

Research Article

Agricultural Engineering., 47(3) (2024) 323-336

ISSN (P): 2588-526X

DOI: 10.22055/agen.2024.46319.1714

ISSN (E): 2588-5944

The Effect of Humic Acid and Biochar on the Quantitative, Qualitative, Biochemical and Nutritional Characteristics of Anthurium Plants under Hydroponic Cultivation System

E. Khaleghi^{1*}, M. Chehrazi¹ and H. Shirazi²

1. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Former Master's Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 24 May 2024

Accepted: 6 July 2024

*Corresponding Author: khaleghi@scu.ac.ir

Abstract

Introduction: Anthurium (*Anthurium scherzerianum* schott) is one of the most important ornamental plants with beautiful leaves and flowers. The quantitative and qualitative characteristics of this flower can be affected by many factors, including the cultivation and feeding system. Biochar is a carbon-rich solid material that is produced during the process of pyrolysis (decomposition of organic materials by heat in the absence of oxygen or a small amount of oxygen). It includes elements such as (Si, P, S, N, H, O, K, alkali cations and heavy metals) with different proportions. In addition, humic acid is used as a biological polymer in the agricultural field to increase the efficiency of cultivation of various plant products, improve the efficiency of fertilizer consumption, the possibility of using it in soilless and greenhouse cultivation environments and increasing the efficiency of water consumption.

Materials and Methods: This study was conducted to investigate the effect of biochar and humic acid on the quantitative, qualitative and nutritional characteristics of anthurium flowers as a factorial experiment based on randomized complete block design in three replications in the greenhouse of the Faculty of Agriculture of Shahid Chamran University of Ahvaz/Iran during 2017-2018. In order to perform this experiment, first, Anthurium seedlings were prepared from the Anthurium flower production greenhouse located in Pakdasht Varamin and transferred to the greenhouse of Shahid Chamran University of Ahvaz. Then they were cultivated in 15 liter pots containing cocopeat and perlite in a ratio of 1:1. The treatments included biochar at 3 levels (0%, 5%, and 10% by weight), which was provided to the substrate at the same time as cultivation, and humic acid at 3 concentrations of 0, 500, and 1000 mg/liter. The end of experiment, indicators such as fresh and dry weight of roots, root surface, chlorophyll a and chlorophyll b and carotenoids, total soluble carbohydrates, nitrogen and potassium were measured.

Results and Discussion: The results showed that the use of biochar and humic acid significantly increased the morphological characteristics such as fresh and dry weight of roots, number of leaves, root surface and leaf surface. The highest fresh weight (50.62 grams) and dry weight (5.12 grams) of the root was obtained by using 10% biochar along with 1000 mg/liter of humic acid. There was a significant difference between plants treated with 1000 mg/liter of humic acid and 500 mg/liter of humic acid in all different levels of biochar on leaf number. The highest



number of leaves (82.66) in the highest concentration of humic acid and biochar were obtained. The highest number of flowers was obtained at the highest level of humic acid and biochar. Also, biochemical properties such as chlorophyll and carotenoid and nutritional properties such as nitrogen and potassium increased significantly under the influence of treatments. The increase in growth parameters can be due to the effect of these two compounds in increasing the photosynthetic pigments, improving the absorption of water and nutrients, including nitrogen and potassium. Biochar, as a compound resulting from the anaerobic pyrolysis of different biomasses, changes the physical and chemical characteristics of the cultivation environment and increases the capacity to hold water and nutrients, increase total porosity and ventilation porosity, living and non-living biological compounds. On the other hand, humic acid, as a biopolymer, has a high ability to stimulate chemical reactions in the plant environment, especially in the rhizosphere of the plant. It is worth mentioning that the behavior of humic acid as a biopolymer in the plant environment can also affect the secondary metabolites of the plant, which has been reported in various studies for plants.

Conclusion: In general, Mechanisms such as increasing root activity due to increasing cationic capacity, increasing water retention capacity in the culture medium, increasing biological activities in the culture medium during the application of biochar are important and key factors that they can affect the absorption of different nutrients and the biochemical reactions of the rhizosphere environment of the plant. Therefore, the results showed that the consumption of biochar and humic acid significantly increased in vegetative characteristics, reproductive characteristics, photosynthetic pigments and nutritional elements such as nitrogen and potassium. The use of 10% biochar and 1000 mg/liter of humic acid was the most effective treatment in improving the mentioned factors.

Keywords: *Carbohydrate, Nitrogen, Potassium and Spath*

اثر هیومیک اسید و بیوچار بر خصوصیات کمی، کیفی، بیوشیمیایی و تغذیه‌ای گیاه آنتوریوم تحت سیستم کشت هیدروپونیک

اسماعیل خالقی^{۱*}، مهرانگیز چهارزی^۱ و حجت شیرازی^۲

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۴

پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۴/۱۶

کلمات کلیدی:

اسپات،

پتاسیم،

کربوهیدرات و نیتروژن

چکیده

آنتوریوم یکی از مهم‌ترین گل‌های زینتی با تقاضای زیاد بازار در مقیاس جهانی است که فاکتورهای کیفی و کمی این گل می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای زیادی از جمله تغذیه قرار گیرد لذا آزمایشی جهت بررسی کاربرد بیوچار (در سه سطح ۰، ۵ و ۱۰ درصد) و هیومیک اسید (در سه غلظت ۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بر خصوصیات کمی، کیفی و تغذیه‌ای گل آنتوریوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. نتایج نشان داد که مصرف هیومیک اسید و بیوچار سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ریشه، سطح برگ، طول اسپات، تعداد گل، کلروفیل کل، نیتروژن و پتاسیم گردید. بیشترین وزن تر (۵۰/۶۲ گرم) و خشک (۵/۱۲ گرم) ریشه در اثر کاربرد ۱۰ درصد بیوچار همراه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک اسید به دست آمد. همچنین بیشترین تعداد گل و میزان کلروفیل در بالاترین غلظت هیومیک اسید و بیوچار به دست آمد. طی کاربرد هیومیک اسید طول ساقه گل‌دهنده، نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت به طوری که بیشترین میزان طول ساقه گل‌دهنده و طول اسپات در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک اسید به دست آمد. به طوری کلی کاربرد هیومیک اسید و بیوچار موجب بهبود فاکتورهای کمی، کیفی و تغذیه‌ای در گل آنتوریوم گردید.

