Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Phycological Society of Iran

Evaluating th The effect of biochar fertilizer and foliar application of humic acid on the quantitative and qualitative characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*)

Seyedeh Fakhteh Sajadi[1], Hamid Madani[2]*, Nour Ali Sajedi[3], Saeed Chavoshi[4], Shahab Khaghani[5]

[1] Department of Horticultural Sciences, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, Email: fakhteh.sajadii@gmail.com
[2] Department of Agriculture and Plant Breeding, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran, Email h-madani@iau-arak.ac.ir:
[3] Department of Agriculture and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, Email: Nourali.sajedi@iau.ac.ir
[4] Department of Agriculture and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, Email: saeedchavoshi@gmail.com
[5] Department of Agriculture and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, Email: khaghanishahab3434@gmail.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 14.01.2022
Revised: 21.04.2022
Accepted: 13.05.2022
Published:23.09.2023

Keywords
Biochar
Essential oil
Hugh angle
Humic acid
Redness index
Roselle

Abstract

In order to investigate the effect of biochar fertilizer and humic acid foliar application on quantitative and qualitative characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) a split plots experiment in a randomized complete block design was performed with three replications in the Research Field of Islamic Azad University, Arak Branch during 2017-2018 and 2018-2019. Experimental factors included 3 levels of biochar (non-consumption or control, 4 tons ha-1, and 8 tons ha-1) and the second factor of foliar spraying of humic acid 82% at 4 levels (non-consumption or control, 100 mg/l, 200 mg/l, and 300 mg/l. Interaction of biochar and humic significantly affected fruit yield. In the treatment with 8 t/ha biochar and 200 mg/l humic acid, the fresh weight of shoots was 465.1 g plant, showing an increase by 32% compared to the minimum value obtained from fertilizer control. At different levels of humic acid, consumption of 8 tons per hectare biochar always increased fruit yield compared to non-biochar treatment and consumption of 4 tons per hectare biochar. The interaction of biochar and humic acid on color intensity was significant. In the combined treatment of 8 tons per hectare of biochar and 100/l of humic acid, a red index of 14.67 was obtained. At different levels of humic acid, consumption of 8 tons per hectare biochar increased the red color index. Considering the fact that the intensity of red color in Roselle indicates the quality of the product, the consumption of 300 mg per liter humic acid and 8 tons per hectare biochar increased this trait, improving its functional traits.

Cite this article as: Sajadi, S.F., Madani, H., Nour Sajedi, A., Chavoshi, S., Khaghani, Sh. (2023). Evaluating th The effect of biochar fertilizer and foliar application of humic acid on the quantitative and qualitative characteristics of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 18(3): 91-108.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/iper.2022.1947526.1757

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

تاثیر کود بیوچار و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر خصوصیات کمی و کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*)

سیده فاخته سجادی[۱]، حمید مدنی[۲*]، نورعلی ساجدی[۳]، سعید چاوشی[٤]، شهاب خاقانی[٥]

[۱] گروه علوم باغبانی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، رایانامه: fakhteh.sajadii@gmail.com
[۲] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، رایانامه: h-madani@iau-arak.ac.ir
[۳] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، رایانامه: Nourali.sajedi@iau.ac.ir
[٤] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، رایانامه: saeedchavoshi@gmail.com
[٥] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، رایانامه: khaghanishahab3434@gmail.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۱۰/۲٤
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۱/۰۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۲/۲۳
تاریخ چاپ: ۱٤۰۲/۰۷/۰۱

واژه‌های کلیدی:
اسانس
اسید هیومیک
بیوچار
چای ترش
زاویه هیو
شاخص قرمزی

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کود بیوچار و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر خصوصیات کمی و کیفی چای ترش، آزمایشی در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در سال ۱۳۹٦-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل بیوچار در ۳ سطح عدم مصرف (شاهد)، ٤ تن در هکتار و ۸ تن در هکتار و فاکتور دوم محلول‌پاشی با هیومیک اسید ۸۲ درصد در ٤ سطح عدم مصرف (شاهد)، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل بیوچار و هیومک اسید بر عملکرد میوه معنی‌دار بود. در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید وزن تر اندام هوایی به‌مقدار ٤٦۵/۱ گرم در بوته به‌دست آمد که نسبت به عدم مصرف هر نوع کود ۳۲ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش عملکرد میوه نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد. اثر متقابل بیوچار و هیومک اسید بر شدت رنگ معنی‌دار بود. در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید شاخص قرمزی به‌مقدار ۱٤/٦۷ به‌دست آمد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش شاخص قرمزی شد. با توجه به اینکه در چای ترش شدت رنگ قرمز بیانگر میزان کیفیت محصول تولیدی می‌باشد و مصرف هیومیک اسید به مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و بیوچار به‌مقدار ۸ تن در هکتار موجب افزایش این صفت و همچنین صفات عملکردی شد.

استناد: سجادی، سیده فاخته؛ مدنی، حمید؛ ساجدی، نورعلی؛ چاوشی، سعید؛ خاقانی، شهاب. (۱٤۰۲). تاثیر کود بیوچار و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر خصوصیات کمی و کیفی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*). *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸ (۳)، ۱۰۸-۹۱.

Doi: 10.30495/iper.2022.1947526.1757

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

در حال حاضر تقاضا برای این گیاهان به‌عنوان تولیدات قابل مصرف در صنایع بهداشتی و دارویی در دنیا در حال افزایش است (Bahamin et al., 2013). چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* از خانواده ختمی (Ahmed et al., 2011) و بومی آفریقا بوده و در تمامی مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود. چای ترش گیاهی یکساله، روزکوتاه و خودگشن است. این گیاه که به سرما و یخبندان خیلی حساس است، گیاهی دو منظوره بوده و اجزای مختلف آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور کلی در بسیاری از کشورها، کاسبرگ این گیاه به‌دلیل خواص دارویی و همچنین در صنایع غذایی استفاده می‌شود و الیاف و چوب آن در تولید خمیر کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fathi and Bahamin, 2018). چای ترش درختچه‌ای علفی یکساله متعلق به‌خانواده پنیرک است (Ojulari et al., 2019). این گیاه برای تولید کاسه گل، برگ، ساقه و بذر کشت می‌شود که تمام قسمت‌های آن دارای کاربردهای صنعتی، دارویی و غیره می‌باشد. چای ترش حاوی ترکیباتی مانند پلی‌فنل‌ها، آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها است که از ترکیبات مهم برای سلامتی هستند (Hashemi and Shahani, 2019). با این حال، بیشترین تأثیر *H. Sabdariffa* در طب سنتی/طب مکمل و جایگزین بوده است که در آن اثرات ادرارآور، ضد درد، ضد سرفه و کاهش فشار خون را نشان داده است (Ojulari et al., 2019).

