در پژوهش‌های راینها و همکاران (۲۸) از بررسی روابط همبستگی بین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدها در گونه‌ای از گل راعی (*Foliosum hipericum*) گزارش شده است. از این‌رو اطلاع از عوامل تأثیرگذار بر میزان این ترکیبات و افزایش یا حفظ آن از اهمیت بالایی برخوردار است. اثر نیترات پتاسیم بر کاروتنوئید گلبرگ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد (جدول ۸) بیشترین مقدار کاروتنوئید گلبرگ (۴/۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌طور معنی‌داری با کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم به‌دست آمد. همچنین سطوح کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم (۴/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عدم کاربرد نیترات پتاسیم به‌طور معنی‌داری در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. احتمال دارد نیترات پتاسیم با افزایش فعالیت‌های متابولیک مؤثر بر رشد زایشی و با تأثیر مثبت در ساخت پیش‌سازهای کاروتنوئید توانسته است بر مقدار آن اثر گذار باشد. همچنین کاربرد اسید هیومیک میزان کاروتنوئید گلبرگ را نسبت به عدم کاربرد کاروتنوئید به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۸).

آنتی‌اکسیدان

آنتی‌اکسیدان‌ها موادی هستند که در غلظت‌های کم قادر به پیشگیری و یا به تأخیر انداختن اکسیداسیون ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن هستند (۱۳). نظر به اینکه گیاهان یکی از منابع مهم آنتی‌اکسیدان‌ها هستند، تحقیقات در این زمینه رو به افزایش است. گیاهانی که غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدان هستند می‌توانند باعث حفاظت سلول‌ها از آسیب‌های اکسیداتیو شوند (۲۱). اثر متقابل اسید هیومیک و اسید سولفوریک بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳). کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به ترکیب تیماری عدم کاربرد اسید سولفوریک و کاربرد اسید هیومیک (۰/۰۴۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) بود درحالی که سه ترکیب تیماری دیگر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۷). اینکه برخلاف انتظار، ترکیب تیماری عدم کاربرد اسید سولفوریک و عدم کاربرد اسید هیومیک توانسته هم‌تراز دو ترکیب تیماری دیگر بیشترین میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی را داشته باشد، شاید به ویژگی متابولیت‌های ثانویه درون گیاه که نقش مهمی در خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند مربوط شود زیرا در بسیاری از مواد تحت تنش‌های محیطی میزان متابولیت‌های ثانویه که جنبه دفاعی برای گیاه دارند افزایش می‌یابد لذا در شرایط کمبود عناصر غذایی و یا شوری احتمال افزایش این گونه از ترکیبات و به‌دنبال آن افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌رود. راجندران و همکاران (۲۹) در آزمایشی روی گیاه هویج وحشی مشاهده کردند تنش کمبود فسفر باعث افزایش معنی‌دار درصد آنتوسیانین‌ها که خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند در مقایسه با تیمار شاهد شد.

شدت رنگ گل

درجه شفافیت (L) برای گل‌های زرد رنگ

درجه شفافیت گل‌های زرد تحت تأثیر اثر متقابل سه‌گانه نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین درجه شفافیت گل‌های زرد با میانگین ۶۱/۶۴ درجه مربوط به کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم × کاربرد اسید سولفوریک × کاربرد اسید هیومیک بود (جدول ۹). کمترین درجه شفافیت نیز با میانگین ۳۸/۳۸ درجه مربوط به عدم کاربرد نیترات پتاسیم و کاربرد توأم اسید سولفوریک و اسید هیومیک بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده احتمال دارد که نقش کاربرد نیترات پتاسیم در اثر گذاری بر درجه روشنایی رنگ گلبرگ‌ها از دو عامل اسید سولفوریک

جدول ۸. نتایج مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گل همیشه‌بهار تحت تأثیر نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک

تیمار	کاروتنوئید گلبرگ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آنتی‌اکسیدان (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	شاخص b (برای گل زرد)	شاخص L (برای گل نارنجی)	شاخص b (برای گل نارنجی)
نیترات پتاسیم					
شاهد	۴/۷۱^{b}	۰/۰۶۸^{a}	۶۱/۰۱^{b}	۳۴/۶۸^{b}	۵۶/۹۱^{a}
۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم	۴/۴۴^{c}	۰/۰۶۰^{ab}	۶۷/۷۶^{ab}	۴۴/۴۹^{a}	۶۲/۹۵^{a}
۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم	۴/۹۹^{a}	۰/۰۵۳^{b}	۷۶/۳۶^{a}	۴۵/۳۸^{a}	۵۶/۳۳^{a}
اسیدسولفوریک					
شاهد	۴/۹۹^{a}	۰/۰۵۷^{a}	۶۹/۸۸^{a}	۴۵/۱۵^{a}	۷۱/۶۷^{a}
پنج لیتر در هکتار	۴/۶۵^{a}	۰/۰۶۳^{a}	۶۷/۳۳^{a}	۳۷/۸۸^{b}	۴۵/۷۹^{b}
اسیدهیومیک					
شاهد	۴/۸۹^{a}	۰/۰۶۲^{a}	۶۸/۵۸^{a}	۴۰/۶۵^{a}	۵۶/۳۵^{a}
۱۶ کیلوگرم در هکتار	۴/۵۴^{b}	۰/۰۵۹^{a}	۶۸/۶۳^{a}	۴۲/۳۸^{a}	۶۱/۱۱^{a}

حروف مشابه در هر ستون و در هر عامل آزمایشی، نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد است.

جدول ۹. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک بر صفات مورد ارزیابی گل همیشه‌بهار

تیمار	شاخص L (برای گل زرد)	شاخص a (برای گل زرد)
$N_1S_1H_1$	۴۲/۷۳^{def}	۵/۲۳^{a}
$N_1S_2H_1$	۴۵/۱۶^{def}	۵/۰۳^{ab}
$N_1S_1H_2$	۴۴/۴۷^{def}	۳/۱۶^{bc}
$N_1S_2H_2$	۳۸/۳۸^{f}	۰/۷۹^{d}
$N_2S_1H_1$	۴۹/۷۳^{cd}	۴/۹۶^{ab}
$N_2S_2H_1$	۴۷/۷۳^{cde}	۵/۱^{ab}
$N_2S_1H_2$	۵۸/۴۵^{ab}	۴/۷۸^{ab}
$N_2S_2H_2$	۳۸/۷۲^{f}	۲/۱۶^{cd}
$N_3S_1H_1$	۵۰/۶۱^{bcd}	۴/۴۱^{ab}
$N_3S_2H_1$	۵۵/۶۶^{abc}	۰/۸۴^{d}
$N_3S_1H_2$	۳۹/۸۵^{ef}	۰/۹۴^{d}
$N_3S_2H_2$	۶۱/۶۴^{a}	۴/۴۳^{ab}

N_1، N_2 و N_3 به‌ترتیب عدم کاربرد، ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم، S_1 و S_2 به‌ترتیب عدم کاربرد و پنج لیتر در هکتار اسید سولفوریک و H_1 و H_2 به‌ترتیب عدم کاربرد و ۱۶ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک است. میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای پنج درصد با یکدیگر ندارند.

و اسید هیومیک بیشتر باشد. نتایج اثر متقابل نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک روی درجه تمایل به رنگ قرمز گل (a) در گل‌های زرد نشان می‌دهد (جدول ۹) بالاترین میزان تمایل به رنگ قرمز گل با میانگین ۵/۲۳ درجه، مربوط به عدم کاربرد همزمان نیترات پتاسیم، اسید سولفوریک و اسید هیومیک است و از این نظر اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تیمارها دارد. به نظر می‌رسد کاربرد تیمارهای مذکور نمی‌تواند بر افزایش درجه رنگ قرمز گل اثرگذار باشد ولی در عوض کاربرد این تیمارها در افزایش شاخص‌های دیگر شدت رنگ گل مانند شاخص شفافیت (L) به‌طور مشخص مشهود بود (جدول ۹). همچنین در این پژوهش کمترین میزان تمایل به رنگ قرمز (a) در گل‌های زرد با میانگین ۰/۷۹ درجه مربوط به عدم کاربرد نیترات پتاسیم و کاربرد همزمان اسید سولفوریک و اسید هیومیک بود (جدول ۹). بررسی مشاهدات (جدول ۸) نشان داد میزان درجه تمایل به رنگ زرد (b) در گل‌های زرد رنگ تحت تأثیر نیترات پتاسیم قرار گرفت. بیشترین میزان درجه زردی گل با میانگین ۷۶/۳۶ درجه مربوط به تیمار کاربرد ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم است. واکنش درجه زردی گل با کاهش غلظت نیترات پتاسیم یک روند نزولی طی کرد و تا عدم کاربرد نیترات پتاسیم با میانگین ۶۱/۰۱ درجه به حداقل میزان خود رسید. نتایج حاکی از آن است که کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم با فراهم آوردن عناصر و شرایط مناسب برای متابولیت‌های مربوط به زردی گل توانسته است بر شدت رنگ زردی گل مؤثر باشد.