* عهده دار مکاتبات:

Email: khaleghi@scu.ac.ir

مقدمه

آنتوریوم گلدانی با نام علمی *Anthurium schott scherzerianum* یکی از مهم‌ترین گیاهان زینتی است که برگ‌ها و گل‌های زیبایی دارد (۱۰). در حدود ۸۰۰ نوع جنس آنتوریوم شناخته شده است که گل‌های گونه *Anthurium scherzerianum* به رنگ‌های قرمز، سفید،

صورتی یا نارنجی می‌باشند (۹). خصوصیات کمی و کیفی این گل می‌تواند تحت تأثیر فاکتورهای زیادی از جمله سیستم کشت و تغذیه قرار گیرد. تغذیه شامل انواع کود سبز، کود حیوانی و بیوچار می‌باشد که به عنوان ترکیبات کربنی حاصل از تجزیه بقایای حیوانی و گیاهی شناخته می‌شوند (۲۴). بیوچار یک ماده جامد غنی از کربن است که طی

اهواز طی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ انجام گرفت. جهت انجام این آزمایش ابتدا گیاهچه‌های آنتوریوم از گلخانه تولید گل آنتوریوم واقع در پاکدشت ورامین تهیه و به گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل شدند. سپس در گلدان‌های ۱۵ لیتری حاوی کوکوپیت و پرلایت به نسبت ۱ به ۱ کشت شدند. بیوچار با سه سطح (۰ درصد وزنی، ۵ درصد وزنی و ۱۰ درصد وزنی) که همزمان با کشت در اختیار بستر قرار گرفت) و هیومیک اسید در ۳ غلظت صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر که در طول رشد گیاه هر ده روز یکبار به میزان ۲۰۰ میلی لیتر به بستر اضافه می‌شد (درون هر گلدان سه گیاه و در طول آزمایش از محلول غذایی کوپر جهت تغذیه استفاده گردید) به عنوان تیمار در نظر گرفته شد. در انتهای آزمایش نیز فاکتورهای زیر اندازه‌گیری شدند:

وزن تر و خشک ریشه

جهت اندازه‌گیری وزن تر ریشه، ابتدا کوکوپیت و پرلایت مانده بین ریشه‌ها با غوطه وری سازی در آب جداسازی شد. سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم ریشه‌ها وزن شدند. از طرف دیگر جهت اندازه‌گیری وزن خشک، ریشه‌ها در پاکت کاغذی بسته بندی و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. ادامه نمونه‌های خشک شده با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند.

سطح ریشه

در پایان دوره رشد ریشه‌ها پس از شستشو با متیلن بلو رنگ آمیزی شدند و پس از خشک شدن، به وسیله دستگاه دلتا اسکن، سطح ریشه اندازه‌گیری شد.

تعداد برگ و گل

تعداد برگ و گل به صورت دستی شمارش شد.

طول اسپات و ساقه گل‌دهنده

برای اندازه‌گیری طول اسپات و ساقه گل‌دهنده از خط کش استفاده و برحسب میلی‌متر گزارش شد.

فرآیند پیرولیز (تخریب مواد آلی بوسیله گرما در غیاب اکسیژن و یا مقدار جزئی اکسیژن) تولید می‌شود و شامل عناصری از قبیل Si، P، S، N، H، O، K، کاتیون‌های بازی و فلزات سنگین با نسبت‌های مختلف می‌باشد و با توجه به سطح بالا در واحد جرم و چگالی بار بالای آن در مقایسه با مواد آلی، ظرفیت بالاتری در جذب کاتیون‌ها دارد (۱۸). کاراکاس و همکاران^۱ (۱۵) گزارش کردند که کاربرد بیوچار در سیستم کشت هیدروپونیک موجب بهبود پارمترهای رشدی و عملکرد در گیاه گوجه‌فرنگی گردید. بلوک و همکاران^۲ (۷) بیان کردند که کاربرد بیوچار در سیستم کشت هیدروپونیک اثرات مثبتی بر رشد گیاهان دارد. از دیگر مواد غذایی تأثیر گذار هیومیک اسید می‌باشد. در واقع هیومیک اسید به عنوان یک پلیمر زیستی در عرصه کشاورزی جهت افزایش کارایی کشت محصولات گیاهی مختلف از طریق افزایش مقاومت به کم‌آبی و شوری، ارتقاء کارایی مصرف کود، عملکرد مشابه با هورمون‌های گیاهی، امکان کاربرد در محیط‌های کشت بدون خاک و گلخانه‌ای و افزایش راندمان مصرف آب کاربرد دارد (۲). مواد هیومیک می‌توانند از طریق تاثیرگذاری بر چندین فرآیند فیزیولوژیک مانند تسهیل تنظیم هورمونی، فتوسنتزی و تغذیه ای، رشد گیاه را بهبود ببخشند (۸). مطالعات مختلف نشان داده است که هیومیک اسید فعالیت‌هایی مشابه هورمون‌های سایتوکینین، جبریلین، اکسین (ایندول استیک اسید) بر رشد گیاه دارند (۳). لذا هدف از این پژوهش بررسی سطوح مختلف بیوچار و هیومیک اسید بر روی خصوصیات کمی، کیفی و تغذیه‌ای گل آنتوریوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور تأثیر بیوچار و هیومیک اسید بر خصوصیات کمی، کیفی و تغذیه‌ای گل آنتوریوم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران

1- Karakas et al.