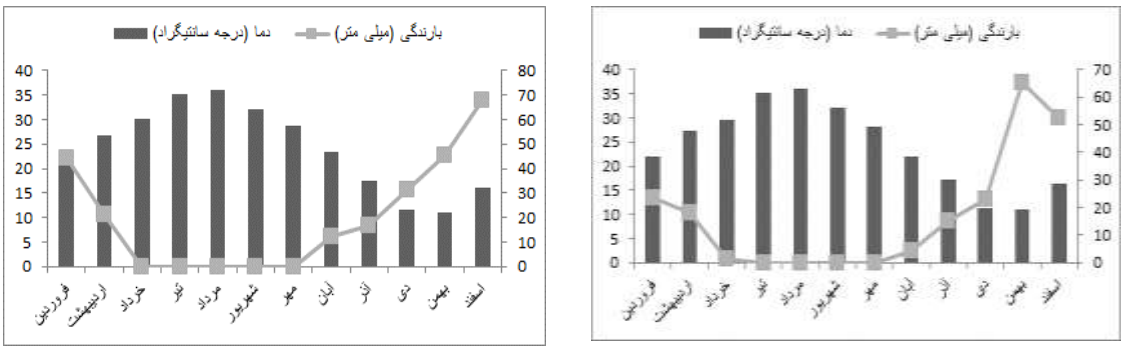
یکی از ترکیباتی که در اصلاح ساختار خاک نقش مهمی دارد اسید هیومیک بوده که از تجزیه مواد آلی در خاک حاصل می‌شود (El-Bassiony et al., 2010). هیومیک اسید از هوموس و دیگر مواد طبیعی تشکیل شده و به‌دلیل دارا بودن اثرهای هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه، منجر به‌افزایش عملکرد می‌شود (Sing et al., 2017). هیومیک اسید حاوی بسیار از مواد مغذی از جمله ۵۸-۴۴ درصد کربن، ۸-۶ درصد هیدروژن، ۴۶-۴۲ درصد اکسیژن، و ۵-۰/۴ درصد نیتروژن و همچنین برخی دیگر از عناصر مورد نیاز جهت بهبود رشد گیاه است (El-Bassiony et al., 2010). هیومیک اسید با اثر بر روی آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، پلی فنل اکسیداز، پراکسیدازها و متابولیت‌هایی مانند آسکوربیک اسید (Maleki et al., 2020; Zabet et al., 2015; Nunes et al., 2019) و گلوتاتیون، اثرات ناشی از تنش‌های خشکی، گرما و شوری را کاهش می‌دهد (War et al., 2011). اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی در گیاه نیز می‌شود (Ojulari et al., 2019). گزارش شده است که هیومیک اسید بر روی رشد هوایی گیاه اثرگذار است ولی اثر آن بر روی ریشه به‌دلیل افزایش حجم ریشه و بهبود سیستم ریشه نقش آن برجسته تر می‌باشد (Bahamin et al., 2014). اسید هیومیک با بهبود اجزای عملکرد دانه سبب افزایش عملکرد گل و دانه در گیاه چای ترش شد (Heidari and Khalili, 2014).

اخیراً هدف برخی پژوهشگران استفاده از روش‌های کشاورزی ارگانیک با نهاده‌های کمتر یا تولید کودهای جدید یا سیستم‌های کوددهی افزایش جذب عناصر غذایی، رشد و نمو گیاهان و همچنین بهبود کیفیت، کمیت و محیط زیست بوده است (Bahamin et al., 2021; Bahamin et al., 2019; Kardoni et al., 2019; Dawoudian et al., 2021). مواد آلی دارای خواصی مانند ظرفیت تبادل کاتیونی بالاتر، ظرفیت بیشتر نگهداری آب، قابلیت کلاته شدن عناصر غذایی خاک، منابع غذایی مناسب و بهبود ساختار هوادهی خاک می باشند که به پایداری خاک کمک می نمایند (Foladvane et al., 2019; Rezaei et al., 2015; Juriga and Simansky, 2018). در کشاورزی ارگانیک کیفیت خاک به‌روش‌های زیر افزایش می یابد: افزایش مواد مغذی، افزایش در

دسترس بودن مواد غذایی، بهبود فعالیت میکروبی و آنزیمی و افزایش خواص فیزیکوشیمیایی خاک (Khoshkhabar et al., 2015; Mahmoud et al., 2020; Shamsibeiranvand et al., 2017). بیوچار (Biochar) یا ذغال زیستی یک اصلاح کننده‌ی ارگانیک است که می‌تواند برای این منظور استفاده شود (Hussain et al., 2020). ساختار بسیار متخلخل ذغال زیستی می‌تواند حاوی مقادیری از مواد هومیک مانند و فلوویک مانند باشد (Lin et al., 2012). علاوه بر این، ساختار مولکولی آن درجه بالایی از پایداری شیمیایی و میکروبی را نشان می‌دهد (Cheng et al., 2012). خواص فیزیکی و شیمیایی بیوچار به شدت به دمای پیرولیز و پارامترهای فرآیند، مانند زمان اقامت و دمای کوره، و همچنین به‌نوع ماده اولیه وابسته است (Bruun et al., 2011; Jing-min et al., 2010). ترکیب عنصری بیوچار به‌طور کلی شامل کربن، نیتروژن، هیدروژن و برخی عناصر مغذی کم مصرف مانند پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم (Lehmann et al., 2011) است که برای رشد گیاهان دارویی جهت افزایش مواد موثره اهمیت زیادی دارد (Zhang et al., 2015). مطالعه انجام شده توسط Zhang و همکاران (۲۰۱۷) اثر مثبت بکارگیری بیوچار بر رشد محصول در خاک‌های اسیدی و خنثی استوایی و معتدل را گزارش کرد. یافته مشابهی توسط Hagemann و همکاران (۲۰۱۷) گزارش شده که میانگین ۱۸ درصد افزایش عملکرد به دنبال افزودن بیوچار به خاک‌های مختلف در کشت ...(چه گیاهی؟) نشان داده شده است. در مطالعه‌ای دیگر که با بهره‌گیری از نتایج ۳۷۱ آزمایش مستقل برگرفته از ۱۱٤ مقاله صورت پذیرفته است، گزارش گردید که افزودن بیوچار به خاک منجر به افزایش بهره‌وری، عملکرد محصول، گره‌زایی ریشه، جذب پتاسیم و فسفر گیاه توسط گیاه و همچنین محتوای فسفر، پتاسیم، نیتروژن و کربن در خاک شد (Biederman and Stanley Harpole, 2013). هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر کود بیوچار و محلول‌پاشی هیومیک اسید بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی چای ترش بود.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش: این مطالعه در مزرعه دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک در دو سال زراعی ۱۳۹٦-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸ با مختصات، عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۵ دقیقه و طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ٤۲ دقیقه و ارتفاع ۱۷۵۷ متر از سطح دریا انجام گرفته است. درجه حرارت و میزان بارندگی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: از چپ به راست بیانگر بارندگی (میلی‌متر) و میانگین دمای شهر اراک (درجه سانتی‌گراد) در دو سال ۱۳۹٦-۱۳۹۷ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸.

طرح آزمایش: تحقیق به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای اصلی عبارت بود از کود بیوچار در ۳ سطح شامل عدم مصرف (شاهد)، ٤ تن در هکتار و ۸ تن در هکتار که به‌صورت دستی قبل از کاشت درون کرت‌ها، زیر بذر و در در عمق ۲۰ سانتی‌متری ریخته شد و فاکتور فرعی محلول پاشی با هیومیک اسید ۸۰- ۸۲ درصد در ٤ سطح عدم مصرف کود (شاهد) ،۱۰۰ ،۲۰۰ و۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که روی برگ‌ها محلول‌پاشی شد.