کیفیت رنگ گل نارنجی

با مشاهده نتایج (جدول ۵) مشخص می‌شود درجه شفافیت (L) گل نارنجی تحت تأثیر اسید سولفوریک قرار گرفته است. بررسی نتایج مقایسه میانگین (جدول ۸) نشان داد بیشترین درجه شفافیت گل نارنجی با میانگین ۴۵/۱۵ درجه مربوط به تیمار شاهد اسید سولفوریک است و از این نظر اختلاف معنی‌داری با کاربرد تیمار مذکور نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد کاربرد اسید سولفوریک بر متابولیت‌های مربوط به مؤلفه‌های گل زرد نسبت به گل‌های نارنجی اثرگذاری بیشتری دارد. اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید سولفوریک بر صفت تمایل به قرمزی (a) (جدول ۵) معنی‌دار شد، با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) مشخص شد که بیشترین درجه تمایل به رنگ قرمز برای گل‌های نارنجی با میانگین ۱۸/۹۴ درجه مربوط به تیمار غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد اسید سولفوریک است و از این نظر اختلاف معنی‌داری با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و عدم کاربرد نیترات پتاسیم ندارد. احتمال دارد کاربرد نیترات پتاسیم با تأثیر مثبت بر مسیر متابولیت‌های مربوط به شاخص رنگ قرمز گل توانسته است در صورت عدم کاربرد اسید سولفوریک اثرگذار باشد. با بررسی نتایج مشخص می‌شود روند تأثیرگذاری اسید سولفوریک در راستای کاربرد نیترات پتاسیم، کاهش یافته و این کاهش تا غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم به حداقل میزان خود با میانگین ۹/۷۷ رسید و از این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح داشت. با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مشخص می‌شود درجه تمایل به رنگ قرمز گل در گل‌های نارنجی تحت تأثیر اثر متقابل اسید سولفوریک و اسید هیومیک قرار گرفته است. نتایج داده‌ها (جدول ۷) نشان می‌دهد بیشترین میزان درجه تمایل به رنگ قرمز با میانگین ۱۸/۷۲ درجه با عدم کاربرد همزمان اسید سولفوریک و اسید هیومیک به‌دست آمد و از این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح تیمارها داشت. با این نتایج مشخص می‌شود که کاربرد اسید هیومیک هم با کاربرد و هم با عدم کاربرد اسید سولفوریک بر شاخص درجه رنگ قرمز اثر قابل توجهی ندارد. کمترین میزان شاخص درجه رنگ قرمز گل نیز با میانگین ۱۰/۷۲ درجه مربوط به تیمار شاهد اسید هیومیک و کاربرد اسید سولفوریک است. بررسی نتایج (جدول ۵) نشان می‌دهد درجه تمایل به رنگ زرد (b) در گل‌های نارنجی تحت تأثیر اسید سولفوریک قرار گرفته است. نتایج مقایسه‌های میانگین (جدول ۸) نشان داد بیشترین میزان درجه رنگ زرد با تفاوت