2- Blok et al.

سطح برگ

به منظور اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سنجش سطح برگ (Delta-T Divises LTD, UK) استفاده شد و بر حسب میلی‌متر مربع گزارش گردید.

کلروفیل و کارتنوئید

برای اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید از روش لیخن‌تالر و ولبورن^۱ (۱۶) استفاده شد. برای این منظور ۱۰۰ میلی‌گرم از برگ‌های برداشت شده در هاون و با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ پودر و به لوله آزمایش منتقل شدند. پس از همگن شدن نمونه‌ها با دستگاه شیکر نمونه‌ها به فریزر ۲۰- درجه سانتی-گراد منتقل گردیدند. پس از خروج از فریزر ابتدا نمونه‌ها ورتکس شده و سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. به منظور اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید روش‌ها جدا و پس از رقیق‌سازی با ۲ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ با دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۶۳، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد.

کربوهیدرات محلول کل

بدین منظور، ۰/۵ گرم نمونه برگ منجمد شده، با ۵ ml اتانول ۹۵٪ در هاون چینی له گردید. قسمت شناور عصاره‌ی بدست آمده جمع‌آوری شد و عملیات استخراج بر روی رسوبات برگ باقی‌مانده، طی دو مرحله شستشو و هر مرحله با ۵ ml اتانول ۷۰٪ ادامه یافت. عصاره‌های الکلی جمع‌آوری شده، به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴°C و سرعت ۳۵۰۰ rpm سانتریفیوژ گردید و تا زمان تعیین مقادیر قندهای محلول کل، داخل لوله‌های آزمایش درپوش‌دار، در دمای ۴°C نگهداری شدند (۱۴). بدین صورت که ۱۰۰ µl از عصاره‌الکلی تهیه شده، در لوله‌های آزمایش درپوش‌دار ۱۵ ml ریخته شد و ml ۳ معرف آنترون تازه آماده شده، به آن افزوده شد. سپس لوله‌های آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب‌جوش قرار داده شدند. پس از خنک شدن لوله‌های آزمایش، جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ nm قرائت گردید (۱۴).

نیترژن به روش کج‌دال

مقدار یک گرم نمونه برگ خشک شده در آون توزین شد. سپس کاتالیزور مخصوص دستگاه اندازه‌گیری ازت به نمونه اضافه شد. اسیدسولفوریک خالص از قبل آماده شده به مقدار ۱۲ سی‌سی همراه با لوله ساکشن مربوطه روی اجاق با دمای ۴۱۰ درجه قرار گرفت. پس از یک ساعت رنگ محلول تیره به قهوه‌ای و سپس سبز ثابت مشدد. بعد از سرد شدن به هر نمونه ۵۰ سی‌سی آب مقطر اضافه شد. در مرحله بعد عملیات تقطیر صورت گرفت (۱۷).

پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر

مقدار ۰/۱ گرم از نمونه برگ آسیاب شده توزین و ۱۰ سی‌سی اسید استیک گلاسیال ۰/۱ نرمال به آن اضافه گردید. پس از ۲۴ ساعت نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت درون بن ماری ۹۰ درجه قرار گرفتند. پس از کالیبره کردن دستگاه نمونه‌ها قرائت گردید (۲۲).

نتایج

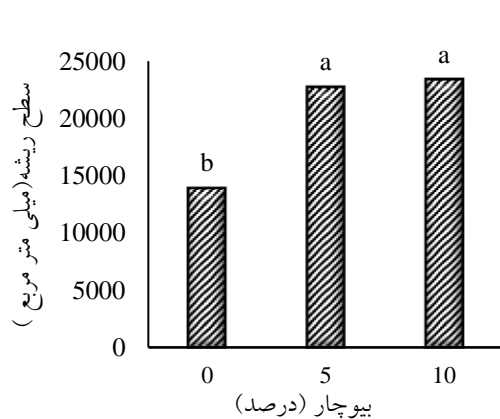
نتایج حاصل از جدول ۱ نشان داد که استفاده از بیوجار و هیومیک‌اسید سبب افزایش معنادار وزن تر و خشک ریشه شد، به طوری که بیشترین وزن تر (۵۰/۶۲ گرم) و خشک (۵/۱۲ گرم) ریشه در اثر کاربرد ۱۰ درصد بیوجار همراه با ۱۰۰۰ میلی‌لیتر هیومیک‌اسید به دست آمد که موجب افزایش ۴۸/۷۵ درصدی وزن تر ریشه و ۹۳/۲۰ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به شرایط ۱۰۰۰ میلی‌لیتر هیومیک‌اسید و عدم کاربرد بیوجار گردید و نسبت به اغلب تیمارها افزایش معنی‌داری داشت و کمترین وزن تر و خشک ریشه در شرایط بدون کاربرد هیومیک‌اسید و بیوجار به دست آمد. یافته‌های حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل بیوجار و هیومیک‌اسید (جدول ۱) نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار تعداد برگ آنتوریوم به دنبال کاربرد هیومیک‌اسید و بیوجار می‌باشد. از نظر تعداد برگ نیز گیاهان تیمار شده با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید در تمامی سطوح مختلف بیوجار با گیاهان تیمار شده با هیومیک‌اسید با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری داشتند و بیشترین تعداد برگ (۸۲/۶۶) در بالاترین غلظت هیومیک‌اسید و بیوجار به دست آمد.