عملیات زراعی: بذر چای ترش از منطقه زهک استان سیستان و بلوچستان تهیه شد. در این آزمایش در سال دوم از بذر سال قبل کاشته شده در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اراک استفاده شد. کاشت به‌صورت دستی انجام و آبیاری نیز با روش مرسوم منطقه (به صورت جوی و پشته‌ای تحت فشار) انجام شد. قبل از اجرای آزمایش و کاشت، از عمق ۳۰ سانتیمتری خاک محل اجرای آزمایش نمونه گیری به‌عمل آمد تا برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و مقدار عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و آهن آن اندازه گیری گردد و در نهایت مقدار کود لازم به‌زمین داده شد. نتایج تجزیه کود بیوچار در جدول ۱ و نتایج تجزیه خاک و آب آبیاری در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود بیوچار

نسبت کربن/ هیدروژن	نسبت کربن/ نیتروژن	هیدروژن (درصد)	کربن (درصد)	نیتروژن (درصد)	خاکستر(میلی‌گرم بر گرم)	اندازه (میلی‌متر	اسیدیته
۲۰/۱	۳۰۰/۱	۳	٦۰	۰/۲	۲۵	۰/۸	۷/۹

جدول ۲: خصوصیات خاک

پتاسیم در دسترس (پی‌پی‌ام)	فسفر در دسترس (پی‌پی‌ام)	اشباع بازی (درصد)	اسیدیته	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	عمق (سانتی‌متر)	سال
٥٥٤/٤	۱۰/۰	۳۳/٦	۷/۸	۱/٥	۰-۳۰	۱
٦۰۰/۰	۱۲/۰	۳٥/۰	۷/٦	۲/۱	۰-۳۰	۲

ادامه جدول ۲:

روی (پی‌پی‌ام)	آهن	بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن در دسترس (درصد)	سال
۰/٥۲	۳/۲	لومی-رسی	٦۳/٥	۱٦	۲۰/٥	۱/۳٦	۰/۱٤	۱
۰/٥٥	۲/۸		٦۰/۰	۱٤	۲۲/٦	۲/۱۷	۰/۱٦	۲

عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح کننده) در اواخر فروردین ماه هر دو سال تحقیق انجام شد. کودهای سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت پیش از کاشت و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در ۲ نوبت شامل هفته اول مردادماه و هفته اول مهرماه به‌صورت سرک همزمان با آبیاری به مزرعه داده شدند. کاشت به‌صورت هیرم‌کاری در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه صورت گرفت. بدین منظور ۳-٤ بذر چای ترش (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) در هر کپه با عمق ۳ سانتی‌متر به‌روش جوی و پشته در ٤ ردیف ۵ متری با فواصل ۳۰ سانتی‌متر

روی ردیف و ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحلهٔ ۲ الی ٤ برگی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی صورت گرفت.

نمونه برداری: پس از حذف ردیف‌های حاشیه کرت ها، به‌طور تصادفی از ردیف‌های میانی هر کرت ۳ نمونه گیاه چای ترش انتخاب و قطر میوه، تعداد ساقه فرعی، تعداد میوه در بوته، وزن هزار دانه، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن تر کاسبرگ، وزن تر اندام هوایی، میزان کارتنوئید، زاویه هیو، میزان آنتوسیانین، عملکرد میوه، درصد اسانس و شاخص قرمزی اندازه‌گیری شد. برداشت میوه‌های چای ترش در نیمه اول آبان ماه صورت گرفت. برای سنجش وزن تر اندام‌های مختلف ۳ بوته انتخاب و بر اساس رطوبت ١٤ درصد وزن اندام‌های مختلف اندازه‌گیری شد. برای سنجش وزن خشک، ۳ بوته انتخاب و توسط آون در دمای ۷۵ درجه برای مدت ٤٨ ساعت خشک و سپس وزن آن بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد اقتصادی گیاه، کاسبرگ‌های خشک شده مربوط به هر تیمار به‌طور جداگانه توزین شد. در مرحله بعد پارامترهای مربوط به رنگ نمونه‌های کاسبرگ خشک شده با استفاده از رنگ‌سنج مدل TES 135, Shenzhen Youfu Tools Co., TAIWAN. – L مورد سنجش قرار گرفت. برای محاسبه شاخص قرمزی از معادله ۱ استفاده شد (Lichtenthaler and Wellburn, 1983):

معادله ۱: $RI=a^*/b^*$

حوزه تغییرات نماد a از مقادیرمنفی برای رنگ سبز تا مثبت برای رنگ قرمز و نماد b از مقادیر منفی برای رنگ آبی تا مثبت برای رنگ زرد تعیین شده است.

زاویه هیو در ارزیابی مشخصه‌های رنگی سبزیجات و میوه ها استفاده شده و از طریق معادله زیر محاسبه گردید (Lichtenthaler and Wellburn, 1983):

معادله ۲: $\text{Hue Angle}=\tan^{-1}(b_t/a_t)$

زاویه ۰ یا ۳٦۰ درجه نشان‌دهنده رنگ قرمز و زاویه های ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه به ترتیب بیانگر رنگ زرد، سبز و آبی می‌باشد. در معادله فوق، اندیس t پارامتر زمان خشک بودن a میزان قرمزی و b میزان زردی برگ و Hue Angle بیانگر زاویه هیو است (Pathare et al., 2013). تعداد ساقه فرعی و تعداد میوه در بوته از میانگین ۳ بوته در هر کرت (۹ نمونه برای هر تیمار) شمارش گردید. قطر میوه با دستگاه کولیس و بر حسب بیشترین قطر در قسمت میانی میوه تعیین شد.

برای آنتوسیانین از روش Sims و Gamon (۲۰۰۲) و برای کارتنوئید از روش Lichtenthaler و Wellburn (۱۹۸۳) استفاده شد. به این منظور ۰/۵ میلی‌گرم از مخلوط برگ‌ها در ۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد هموژن گردید. پس از انجام سانتریفیوژ با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه، حجم مایع حاصل با استن به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس به‌وسیله دستگاه اسپکتوفتومتر میزان جذب در طول موج‌های ٦٤٧، ٥٣٧، ٦٦٣، ٤٧٠ و ٤٤٦ سنجیده و با استفاده از روابط زیر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی محاسبه گردید.

معادله ۳: کارتنوئید = [۱۰۰۰ (A٤٧٠) – ۳/۲۷ (کلروفیل آ) – ۱۰٤ (کلروفیل ب)]/۲۲۷ (Lichtenthaler and Wellburn, 1983)

معادله ٤: آنتوسیانین = ۰/۰۸۱۷۳ (A٥٣٧) – ۰/۰۰٦۹۷ (A ٦٤٧) – ۰/۰۰۲۲۲۸ (A٦٦٣) (Sims and Gamon, 2002)

جهت تعیین درصد اسانس از روش وزنی استفاده شد. بدین منظور در ابتدا یک بالن ۵۰ میلی لیتری تمیز که در آون به‌وزن ثابت رسید، توزین شد، آنگاه نمونه حاوی اسانس و هگزان که از دستگاه کلونجر جدا شده بود به آن منتقل گردید. بالن حاوی اسانس و هگزان به‌دستگاه روتاراواپوریتور وصل گردید تا هگزان تبخیر گردد. سپس بالن حاوی اسانس مجددا وزن شد و از تفاوت وزن اولیه (وزن بالن) و ثانویه (وزن بالن و اسانس) درصد اسانس محاسبه شد (Sims and Gamon, 2002).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

قبل از تحلیل آماری و تجزیه واریانس، آزمون توزیع نرمال داده‌ها و خطاها انجام شد و قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی (آزمون بارتلت) انجام شد. سپس داده‌های دو سال با استفاده از نرم افزارSAS نسخه ۲۰ تجزیه مرکب انجام گرفت. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج

تجزیه واریانس: اثر اصلی بیوچار، اثر اصلی هیومیک اسید و اثر متقابل بیوچار و هیومک اسید بر قطر میوه، تعداد ساقه فرعی، تعداد میوه در بوته، وزن هزار دانه، وزن تر برگ، وزن تر ساقه، وزن تر کاسبرگ، عملکرد میوه، آنتوسیانین، کارتنوئید، اسانس، زاویه هیو و شدت رنگ معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۵).