بسیار زیاد مربوط به عدم کاربرد اسید سولفوریک (۷۱/۶۷) است. در ارتباط با تمایل به رنگ زرد (b) به نظر می‌رسد کاربرد اسید سولفوریک تأثیر بیشتری بر گل‌های زرد رنگ در مقایسه با گل‌های نارنجی رنگ دارد. نتایج این پژوهش نشان داد (جدول ۵) درجه تمایل به رنگ زرد (b) تحت تأثیر اثر متقابل نیترات پتاسیم و اسید هیومیک قرار گرفته است. با بررسی نتایج مقایسات میانگین (جدول ۶) مشخص می‌شود بیشترین میزان شاخص رنگ زرد گل با میانگین ۸۴/۴۴ درجه مربوط به کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و کاربرد اسید هیومیک است و از این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح تیمارها دارد. با تحلیل مشاهدات می‌توان اظهار داشت با کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم، نقش کاربرد اسید هیومیک در متمایل شدن رنگ گل به سمت زرد شدن به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. این در حالی است که در سایر سطوح نیترات پتاسیم کاربرد اسید هیومیک نقش به‌سزایی در افزایش درجه رنگ زرد گل نداشت. کاربرد غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم در راستای کاربرد اسید هیومیک با تأثیر بر متابولیت‌های مؤثر بر زردی رنگ گل باعث افزایش شدت رنگ گل نارنجی به سمت زرد شدن شد. کمترین میزان درجه رنگ زرد گل با میانگین ۴۹/۲۲ درجه مربوط به تیمار غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیترات پتاسیم و کاربرد اسید هیومیک بود و اختلاف معنی‌داری با عدم کاربرد همزمان نیترات پتاسیم و اسید هیومیک نداشت (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش گیاه همیشه‌بهار توان بالای تولید گل‌آذین در واحد سطح (تا۳۷۰ گل‌آذین در مترمربع) در شرایط آب‌وهوایی اهواز را نشان داد. تیمارهای اسید سولفوریک، اسید هیومیک و نیترات پتاسیم بر برخی از صفات کمّی و کیفی دارای ارزش اقتصادی در گیاه همیشه‌بهار اثر معنی‌دار داشتند. با این وجود مقایسات میانگین اثرات متقابل دوگانه نشان داد برای برخی از صفات مانند وزن تر و خشک گل‌آذین، مجموع تعداد گل‌آذین در مترمربع، تعداد گل زبانه‌ای در گل‌آذین و شاخص برداشت گل‌آذین، تفاوت معنی‌داری میان عدم کاربرد تیمارها و برخی از ترکیبات تیماری دیگر وجود نداشت.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان برای همکاری در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Akihisa, T., K. Yasukawa, H. Oinuma, Y. Kasahara, S. Yamanouchi and M.Takido. 1996. Triterpene alcohols from the flowers of compositae and their anti-inflammatory effects. *Phytochemistry* 43: 1255-1260.
2. Arnon, D. I .1975. Physiological Principles of dry land crop production. pp. 3-14, *In:* U. S. Gupta (Ed.), Physiological Aspects of Dry Land Farming. Oxford and IBH Press. New Delhi.
3. Asgary, M., D. Habib and GH. Naderi. 2011. Effect of vermi compost, plant growth promoting Rhizobacteria and humic acid on growth factores of *Mentha piperita* L., in Central Province. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 7(4): 41-54. (In Farsi).
4. Berova, M., G. Karanatsidis, K. Sapundzhieva and V. Nikolova. 2010. Effect of organic fertilization on growth and yield of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Folia Horticulturae* 22(1): 3-7.
5. Bisset, N. J. 1994. Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals. Medpharm, Stuttgart and CRC, Bota Raton, Ann Arbor, London and Tokyo.
6. Boyhan G. E. 2008. Sulfur, its role in onion production and related alliums. pp. 183-196. *In:* J. Jez (Ed.). Sulfur: A Missing Link between Soils, Crops and Nutrition. Crop Science Society of America, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison.
7. Chen, Y., M. Y. Xie and X. F. Gong. 2007. Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from Ganoderma atrum. *Journal of Food Engineering* 81: 162-170.
8. D'Angelo, G. H., E. B. Postulka and L. Ferrar. 2005. Infrequent and intense defoliation benefits dry-matter