جدول ۱: مقایسه میانگین اثر متقابل هیومیک اسید و بیوچار بر برخی از صفات مورفولوژیک گیاه آنتوریوم
 Table 1: Mean Comparison of the interaction effect of humic acid and biochar on some morphological traits of Anthurium plant

تعداد برگ Leaf number	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	بیوچار (درصد) Biochar (%)	هیومیک اسید (میلی گرم در لیتر) Humic acid(mg/l)
60 d	1.77 f	20.0f	0	
64 c	2.83 de	28.80 e	5	0
61d	2.72 ef	28.3 e	10	
74 b	3.01 d	33.56 d	0	
74 b	3.82 c	40.26 b	5	500
72 b	3.70 d	39.73b	10	
81 a	2.65 de	34.03 c	0	
78.66 a	5.11a	50.25 a	5	1000
82.66a	5.12 a	50.62 a	10	

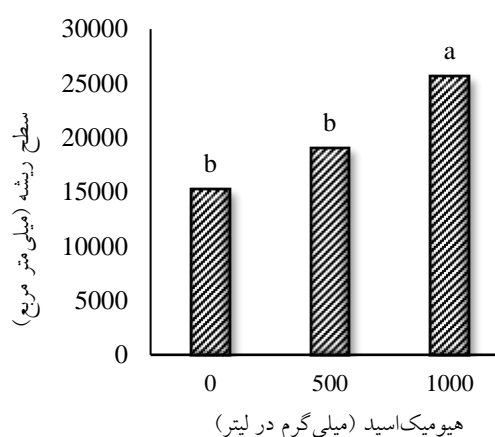
در هر ستون اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

In each column, the numbers that have at least one same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the 5% probability level



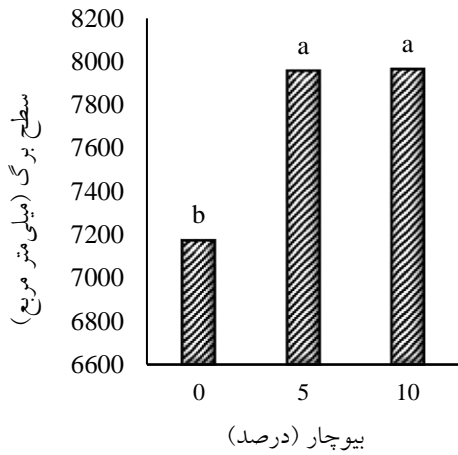
نمودار (۲) اثرات اصلی بیوچار بر میزان سطح ریشه آنتوریوم

Figure (2) The main effects of biochar on Anthurium root



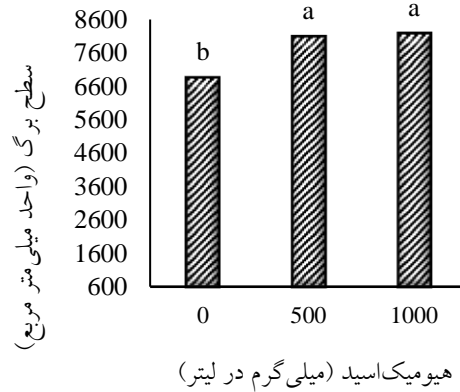
نمودار (۱) اثرات اصلی هیومیک اسید بر میزان سطح ریشه آنتوریوم

Figure (1) The main effects of humic acid on Anthurium root area



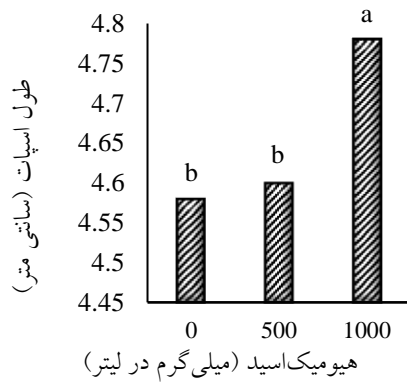
نمودار (۴) اثرات اصلی بیوچار بر میزان سطح برگ آنتوریوم

Figure (4) The main effects of biochar on Anthurium leaf area



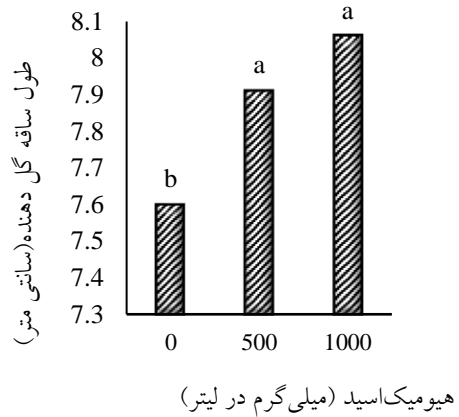
نمودار (۳) اثرات اصلی هیومیک اسید بر میزان سطح برگ آنتوریوم

Figure (3) The main effects of humic acid on Anthurium leaf area



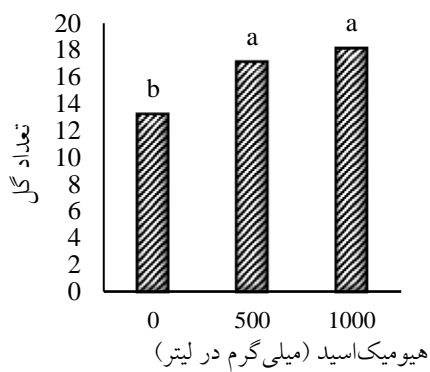
نمودار (۶) اثرات اصلی هیومیک اسید بر طول اسپات آنتوریوم

Figure (6) The main effects of humic acid on Anthurium spot length



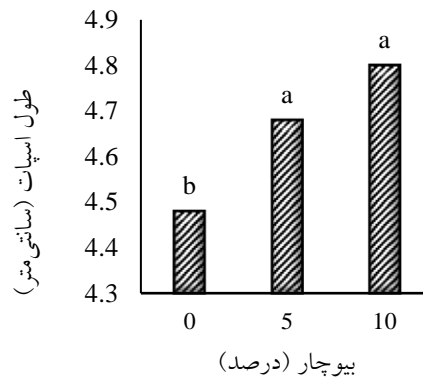
نمودار (۵) اثرات اصلی هیومیک اسید بر طول ساقه گل دهنده آنتوریوم