قطر میوه: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید قطر میوه به‌مقدار ۳/۹ میلی‌متر به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ۳۸ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش قطر میوه نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٤).

جدول ۳: تجزیه مرکب اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات چای ترش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قطر میوه	تعدادساقه فرعی	تعداد میوه در بوته	وزن هزار دانه	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن تر کاسبرگ
سال	۱	۰/۰۵۳ ns	۰/۲۲۲ns	۷۵۷/۳ns	۱۱٦/۳**	٤٥١٥/١ **	۳۷٥۲/٥**	۲۱۰/۷**
تکرار (سال)	٤	۰/۱۱٤	۱/۷۲۲	۷۱/۷	۱/٤۲	۳۰۰/۹	۱۰۳/۰	۱۲/٦۳
بیوچار	۲	۱/۲٦۷ **	٦/٦۸۱**	۱٥۰٤/۹**	۱۰۹/۱ *	٦۸۲۲/٤**	۲۱۱٦/۳**	۲۳۳/۷ *
سال x بیوچار	۲	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱٤ns	۲/۸ ns	۱/٤۹ ns	۱٤/۱٦ ns	۷/۲ ns	۲/٦۰ ns
خطایa	۸	۰/۰۳۰	۰/۲٦٤	۲۸/٥	۱/۲۰	۸۳/۸٦	۲۳۳/۰	۳/۷۲
هیومیک اسید	۳	۰/٤۸٦ **	۲۹/۸ **	۸۷۲/۷ **	۸۹/۰ **	۱٥۱٤/۱**	٤۰۹۳/۷**	٥۳۱/۱**
سال x هیومیک اسید	۳	۰/۰۰٦ ns	۰/۱۱۱ns	٥/٦ ns	۰/۹٤ ns	۳/۲۷ ns	۲۱/۸ ns	۱/۲۱ ns
بیوچارx هیومیک اسید	٦	۰/۲۱۳ **	۰/٦٦۲**	۳٤/۱ **	۱۳/٦ **	۱۹۸/۷۹ **	٤۹۱/۳ **	۸٥/۹۸**
سال x بیوچارxهیومیک اسید	٦	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰٦۹ns	۰/۲۹ ns	۰/۲٤ ns	۰/۸۳ ns	۰/۹ ns	۰/۱۸ ns
خطایb	۳٦	۰/۰۳۰	۰/۱۷٦	۱۷/٦	۲/۲۱	۸۸/۲٦	۷۸/٤	٥/۳۰
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۱/۷	۹/۸	٥/۹	٥/۱	٦/۳	٥/٥	۷/۱

**، * و ns: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار درسطح احتمال ۱ درصد، تفاوت معنی‌دار درسطح احتمال ۵ درصد و عدم تفاوت معنی دار

جدول ٤؛ مقایسه میانگین اثرات متقابل هیومیک اسید و بیوچار بر برخی صفات چای ترش

وزن تر کاسبرگ(گرم در بوته)		وزن تر ساقه (گرم در بوته)		وزن تر برگ (گرم در بوته)		وزن هزار دانه (گرم در بوته)		تعداد میوه در بوته		تعداد ساقه فرعی		قطر میوه (میلی‌متر)		بیوچار	هیومیک اسید
٢٣/٣١	e	١٣٨/١	ef	١٢٥/٥	e	٢٤/٤٥	i	٥٦/٥	h	٥/٥٠	g	٢/٧٨	e	صفر(شاهد)	صفر(شاهد)
٢٥/٣٧	e	١٣٢/٦	f	١٣٨/٠	de	٢٥/٦٩	hi	٦١/٣	gh	٥/٨٣	fg	٢/٨٥	de	٤	
٣٠/٤٠	d	١٤٦/١	de	١٥٤/٤	bc	٢٧/٣٥	fgh	٧٠/٣	de	٦/٠٠	fg	٣/٢٩	b	٨	
٢٣/٦٥	e	١٥٤/٥	cd	١٢٨/٥	e	٢٦/٥٧	gh	٦١/٥	gh	٦/٣٣	f	٣/٠٣	cd	صفر(شاهد)	١٠٠
٢٩/٩١	d	١٧٢/٧	b	١٤٤/٣	cd	٢٩/٥٤	cde	٦٧/٩	ef	٧/١٧	e	٣/١٨	bc	٤	
٣٥/٧٤	c	١٧٢/٦	b	١٦٣/٢	b	٣٤/٨٠	a	٧٦/٨	bc	٧/٥٠	e	٣/٩٠	a	٨	
٣٤/٣٦	c	١٥٦/١	cd	١٤٤/٤	cd	٢٨/٣٨	efg	٧١/٩	cde	٧/٣٣	e	٣/١٣	bc	صفر(شاهد)	٢٠٠
٣٨/٨٤	b	١٦٩/٣	b	١٥٤/٧	bc	٣٠/٧٣	c	٧٤/٨	bcd	٨/٦٧	bc	٣/١٢	bc	٤	
٤٣/٧٥	a	١٩٦/٦	a	١٨٤/١	a	٣٢/٥٩	b	٩١/٧	a	٨/١٧	bcd	٣/٢٤	bc	٨	
٣٤/٢٣	c	١٥٦/٣	cd	١٣١/٤	e	٢٨/٦٤	def	٦٤/٥	fg	٨/٠٠	d	٣/٠٤	cd	صفر(شاهد)	٤٠٠
٣٦/٧٠	bc	١٥٧/٨	c	١٥١/٤	bc	٣٠/٥٠	cd	٧١/٨	cde	٨/٦٧	b	٣/٢٦	bc	٤	
٣٠/٤١	d	١٦٤/٠	bc	١٦٢/٥	b	٣٠/٣٦	cd	٧٨/٠	b	٩/٥٠	a	٣/٣٢	b	٨	

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥ درصد، اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند

تعداد ساقه فرعی: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ٨ تن در هکتار بیوچار و مصرف ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بالاترین تعداد ساقه فرعی به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ٣٣ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ٨ تن در هکتار موجب افزایش تعداد ساقه فرعی نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٤).

تعداد میوه در بوته: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ٨ تن در هکتار بیوچار و مصرف ٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بالاترین تعداد میوه در بوته به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ٣١ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ٨ تن در هکتار موجب افزایش تعداد میوه در بوته نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٤).

وزن هزار دانه: یافته‌های این مطالعه در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ٨ تن در هکتار بیوچار و مصرف ٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید وزن هزار دانه به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ٢٩ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ٨ تن در هکتار موجب افزایش وزن هزار دانه نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٤).