accumulation and persistence of clipped Arrhenatherum elatius. *Grass and Forage Science* 60(1): 17-24.
9. Droux, M. 2004. Sulfur assimilation and the role of sulfur in plant metabolism: A survey. *Bayer Crop Science* 79(3): 331-48.
10. Francis C. A., C. B. Flora and L. D. King.1990. Sustainable Agriculture in Temperate Zones. John Wiley and Sons, Incorporated. New York.
11. Golzadeh H., A. Mehrafarin, H. Naghdi Badi, F. Fazeli, A. Qaderi and N. Zarinpanjeh. 2012. Effect of bio-stimulators compounds on quantitative and qualitative yield of german chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Medicinal Plants* 1(41): 195-207. (In Farsi).
12. Guinot, P., A. Gargadenne, G. Valette, A. Fruchier and C. Andary. 2008. Primary flavonoids in Marigold dye: extraction, structure and involvement in the dyeing process. *Phytochemical Analysis* 19(1): 46-51.
13. Halliwell, B., R. Aeschbach, J. Loliger and O. I. Aruoma. 1995. The characterization of antioxidants. *Food and Chemical Toxicology* 33(7): 601-617.
14. Haq, A., M. A. Pervez, F. M. Tahir and M. Ahmad. 1999. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on vegetative and reproductive growth of Rose (*Rosa centifolia*). *International Journal of Agriculture and Biology* 1(1-2): 27-29.
15. Hayes, M. and C. E. Clap. 2001. Humic substances: consideration of composition, aspect of structure and environment influences. *Soil Science* 166: 723-737.
16. Jabeen, N. and R. Ahmad. 2011. Foliar application of Potassium Nitrate Affects the Growth and Nitrate Reductase Activity in Sunflower and Safflower leaves under salinity. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 39(2): 172-178.
17. Karimi, H., E. Tafazoli and N. Karimian. 2002. Effects of iron and sulfuric acid on vegetative and reproductive characteristics of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) in calcareous soil. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 3: 29-38. (In Farsi).
18. Kazemi, M. 2013. Effect of foliar application with potassium nitrate and methyl jasmonate on growth and fruit quality of cucumber. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Science* 2(11): 7-10.
19. Khodzhaeva M. A. and M. T. Turakhozhaev. 1993. Carbohydrates of calendula officinalis. *Chemistry of Natural Compounds* 29: 533-534.
20. Khosravi M. T., A. Mehrafarin, H. A. Naghdibadi, R. Hajiaghaee and E. Khosravi. 2011. Effect of methanol and ethanol application on yield of *Echinacea purpurea* L. in Karaj region. *Journal of Herbal Drugs* 2(2): 121-128. (In Farsi).
21. Kumaran, A. and R. J. Karunakaran, 2006. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of Coleus aromaticus. *Food Chemistry* 97: 109-114.
22. Maie Mohsen, M. A. and H. Ismail. 2016. Response of calendula officinalis L. which grown in saline soil to plant growth promoters and some organic substances. *International Journal of PharmTech Research* 9(4): 153-172.
23. Malakouti, M. J. and M. Homaee. 2005. Soil Fertility of Arid and Semi-Arid Regions "Difficulties and Solutions". 2nd, ed. Tarbiat Modarres University Press, Tehran. (In Farsi).
24. Mallanagouda, B. 1995. Effects of N.P.K and fym on growth parameters of onion, garlic and coriander. *Journal of Medic and Aromatic Plant Science* 4: 916-918.
25. Meda, A., C. E. Lamien, M. Romito, J. Millogo and O. G. Nacoulma. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry* 91(3): 571-577.
26. Patrick, K. F. M., S. Kumar, P. A. D. Edwardson and J. J. Hutchinson. 1996. Induction of vascularization by an aqueous extract of the flowers of *Calendula officinalis* L. the European marigold. *Phytomedicine* 3(1): 11-18.
27. Raal, A., K. Kirsipuu, R. Must and S. Tenno. 2009. Content of total carotenoids in *Calendula officinalis* L. from different countries cultivated in Estonia. *Natural Product Communications* 4(1): 35-38.
28. Rainha, N., E. Lima, J. Baptista and C. Rodrigues. 2011. Antioxidant properties, total phenolic, total carotenoid and chlorophyll content of anatomical parts of Hypericum foliosum. *Journal of Medicinal Plant Research* 5(10): 1930-1940.
29. Rajendran, L., G. A. Ravishankar, L. V. Venkataraman and K. R. Prathiba. 1992. Anthocyanin production in callus cultures of Daucus carota as influenced by nutrient stress and osmoticum. *Biotechnology Letters* 14(8): 707-712.
30. Reuveni, M., D. Evenor, B. Artzi, A. Perl and Y. Erner. 2001. Decrease in vacuolar pH during petunia flower opening is reflected in the activity of tonoplast H+-ATPase. *Journal of Plant Physiology* 158(8): 991-998.
31. Salardini, A. and M. Mojtahedi. 2003. Principles of Plant Nutrition. Volume One. Tehran University Press. Tehran. (In Farsi).
32. Sakr, W. R. A. 2017. Chemical and biological fertilization of Calendula officinalis plant grown in sandy Soil. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 9(1): 17-27.
33. Shu, W. S., Z. H. Ye, C. Y. Lan, Z. Q. Zhang and M. H. Wong. 2001. Acidification of lead/zinc mine tailings and its effect on heavy metal mobility. *Environment International* 26: 389-394.