Figure (5) The main effects of humic acid on the length of flowering stem of Anthurium



نمودار (۸) اثرات اصلی هیومیک اسید بر تعداد گل آنتوریوم

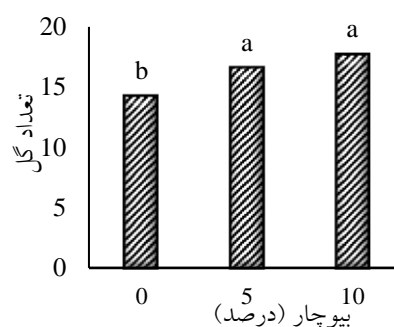
Figure (8) The main effects of humic acid on number flower of Anthurium



نمودار (۷) اثرات اصلی بیوچار بر طول اسپات آنتوریوم

Figure (7) The main effects of biochar on Anthurium spot length

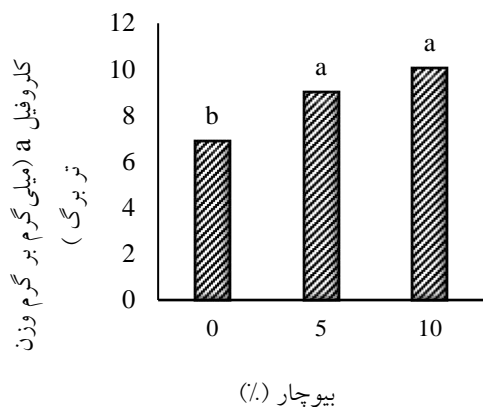
که نسبت به ۱۰ درصد معنی دار نگردید با توجه به نتایج به دست آمده از نمودار ۱۶ افزایش غلظت هیومیک اسید میزان نیتروژن را در گیاه آنتوریوم به طور معنی داری افزایش داد به طوری که میزان این عنصر با افزایش غلظت هیومیک اسید شدت یافت و در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر هیومیک اسید به بیشترین میزان رسید همچنین بین غلظت ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر هیومیک اسید اختلاف معنی داری وجود داشت. استفاده از بیوچار در بستر کشت موجب افزایش میزان نیتروژن برگ گردید که این افزایش در ۵ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد معنی دار شد اما بین دو سطح ۵ و ۱۰ درصد اختلاف معنی داری وجود نداشت (نمودار ۱۷). افزایش غلظت هیومیک اسید به ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر میزان پتاسیم را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد و بیشترین میزان پتاسیم در بالاترین غلظت هیومیک اسید به دست آمد که نسبت به بقیه تیمارها افزایش معنی داری داشت (نمودار ۱۸). همچنین بر اساس نتایج حاصل از نمودار ۱۹ کاربرد بیوچار میزان پتاسیم را به طور معنی داری افزایش داد به طوری که در بالاترین سطح بیوچار بیشترین میزان پتاسیم به دست آمد که نسبت به ۵ درصد افزایش معنی داری نداشت.



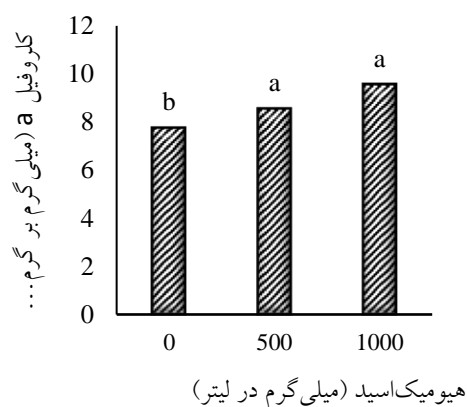
نمودار (۹) اثرات اصلی بیوچار بر تعداد گل در آنتوریوم

Figure (9) The main effects of biochar on number flower of Anthurium

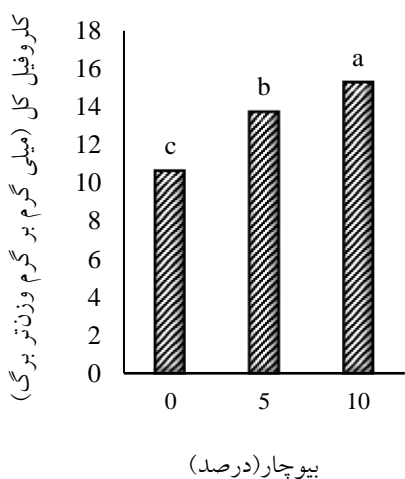
مطابق با نتایج حاصل از نمودار ۱۰ کاربرد هیومیک اسید میزان کلروفیل a را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد به طوری که بیشترین میزان کلروفیل a در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر هیومیک اسید مشاهده گردید اگر چه بین کاربرد بیوچار در سطح ۵ و ۱۰ درصد تفاوت معنی داری از نظر میزان کلروفیل a وجود نداشت اما افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشتند و در سطح ۱۰ درصد بیوچار بیشترین میزان کلروفیل a به دست آمد (نمودار ۱۱). یافته‌های حاصل از نمودار ۱۲ نشان داد که مصرف هیومیک اسید میزان کلروفیل کل را افزایش داد به طوری که این افزایش در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نسبت به شاهد معنی دار گردید. همچنین کاربرد بیوچار در غلظت ۵ و ۱۰ درصد میزان کلروفیل را به طور معنی داری افزایش داد به طوری که بیشترین میزان کلروفیل در سطح ۱۰ درصد به دست آمد (نمودار ۱۳). افزایش غلظت بیوچار همچنین موجب افزایش میزان کاروتنوئید گردید و این افزایش در سطح ۵ و ۱۰ درصد معنی دار گردید و بیشترین میزان کاروتنوئید در بالاترین سطح بیوچار به دست آمد (نمودار ۱۴). نتایج حاصل از نمودار ۱۵ نشان داد که افزایش غلظت بیوچار در هر دو سطح میزان کربوهیدرات را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد و این افزایش میزان کربوهیدرات در سطح ۵ درصد دارای بیشترین میزان بود