وزن تر برگ: نتایج این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ٨ تن در هکتار بیوچار و مصرف ٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید وزن تر برگ به‌مقدار ١٨٤/١ گرم در بوته به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ٣٩ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ٨

تن در هکتار موجب افزایش وزن تر برگ نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٤).

وزن تر ساقه: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید وزن تر ساقه به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ۳۵ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش وزن تر ساقه نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٤).

وزن تر کاسبرگ: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید وزن تر کاسبرگ به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ۳۵ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش وزن تر کاسبرگ نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٤).

وزن تر اندام هوایی: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بیشترین وزن تر اندام هوایی به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود معادل ۲۸ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش وزن تر اندام هوایی نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٦).

جدول ۵: تجزیه مرکب اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات چای ترش

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تر اندام هوایی	عملکرد میوه	آنتوسیانین	کارتنوئید	اسانس	زاویه هیو	شاخص قرمزی
سال	۱	۲۰٤٤۰/۱**	۲٤٥۱۰/۳**	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۱/۳٤۰**	۰/۰٤۲^{ns}	۷/٥۳^{ns}	۰/۹۰*
تکرار (سال)	٤	۲٦۲/۲	٤٦/۲٥	۰/۰۰۰٤	۰/۰۰٥	۰/۰۲۰	۲/۱۰	۰/۲۱
بیوچار	۲	۲۰٥۷۰/٦**	۲۹۸۲۲/۷**	۰/۰٤۳**	۱٥/۸**	۰/۳٥**	۲٦۲/۱**	۱٦/٥**
سال x بیوچار	۲	٦۳/۳^{ns}	٥۷/٥۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۱٦^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۷۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
خطای a	۸	۳٥۰/۷	٤۸/۹۹	۰/۰۰۰٦	۰/۲۹۸	۰/۰۰۱	۹/۱۲	۰/۳٤
هیومیک اسید	۳	۱٤٤۷۹/۲**	۸۲۷۹/٦**	۰/۰۳٦٥**	۷/۳۹۲**	۰/۱۹۱**	٥۷٥/۳**	۱۰/۰**
سال x هیومیک اسید	۳	٥۰/۳^{ns}	۱۷۷/۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/٥۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}
بیوچار x هیومیک اسید	٦	۱۲۱۲/٦**	۱۲٤۹/۳**	۰/۰۰۰۷**	۱/۲٤۹**	۰/۰۲٦**	۹۳/۲**	۲/٥۸**
سال x بیوچار x هیومیک اسید	٦	۲/۰^{ns}	۸/٦٥^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/٥۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}
خطای b	۳٦	۱۱۷/۱	۱٦۲/٤	۰/۰۰۰۱	۰/۳۳۷	۰/۰۰۳	۲٤/۱۲	۰/۹۹
ضریب تغییرات	-	۳/۱	٦/۲	٤/٤	۸/۳	٦/۳	۹/۲	۷/٦

**، * و ns: به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار درسطح احتمال ۱ درصد، تفاوت معنی‌دار درسطح احتمال ۵ درصد و عدم تفاوت معنی دار

عملکرد میوه: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید وزن تر اندام هوایی در

بوته به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ۳۲ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش عملکرد میوه نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٦).

جدول ٦: مقایسه میانگین اثرات متقابل هیومیک اسید و بیوچار بر برخی صفات چای ترش

شاخص قرمزی		زاویه هیو		اسانس (درصد)		کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		آنتوسیانین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)		عملکرد میوه (گرم در بوته)		وزن تر اندام هوایی (گرم در بوته)		بیوچار	هیومیک اسید
۱۱/۵۹	f	٤٦/۲	f	۱/۹۵	f	۹/۱۲	g	۰/۱٦	i	۳۳٦/۷	f	۲۸۷/۰	h	صفر(شاهد)	
۱۱/۸۵	ef	٤٦/٤	f	۲/۰٤	e	۹/۵۹	fg	۰/۲۲	g	۳٦٤/۹	d	۲۹٦/۱	gh	٤	صفر(شاهد)
۱۲/٦۳	de	٤۸/۹	ef	۲/۰۵	e	۱۰/٤۵	de	۰/۲۳	f	۳۹٦/۹	c	۳۳۰/۹	f	۸	
۱۱/۳۰	f	٤۸/۷	ef	۱/۹۲	f	۱۰/۰۹	ef	۰/۲۰	h	۳۵۹/۸	de	۳۰٦/۷	g	صفر(شاهد)	
۱۲/۵۷	de	۵٤/۵	cd	۲/۱۲	d	۱۰/۸۷	cd	۰/۲٦	de	۳٦۳/۹	d	۳٤٦/۹	de	٤	۱۰۰
۱٤/٦۷	a	٦۵/۸	a	۲/۲۲	c	۱۱/۵۷	b	۰/۳۰	c	۳۹۹/۳	c	۳۷۱/۵	b	۸	
۱۲/٦٤	de	۵۷/۸	bc	۲/۰٦	e	۱۰/۳۵	de	۰/۲۵	e	۳٦۹/۳	d	۳۳٤/۸	ef	صفر(شاهد)	
۱۳/٦۸	bc	۵۹/۲	b	۲/۱۲	d	۱۱/۱٤	bc	۰/۳۳	b	٤۰۷/۸	c	۳٦۲/۹	bc	٤	۲۰۰
۱٤/۲۷	ab	٦۳/۹	a	۲/۳۱	b	۱۱/۲٦	bc	۰/۳۵	a	٤٦۵/۱	a	٤۲٤/۵	a	۸	
۱۳/۱۷	cd	۵۰/۹	def	۲/۰٦	e	۹/۹٦	ef	۰/۲۱	g	۳٤۷/۵	ef	۳۲۱/۹	f	صفر(شاهد)	
۱۳/۹۸	abc	۵۳/٦	cd	۲/۳۳	ab	۱۰/۸۰	cd	۰/۲٦	e	٤۰۲/۰	c	۳٤۵/۸	de	٤	٤۰۰
۱۳/۷٦	bc	۵۱/۲	de	۲/۳٦	a	۱۲/۷۳	a	۰/۲۷	d	٤۳۳/٤	b	۳۵٦/۹	cd	۸	

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی دار ی با یکدیگر ندارند

آنتوسیانین: در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید آنتوسیانین به‌مقدار ۰/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود معادل ۳۷ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش آنتوسیانین نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٦).

کارتنوئیدها: در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید کارتنوئیدها به‌مقدار ۱۲/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود معادل ۳۱ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش کارتنوئیدها نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٦).

اسانس: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید آنتوسیانین به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ۳۷ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش اسانس نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٦).

زاویه هیو: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در

لیتر هیومیک اسید زاویه هیو به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ۲۶ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش زاویه هیو نسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٦).

شاخص قرمزی: یافته‌های این تحقیق در خصوص اثر متقابل بیوچار و هیومیک اسید نشان داد که در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید شاخص قرمزی ١٤ به‌دست آمد که نسبت به کمترین مقدار یعنی عدم مصرف هر نوع کود ۲۸ درصد افزایش نشان داد. در سطوح مختلف هیومیک اسید، همواره مصرف ۸ تن در هکتار موجب افزایش شاخص قرمزینسبت به تیمار عدم مصرف بیوچار و مصرف ٤ تن در هکتار شد (جدول ٦).