34. Turgut, C., P. M. Katie and T. J. Curight. 2004. The effect of EDTA and citric acid on phytoremediation of Cd, Cr, and Ni from soil using Helianthus annuus. *Environmental Pollution* 131(1):147-154.
35. Ukiya, M., T. Akihisa, K. Yasukawa, H. Tokuda, T. Suzuki and Y. Kimura. 2006. Anti-inflammatory, anti-tumor-promoting and cytotoxic activities of constituents of marigold (*Calendula officinalis*) flowers. *Journal of Natural Products* 69(12): 1692-1696.
36. Vaseghi, S., M. Afyuni, H. Shariatmadari and M. Mobli. 2005. Effect of sewage sludge on some macronutrients concentration and soil chemical properties. *Journal of Water and Wastewater* 16:15-22. (In Farsi)
37. Walker D. J., R. Clemente and M. P. Bernal. 2004. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of Chenopodium album L. in a soil contaminated by pyretic mine wast. *Chemosphere* 57: 215-224.
38. Wang Y. T .2007. Potassium nutrition effects on phalaenopsis growth and flowering. *Horticultural Science* 42(7): 1563-1567.
39. Yam K. L. and S. E. Papadakis. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering* 61(1):137-142.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 3, Fall 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Sulfuric Acid, Humic Acid and Potassium Nitrate Foliar Spraying on Petal Color Quality, Antioxidant Activity, Carotenoids and Flower Yield in Marigold (*Calendula officinalis* L.)

P. Nourolahi[1], A. Abdali Mashhadi[2*], A. Koochekzadeh[2] and M. H. Gharineh[2]

(Received: April 23-2018; Accepted: January 5-2019)

Abstract

In order to investigate the effects of sulfuric acid, humic acid and potassium nitrate foliar spraying on quantitative and qualitative of marigold a field trial was conducted in Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran in 2015-2016. This study was carried out using a split factorial experiment in a randomized complete block design with four replications. Treatments included potassium nitrate (N_1=no application, N_2=250 ppm and N_3= 500 ppm) as the main factor, sulfuric acid (S_1=no application and S_2=5 L/ha) and humic acid (H_1=no application and H_2=16 kg/ha) as the second factor. Studied traits included capitol diameter, number of ray flowers in inflorescences, total number of inflorescences per m^2, fresh and dry weight of inflorescences, harvest index, petal carotenoid concentrations, antioxidant activity and petal color quality (L*a*b parameters). The highest inflorescence dry weight (53 g m^{-2}), fresh and dry weight of inflorescences (380 g m^{-2}), total number of inflorescences per m^2 (372), number of ray flowers in inflorescences (58) and harvest index (14%) were detected in N_2S_1, N_2S_2, N_2S_2, N_2S_1 and N_1H_2, respectively. The least antioxidant activity (0.048 mg ml^{-1}) was obtained in S_1H_2. The highest a (5.23) and L (61.64) color parameters for yellow flowers and b (84.44) color parameter for orange flowers were found in $N_1S_1H_1$, $N_3S_2H_2$ and N_2H_2, respectively. In general, the best treatments for the two important traits of inflorescence dry matter yield and number of inflorescences per square meter were N_2S_1 and N_2S_2, respectively.

Keywords Chroma meter, L*a*b, Medicinal plant, Ray flowers

1, 2. MSc. Graduated Student and Associate Professors, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: alirezaabdali@ramin.ac.ir