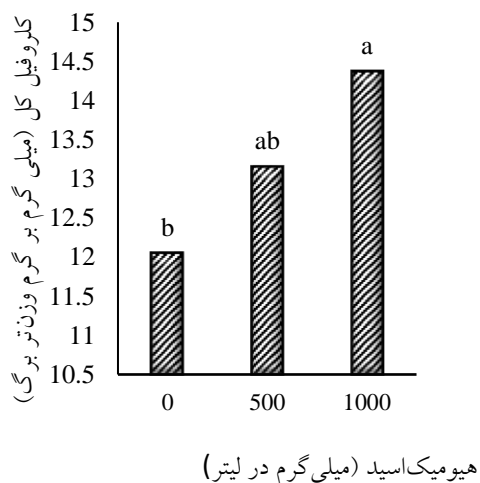
نمودار (۱۱) اثرات اصلی بیوچار بر میزان کلروفیل a آنتوریوم
 Figure (11) The main effects of biochar on the amount of chlorophyll a of anthurium



نمودار (۱۰) اثرات اصلی هیومیک اسید بر میزان کلروفیل a آنتوریوم
 Figure (10) The main effects of humic acid on the amount of chlorophyll a of anthurium

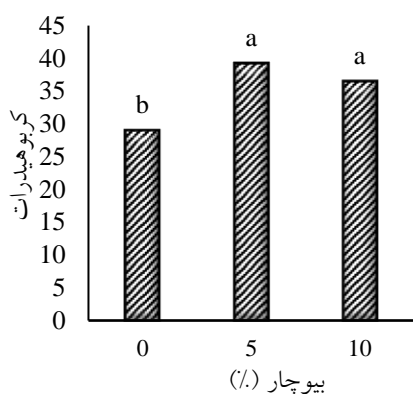


نمودار (۱۳) اثرات اصلی بیوچار بر میزان کلروفیل کل آنتوریوم
 Figure (13) The main effects of biochar on the amount of total chlorophyll of anthurium

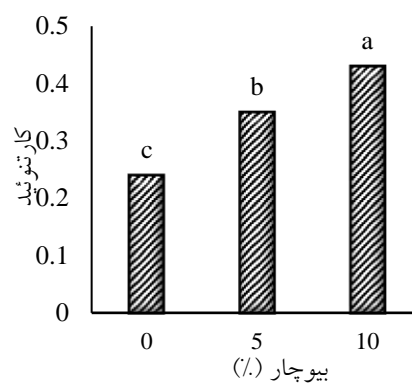


نمودار (۱۲) اثرات اصلی هیومیک اسید بر میزان کلروفیل کل آنتوریوم
 Figure (12) The main effects of humic acid on the amount of total chlorophyll of anthurium

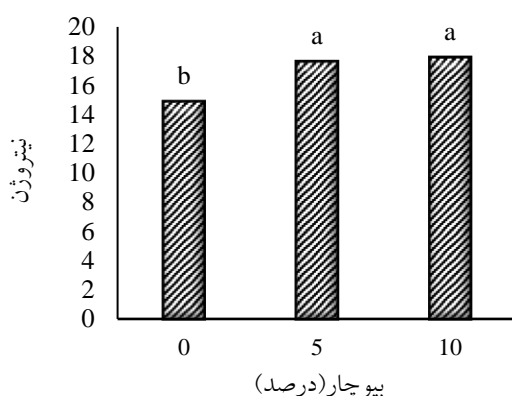
خالقی و همکاران: اثر هیومیک اسید و بیوچار بر خصوصیات...



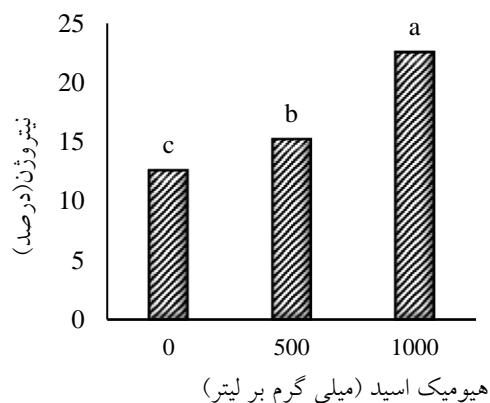
نمودار ۱۵: اثرات اصلی بیوچار بر میزان کربوهیدرات آنتوریوم
Fig 15: The main effects of biochar on Anthurium carbohydrate levels



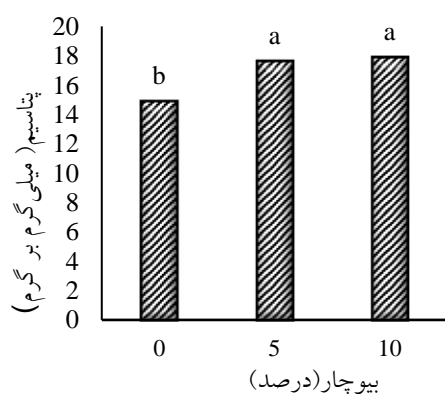
نمودار ۱۴: اثرات اصلی بیوچار بر میزان کاروتنوئید آنتوریوم
Figure (14) The main effects of biochar on Anthurium carotenoid levels