بحث

اسید هیومیک با افزایش رشد سیستم ریشه‌ای باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود. همچنین افزایش در طول و قطر میوه را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسید هیومیک نسبت داد (Juriga and Simansky, 2018). Hafeez و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که عملکرد و اجزای عملکرد فلفل قرمز در کرت‌های تیمار شده با بیوچار بهتر از عملکرد و اجزای عملکرد فلفل قرمز در کرت بدون بیوچار بود. همچنین بیوچار موجب افزایش قطر میوه شد. این پدیده نشان داد که خاک تیمار شده با بیوچار وضعیت حاصل‌خیزی بهتری نسبت به خاک تیمار نشده با بیوچار داشت.

بهبود شاخص‌های رشدی گیاه با کاربرد انواع بیوچار در مطالعات زیادی (Mia et al., 2014; Schemit et al, 2014; Fathi and Bahamin, 2018) نشان داده شده است. افزودن مستقیم عناصر غذایی به خاک، افزایش دسترسی و حفظ عناصر غذایی از طریق افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و تأثیرات مثبت بر میکروارگانیسم خاک از جمله دلایل تأثیر مثبت بیوچار ذکر شده است (Mia et al., 2014). Schmidt و همکاران (۲۰۱٤) بیان کردند که بیوچار با افزایش محتوای عناصر در خاک، به گیاهان این امکان را می‌دهد که نسبت اندام هوایی از جمله تعداد ساقه فرعی به ریشه افزایش یابد و با این فعالیت سطح فعال فتوسنتزی گیاه افزایش یابد. بنابراین گیاه قادر است با بهبود فراهمی عناصر غذایی بیومس خود را افزایش دهد. در حالی‌که در گیاه شاهد که با بیوچار تیمار نشده به دلیل پایین‌تر بودن محتوای عناصر غذایی، گیاه بیشتر به توسعه ریشه پرداخته و تولید اندام هوایی کاهش می‌یابد. تولید بیومس و افزایش تعداد ساقه فرعی در گیاهان تابع جذب عناصر از محیط رشد و انتقال آن‌ها به اندام هوایی می‌باشد.

تعداد میوه در بوته در چای ترش مهمترین جزء عملکرد است و کاهش آن در شرایط عدم مصرف کود بدیهی است (Fathi and Bahamin, 2018). Jones و همکاران (۲۰۰٤) اظهار داشتند اسید هیومیک خاصیت شبیه هورمون دارد و سبب افزایش حجم ریشه و در نتیجه جذب بیشتر عناصر غذایی می‌شود. از طرفی به سبب زیاد بودن ظرفیت تبادل کاتیونی، اسید هیومیک سبب در اختیار قرار دادن عناصر مفید ریشهٔ گیاهان می‌شود. در یک تحقیق بر روی گوجه فرنگی، اثر اسید هیومیک به سبب افزایش مواد فتوسنتزی، قند و مواد محلول، موجب افزایش عملکرد میوه و تعداد میوه شد. افزایش عملکرد در اثر بیوچار می‌تواند به‌دلیل قابلیت بیوچار در افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش تخلخل خاک،

جذب و حفظ مواد مغذی و ایجاد زیستگاهی مطلوب برای میکروارگانیسم‌های مفید در خاک باشد (Schmidt et al., 2014). Mia و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که با مصرف بیوچار، تثبیت بیولوژیک نیتروژن در شبدر افزایش یافته و در نتیجه زیست توده نیز افزایش یافته است.

اسید هیومیک از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد (Aldesuquy and Ghanem, 2015). از آنجایی که هیومیک اسید ویژگی شبه هورمونی دارد و سبب افزایش طول و رشد ریشه می‌شود. بنابراین اسید هومیک با افزایش رشد ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در افزایش رشد اندام هوایی موثر است. بالا بودن ظرفیت تبادلی کاتیونی اسید هیومیک و اثرات مفید آن بر جمعیت و فعالیت میکروبی می‌تواند سبب بهبود فراهمی عناصر غذایی برای گیاهان شود. همچنین یکی دیگر از ویژگی‌های مواد هیومیک ذخیره رطوبت در خاک است. بنابراین اسید هومیک می‌تواند در تأمین رطوبت برای گیاه موثر باشد و این رطوبت می‌تواند موجب افزایش عملکرد شود (Canellas et al., 2015). Hassan Haider و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که با کاربرد بیوچار پارامترهای رشدی و وزن دانه افزایش یافت. آن‌ها بیان داشتند که کاربرد بیوچار باعث افزایش سرعت انتقال الکترون در فتوسیستم II و و در نتیجه تحریک فتوسنتز و به دنبال افزایش وزن دانه شده است.

افزایش وزن تر برگ در تیمار مصرف توام ۸ تن بیوچار و ۲۰۰ میلی‌لیتر اسید هیومیک احتمالا به‌دلیل تاثیر مثبت بیوچار و اسید هیومیک بر فتوسنتز گیاه بوده است. گزارش شد که اسپری اسید هیومیک روی نهال‌های فلفل و بادمجان باعث افزایش قطر ساقه، تعداد برگ، وزن مرطوب ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه، عملکرد دانه، باروری سنبله و محتوای پروتئین دانه شد (Aldesuquy and Ghanem, 2015). نتایج نشان دهنده افزایش وزن برگ با افزایش غلظت اسید هیومیک بود (Hassan Haider et al., 2019). افزایش رشد و وزن اندام‌های هوایی در اثر کاربرد اسید هومیک را می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی فسفر و پتاسیم در ریشه در تیمارهای کاربرد اسید هومیک نسبت داد (Canellas et al., 2015).

اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری، باعث افزایش جذب عناصر شده و باروری و تولید را در گیاهان افزایش می‌دهد (Aldesuquy and Ghanem, 2015) که این امر می‌تواند در افزایش سرعت رشد محصول مؤثر باشد. بیوچار در افزایش وزن خشک ریشه و ساقه موثرتر از کربن فعال است (Brennan et al., 2014). کاربرد برگی اسید هیومیک می‌تواند فتوسنتز را تقویت و به دنبال آن عملکرد اندام‌های مختلف گیاه افزایش یابد. همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو موجب افزایش وزن گیاه می‌شود (Bruun et al., 2011; Heidar et al., 2015)

اسید هیومیک از طریق اثرات فیزیولوژیکی مثبت از جمله تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ و فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد از جمله عملکرد کاسبرگ می‌شود (Hassan et al., 2019). نتایج تحقیقات نشان داد که دوزهای مختلف اسپری اسید هیومیک تأثیر متفاوت و معنی داری بر وزن خشک گیاه دارد (Hakan et al., 2010). اثر کود بیوچار بر رشد و عملکرد زنیان توسط Narkhede و Nutrition (۲۰۱۱) مورد مطالعه قرار گرفته است که دریافتند اثر کود بیوچار بهتر از کود غیر آلی است. این پدیده نشان داد که خاک تیمار شده با بیوچار از وضعیت حاصلخیزی بهتری برخوردار است و در اثر افزایش حاصلخیزی خاک وزن

اندام‌های زایشی از جمله کاسبرگ افزایش یافته است. از طرفی مواد معدنی موجودد در کود بیوچار به آهستگی آزاد شده و با نزدیک شدن به انتهای فصل رشدف عملکرد اندام‌های زایشی افزاییش می‌یابد (Yeboah et al., 2020).

محلول‌پاشی گیاهان با اسید هیومیک به‌طور قابل توجهی رشد را افزایش می‌دهد وعملکرد را بهبود می‌بخشد (El-Bassiony et al., 2010). در بررسی انجام شده توسط Yeboahو همکاران (۲۰۲۰) اثر مصرف کود بیوچار بر رشد گیاه در کرت‌های دارای بیوچار به طور چشمگیری بیشتر بود. آن‌ها افزایش جذب نیتروژن و پتاسیم توسط گیاه به‌دلیل فراهمی بیشتر توسط بیوچار را عامل رشد و عملکرد فلفل قرمز دانستند. بیوچار دارای خاکستر و مواد معدنی زیادی می‌باشد که در اثر فرآیند تجزیه این مواد به خاک اضافه شده و با جذب بیشتر عناصر به‌خصوص نیتروژن، فتوسنتز و به‌دنبال آن عملکرد افزایش می‌یابد.

محققان بیان کردند که بیوماس اندام هوایی و عملکرد به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر بیوچار قرار گرفتند (Yeboah et al., 2020). گزارش شده است که وقتی آب در خاک در دسترس باشد، از طریق آوند چوبی در اختیار برگ‌ها قرار می‌گیرد، گیاه منجر به افزایش متعاقب این مولکول‌های ضروری می‌شود و تنها پس از آن فعالیت‌های متابولیکی را به‌درستی تنظیم می‌کند. از آنجایی که وجود مواد آلی (مانند بیوچار) در خاک به‌خاک کمک می‌کند تا مواد مغذی و آب بیشتری را حفظ کند (به دلیل سطح بار منفی و اندازه ذرات کوچک) باعث افزایش وضعیت حاصلخیزی آن می‌شود. علاوه بر این، این مواد مغذی و آب در نهایت به‌راحتی توسط ریشه گیاه استخراج می‌شود و برای تنظیم متابولیسم آن استفاده می‌شود (Scott et al., 2014; Karhu et al., 2011).

در آزمایشی مشابه، استفاده از بیوچار با میزان کاربردهای مختلف، کلروفیل (a، b و کل)، کاروتنوئیدها و محتوای آنتوسیانین گیاه شنبلیله (*Trigonella corniculata*) را افزایش داد (Younis et al., 2015). محقق دیگری این اثر هیومیک اسید را در افزایش آنتوسیانین انار مشاهده کرده است. اسپری اسید هیومیک منجر به افزایش آنتوسیانین کل شد (Davarpanah et al., 2018). افزایش درصد بیوچار کاه پنبه را از ۳ درصد به۵ درصد باعث تولید بیشتر کلروفیل، کاروتنوئید، اسیدهای آمینه و پروتئین در اسفناج شد. اسید هیومیک از طریق اثرات فیزیولوژیکی مثبت خود از جمله افزایش متابولیسم در سلول‌ها و همچنین افزودن مقدار کلروفیل در برگ‌ها باعث ماندگاری بیشتر برگ‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد و تولید بیومس در گیاهان می‌شود (Scott et al., 2014). گزارش شد که اسید هیومیک به‌دلیل نقش مثبت آن در افزایش تنفس، سرعت فتوسنتز و تجمع بیشتر کلروفیل کل و محتوای کربوهیدرات در گیاهان، صفات کمی و کیفی را بهبود بخشید (Karhu et al., 2011).

اسید هیومیک از طریق قدرت کلات کنندگی عناصر غذایی و با کاهش تبخیر و تعرق و در نتیجه قرار دادن مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر کند (El-Bassiony et al., 2010). تأثیرات مثبت اسید هیومیک بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش مقدار رنگیزه‌ها از جمله کارتنوئید تأیید شده است. اثر مثبت بیوچار بر رشد و عملکرد فلفل قرمز توسط Carpenter (۲۰۱٤) مشاهده شد. کاربرد بیوچار باعث افزایش ارتفاع بوته و میزان کارتنوئید فلفل قرمز به جهت افزایش فعالت آنزیمی شد.

گزارش شده است که مواد موثره تحت تأثیر مصرف بیوچار مشاهده شده است (Hagemann et al., 2017). اسانس‌ها اغلب ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند که واحدهای سازنده آن‌ها مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات و دیمتیل آلیل پیروفسفات نیاز مبرم به NADPH و AATP دارند و حضور عناصری مانند نیتروژن، منیزیم، آهن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروریست (Younis et al., 2015). بیوچار حاوی عناصر غذایی می‌باشد و با در دسترس قرار گرفتن عناصر غذایی در طول دوره رشدی گیاه منجر به افزایش غدد ترشح کننده اسانس گیاه می‌شود که در نهایت منجر به افزایش ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس خواهد شد (Karhu et al., 2011). نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در بیوچار، درصد و عملکرد اسانس را در گیاهان دارویی افزایش می‌دهند، زیرا این عناصر در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس و بیوسنتز اسانس و مواد مؤثره گیاهان دارویی نقش مهمی ایفاء می‌کنند (Keshavarz Afshar et al., 2017).

با توجه به نقش فراهمی آب در بهبود شاخص درخشندگی، علت افزایش میزان درخشندگی در اثر مصرف هیومیک اسید را می‌توان به نقش این ترکیبات در بهبود محتوای رطوبتی گیاه نسبت داد (Hagemann et al., 2017). محققان بیان کردند که هر چقدر کارتنوئیدها افزایش پیدا کند، مقدار شاخص زاویه هیو بیشتر خواهد شد (Alvarez and Sanchez-Blanco, 2015). با توجه به اینکه کاسبرگ چای ترش حاوی مقادیر قابل توجهی بتاکاروتن می‌باشند (Da-Costa-Rocha et al., 2014)، بنابراین افزایش کارتوئید و به‌دنبال آن زاویه هیو می‌تواند ناشی از تولید بیشتر این رنگدانه‌ها باشد.

محققان بیان کردند که افزایش شاخص قرمزی چای ترش ناشی از افزایش آنتوسیانین‌های کاسبرگ می‌باشد. در بررسی حاضر نیز با مصرف هیومیک اسید، مقدار هر دو شاخص افزایش یافت (Hagemann et al., 2017). بنابراین، به نظر می‌رسد بالاتر بودن شاخص‌های قرمزی و هیو در شرایط عدم وجود تنش ناشی از تولید مقادیر بیشتری آنتوسیانین در گیاهان تحت تیمار باشد. این مشاهدات از رابطه رگرسیونی بین شاخص قرمزی و محتوای آنتوسیانین کاسبرگ نیز قابل درک می‌باشد (Naderi et al., 2015). درنتایج تحقیق دیگری نیز بیان شد که تخریب آنتوسیانین‌ها بر کاهش شاخص قرمزی و رنگ میوه‌ها از قرمز به سمت قهوه‌ای تیره مؤثر می‌باشد (Da-Costa-Rocha et al., 2014).

نتیجه گیری نهایی

در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بالاترین تعداد میوه در بوته، وزن هزار دانه، وزن تر اندام هوایی و آنتوسیانین به‌دست آمد. در تیمار مصرف ۸ تن در هکتار بیوچار و مصرف ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید بالاترین کارتنوئید و اسانس حاصل شد. با توجه به اینکه در چای ترش شدت رنگ قرمز بیانگر میزان کیفیت محصول تولیدی می‌باشد و مصرف توأم هیومیک اسید به مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و بیوچار به‌مقدار ۸ تن در هکتار موجب افزایش این صفت و همچنین صفات عملکردی شد، بنابراین مصرف مقادیر فوق چه به‌صورت جداگانه و چه به‌صورت تلفیقی قابل توصیه است.