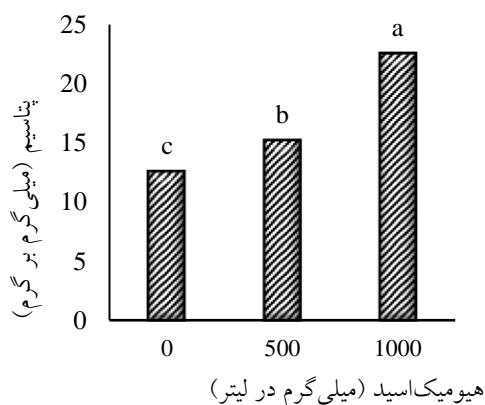
نمودار ۱۷: اثرات اصلی بیوچار بر میزان نیتروژن آنتوریوم
Figure (17) The main effects of biochar on the amount of nitrogen in anthurium



نمودار ۱۶: اثرات اصلی هیومیک اسید بر میزان نیتروژن آنتوریوم
figure (16) The main effects of humic acid on the amount of nitrogen in anthurium



نمودار ۱۹: اثرات اصلی بیوچار بر میزان پتاسیم آنتوریوم
Figure (19) The main effects of biochar on Anthurium potassium content



نمودار ۱۸: اثرات اصلی هیومیک اسید بر میزان پتاسیم آنتوریوم
Figure(18) The main effects of humic acid on Anthurium potassium content

بحث

محیط کشت محصول گیاهی به خصوص در ریزوسفر گیاه دارد (۱۲ و ۲۱). شایان ذکر است که رفتار هیومیک‌اسید به عنوان یک پلیمرزیستی در محیط کشت گیاه می‌تواند متابولیت‌های ثانویه گیاه را نیز تحت تاثیر قرار دهد که این خاصیت در مطالعات مختلفی برای گیاهان گزارش داده شده است (۱۳ و ۲۰). اثرات مثبت هیومیک‌اسید بر خصوصیات کمی و کیفی گل ژربرا می‌تواند به علت عملکرد شبه هورمونی این ماده باشد (۱۹). نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مبنی بر کاربرد بیوجار و هیومیک‌اسید بر بهبود خصوصیات مورفولوژیکی با نتایج حاصل از مطالعات قبلی مطابقت دارد. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ترکیباتی مانند هیومیک‌اسید و بیوجار خصوصیات بیوشیمایی از قبیل کلروفیل، کاروتنوئید و کربوهیدرات را افزایش دادند که این افزایش می‌تواند به علت تاثیر هیومیک‌اسید و بیوجار در افزایش جذب عناصر غذایی باشد این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش الهوری زاده و دلجو^۴ (۴) مطابقت دارد که بیان کرد غلظت‌های ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم‌درلیتر هیومیک‌اسید موجب افزایش میزان کلروفیل در گل همیشه بهار گردید. مصرف ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک‌اسید موجب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی در گل ژربرا شد که می‌تواند به علت افزایش در جذب مقدار عناصر غذایی و فعالیت شبه هورمونی هیومیک‌اسید باشد (۱۹). مطالعات مختلف تاثیر مواد هیومیک‌اسید بر افزایش رنگدانه‌ها را به طور مستقیم بر افزایش راندمان جذب عناصر غذایی نسبت داده‌اند (۱۱). با توجه به این که بیوجار به عنوان عامل بهبود دهنده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط کشت است به طور غیرمستقیم می‌توان انتظار تغییر در واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه را انتظار داشت. مکانیزم‌هایی مانند افزایش فعالیت ریشه به دنبال افزایش ظرفیت کاتیونی، افزایش ظرفیت نگهداشت آب در محیط کشت، افزایش فعالیت‌های بیولوژیک در محیط

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد بیوجار و هیومیک‌اسید خصوصیات مورفولوژیکی از قبیل وزن تر و خشک ریشه، سطح برگ، طول ساقه گل دهنده و اسپات و تعداد گل را به طور معنی‌داری افزایش داد. افزایش پارامترهای رشد می‌تواند به دلیل تاثیر این دو ترکیب در افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، بهبود جذب آب و عناصر غذایی از جمله نیتروژن و پتاسیم باشد که این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های کانلاس و همکاران^۱ (۸) و همچنین بلوک و همکاران^۲ (۷) مطابقت دارد که گزارش کردند ترکیباتی مانند بیوجار و هیومیک‌اسید موجب بهبود خصوصیات رشدی در طیف وسیعی از محصولات گیاهی گردید. ژانگ و همکاران^۳ (۲۳) گزارش کردند که مصرف بیوجار و هیومیک‌اسید موجب افزایش ۷۰٪ در وزن خشک و تر ریشه گیاه زینتی کالاتا (*Calathea insignis*) گردید. علاوه بر این مصرف هیومیک‌اسید موجب افزایش در وزن تر و خشک ریشه برای دو گیاه کروتون و ختمی گردید که افزایش در رشد می‌تواند به دلیل تاثیر این مواد در افزایش گردش هوا در محیط کشت، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و به دنبال آن افزایش ظرفیت نگهداری عناصر و سهولت در جذب، باشد که حاصل این تاثیرات نهایتاً بهبود خصوصیات ریشه و اندام هوایی است (۵). بیوجار به عنوان ترکیب حاصل از پیرولیز بی‌هوازی حاصل از بیومس‌های مختلف خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط کشت را تغییر می‌دهد و موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی، افزایش تخلخل کل و تخلخل تهویه‌ای، ترکیبات زیستی زنده و غیرزنده می‌گردد (۷). از طرف دیگر هیومیک‌اسید به عنوان یک بیوپلیمر قابلیت بالایی در تحریک واکنش‌های شیمیایی

1-Canellas *et al.*2- Blok *et al.*3- Zhang *et al.*

4-Alhordizadeh and Deljo

سپاس گزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت حمایت مالی از این پژوهش سپاس گزاری بعمل می آید.

کشت طی کاربرد بیوچار از جمله عوامل مهم و کلیدی هستند که می توانند جذب عناصر غذایی مختلف و واکنش های بیوشیمیایی محیط ریزوسفر گیاه را تحت تاثیر قرار دهد. ژانگ و همکاران^۱ (۲۳) در مطالعه ای مشابه با آزمایش صورت گرفته گزارش کردند که مقادیر مختلف هیومیک اسید و بیوچار موجب افزایش میزان کلروفیل گردید که این افزایش به علت افزایش در راندمان جذب عناصر غذایی، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ظرفیت تبادل کاتیونی است. کاربرد هیومیک اسید و بیوچار جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و پتاسیم را به طور معنی داری افزایش دادند. افزایش در جذب عناصر غذایی به دنبال کاربرد هیومیک اسید توسط نیک بخت و همکاران^۲ (۱۹) برای گل ژربرا گزارش شد که این افزایش در جذب عناصر غذایی با افزایش حجم ریشه همراه بوده است. همچنین اثر هیومیک اسید بر رشد ریشه و جذب عناصر غذایی بر شاخص های کمی و کیفی گل گلابول بیان گردید (۱).

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که مصرف بیوچار و هیومیک اسید توانسته اند خصوصیات رویشی از جمله وزن تر و خشک ریشه، سطح برگ، خصوصیات زایشی از جمله تعداد گل، رنگیزه های فتوسنتزی از جمله کلروفیل و عناصر غذایی از قبیل نیتروژن و پتاسیم را به طور معنی داری افزایش دهند. اگرچه در اغلب موارد بین مصرف ۵ و ۱۰ درصد بیوچار اختلاف معنی داری وجود نداشت اما مصرف ۱۰ درصد بیوچار و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر هیومیک اسید مؤثرترین تیمار در بهبود فاکتورهای ذکر شده بود.

1- Zhang *et al.*

2- Nikbakht *et al.*

Reference

1. Ahmad, I., Usman Saquib, R., Qasim, M., Saleem, M., Sattar Khan, A., and Yaseen, M. 2013. Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus. *Chilean. journal of agricultural research*, 73: 339-344.
2. Aiken, G. 1985. Humic Substances In Soil Sediment And Water. U.S. Geological Survey Water Resources Division, Pp:331-378.
3. Ajlouni, M. G., Othman, Y. A., Al-Qarallah, B. M., and Ayad, J. Y. 2017. Using environmentally friendly substrate in soilless lily production. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 15: 34-38.
4. Alhordizadeh, M., and Deljo. A. 2013. The effect of humic acid on morphophysiological parameters, absorption of nutrients and longevity after harvest of cut flowers of marigold (*Calendula officinalis*). 18, 133-143. (in persian).
5. Baldotto, M.A. 2014. Adventitious rooting on the Brazilian red-cloak and sanchezia after application of indole-butyric and humic acids. *Horticulture Bras.* 32, 426–431.
6. Biederman, L. A., and Harpole, W. S. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB bioenergy*, 5, 202-214
7. Blok, C., Van der Salm, C., Hofland-Zijlstra, J., Streminska, M., Eveleens, B., Regelink, I., and Visser, R. 2017. Biochar for horticultural rooting media improvement: evaluation of biochar from gasification and slow pyrolysis. *Agronomy*, 7, 1-16.
8. Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., and Piccolo, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27.
9. Dummies Orange. 2017. Tropical Plants. <https://www.dummiesorange.com>. (accessed June 2019).
10. Evelyn, S., Farrell, A. D., Elibox, W., De Abreu, K. and Umaharan, P. 2020. The impact of light on vase life in (*Anthurium andraeanum* Hort.) cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 159, 11-28.
11. Fan, H. M., Wang, X. W., Sun, X., Li, Y. Y., Sun, X. Z., and Zheng, C. S. 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 177, 118-123.
12. García, A. C., De Souza, L. G. A., Pereira, M. G., Castro, R. N., García-Mina, J. M., Zonta, E., and Berbara, R. L. L. 2016. Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. *Scientific reports*, 6, 1-10.
13. Hernandez, O.L., Garcia, A.C., Huelva, R., Martínez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N.O., Olivares, F.L., and Canellas, L.P. 2015. Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agronomy Sustain. Dev.* 35, 225–232.
14. Irigoyen, J. J., Einerich, D. W., and Sánchez-Díaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia plantarum*, 84, 55-60.
15. Karakaş, C., Özçimen, D., and İnan, B. 2017. Potential use of olive stone biochar as a hydroponic growing medium. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 125, 17-23.
16. Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemistry Society Trans.* 11, 591-592.
17. Miller, L., and Houghton, J. A. 1945. The micro-kjeldahl determination of the nitrogen content of amino acids and proteins. *Journal of Biological Chemistry*. 159, 373-383.

18. Moazi, A., KhadimRasul, A., and Bayria, M. 2016. Biochar and its application in soil, Shahid Chamran University, Ahvaz (in Persian).
19. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y. P., Luo, A., and Etemadi, N. A. 2008. Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of plant nutrition*, 31, 2155-2167.
20. Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Rosa, R.C.C., and Canellas, L.P. 2015. Substratebiofortification in combination with foliar sprays of plant growth promotingbacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. *Scientia Horticulture*. 183, 100–108.
21. Rose, M. T., Patti, A. F., Little, K. R., Brown, A. L., Jackson, W. R., and Cavagnaro, T. R. 2014. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. In *Advances in agronomy*.124, 37-89
22. Waling, I. W., Van Vark, V.J.G. Houba, J.J., and Vander, L. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, Wageningen, The Netherlands.
23. Zhang, L., Sun, X. Y., Tian, Y., and Gong, X. Q. 2014. Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. *Scientia horticulturae*, 176, 70-78.
24. Zhao, Y., Wang, P., Li, J., Chen, Y., Ying, X., and Liu, S. 2019. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat–maize cropping system. *European Journal of Agronomy*, 31, 36-42.