References

Ahmed, Y.M., Shalaby, E. A. and Shanan, N.T. (2011). The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.*).* African Journal of Biotechnology. 10(11): 1988-1996.

Aldesuquy, H., and Ghanem, H. (2015). Exogenous salicylic acid and trehalose ameliorate short term drought stress in wheat cultivars by up-regulating membrane characteristics and antioxidant defense system. Journal of Horticulture. 2:1-10.

Alvarez, S., and Sanchez-Blanco, M.J. (2015). Comparison of individual and combined effects of salinity and deficit irrigation on physiological, nutritional and ornamental aspects of tolerance in Callistemon laevis plants. Journal of Plant Physiology. 185: 65-74.

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Behashti, S. (2021). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and nutrient efficiency indices in maize under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 14(3): 675-690. (In Persian).

Bahamin, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Beheshti, S. (2019). Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12(1): 123-139. (In Persian).

Bahamin, S., Parsa, S., and Ghoreishi, S. (2013). The Examination of Effects of Growth Stimulating and Salinity Bacteria on the Characteristics of Mentha spicata leaves. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4 (9): 2119-2125.

Bahamin, S., Sohrab, M., Mohammad, A. B., Behroz, K. T., and Qorbanali, A. (2014). Effect of bio-fertilizer, manure and chemical fertilizer on yield and reproductive characteristics of sunflower (Helianthus annuus L.). International Journal of Agriculture & Environmental Science. 3(1): 36-43.

Biederman, L.A., and Stanley Harpole, W. (2013). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. GCB Bioenergy. 5(2). Blackwell Publishing Ltd. 24:202–214.

Brennan, A., Moreno, E., Jose, J.N., Alburquerque, A., Knapp, C.W., and Switzer, C. (2014). Effect of biochar and activated carbon amendment on maize growth and the uptake and measured availability of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and potentially toxic elements (PTEs). Environmental Pollution. 28: 7963-7987.

Bruun, E.W., Hauggaard-Nielsen, H., Ibrahim, N., Egsgaard, H., Ambus, P., Jensen, P.A., and Dam-Johansen, K. (2011). Influence of fast pyrolysis temperature on biochar labile fraction and short-term carbon loss in a loamy soil. Biomass Bioenergy. 35:1182-1189.

Canellas, L.P., Silva, S. F., Olk, D.C., and Olivares, F.L. (2015). Foliar application of plant growth-promoting bacteria and humic acid increase maize yields. Journal of Food, Agriculture and Environment, 13: 131-138.

Carpenter, B.H. (2014). Biochar's fitness as an amendment in bell pepper transplant and field production. Mater thesis, Digital Resipotory@IowaState University, Iowa. 2:23-31.

Cheng, Y., Cai, Z., Chang, S. X., Wang, J. and Zhang, J. (2012). Wheat straw and its biochar have contrasting effects on inorganic N retention and N_2O production in a cultivated Black Chernozem. Biology and Fertility of Soils. 48: 941-946.

Da-Costa-Rocha, L., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., and Heinrich, M. (2014). Hibiscus sabdariffa L. A phytochemical and pharmacological review. Food Chemistry. 165: 424-443.

Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G. H., Abadia, J., and Khorasani, R. (2018). Effect of Humic Acid on Some Physical and Chemical Characteristics of Pomegranate (*Punica granatumcv*. Ardestani). Plant Production Technology. 10 (1): 69-81.

Dawoudian, J., Bahamin, S., and Tantoh, H.B. (2021). Environmental impact assessment of cement industries using mathematical matrix method: case of Ghayen cement, South Khorasan, Iran. Environmental Science and Pollution Research. 28(18): 22348-22358.

El-Bassiony, Z.F.M., Fawzy, A.M., Abd El-Baky, M.H., and Mahmoud, A.R. 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 6(2): 169-175.

Fathi, A., and Bahamin, S. (2018). The effect of irrigation levels and foliar application (zinc, humic acid and salicylic acid) on growth characteristics, yield and yield components of

roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 11(3): 661-674. (In Persian).

Foladvand, F., Khoshkhabar, H., Naghdi, N., Hosseinabadi, M., Bahamin, S., and Fathi, A. (2017). The effect of sowing date and nitrogen on yield, and essential oil of German chamomile. Scientia Agriculturae. 19 (3): 85-92.

Hafeez, Y., Iqbal, S., Jabeen, K. h., Shahzad, S., Jahan, S., and Rasul, F. (2017). Effect of biochar application on seed germination and seedling growth of *Glycine max* (l.) merr. under drought stress. Pakistan Journal of Botany. 49(3): 7-13.

Hagemann, N., Joseph, S., Schmidt, H. P., Kammann, C.I., Harter, J., Borch, T., Young, R.B., Varga, K., Taherymoosavi, S., Elliott, K.W., McKenna, A., Albu, M., Mayrhofer, C., Obst, M., Conte, P., Dieguez-Alonso, A., Orsetti, S., Subdiaga, E., Behrens, S., and Kappler, A. (2017). Organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility. Nat. Commun. 8, 1089-1098.

Haider, G., Koyro, H., Azam, F., Steffens, D., Müller, C., and Kammann, C. (2015). Biochar but not humic acid product amendment affected maize yields via improving plant-soil moisture relations. Plant and Soil, 395: 141-157.

Hakan, C., Katkat, A. V., Aşık, B. B. and Turan, M.A. (2010). Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. Communications in soil science and plant analysis, 2010 Dec 7; 42(1): 29-38.

Hashemi, A., and Shahani, A. (2019). Effects of salt stress on the morphological characteristics, total phenol and total anthocyanin contents of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Plant Physiology and Biochemistry, 24(2): 210–214.

Hassan Haider, H., Huthily Kadhim, H., and Mohsen Kareem, H. (2019). Effect of Humic Acid and Silicon on Some Growth Characteristics of Maize (*Zea Mays* L.). Basrah Journal of Agricultural Sciences. 32 (2): 23-32.

Heidari, M., and Khahlil, S. (2014). Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hisbiscus sabdariffa* L.). Iranian Journal of Field Crop Science. 45(2): 191-199. (In Persian).

Hussain, A., Maqshoof, A., Zahid Mumtaz, M., Ali, S., Sarfraz, R., Naveed, M. and Jamil, M. (2020). Integrated application of organic amendments with Alcaligenes sp. AZ9 improves nutrient uptake and yield of maize (*Zea mays* L.). Journal of Plant Growth Regulation. 34: 123-134.

Jing-min, Z., Shang-jun, X., Mao-peng, S., Bingyao, M., Xiu-mei, C., and Chunsheng, L. (2010). Effect of Humic Acid on Poplar Physiology and Biochemistry Properties and Growth under Different Water Level. Soil and Water Conservation. 41:67.89.

Jones, C.A., Jacobsen, J.S., and Mugaas, A. (2004). Effects of humic acid on phosphorus avaliability and spring wheat yield. Facts Fertilizer. 18: 32-36.

Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H., Hook, J., VanZwieten, L., Kimber, S., Cowie, A., and Singh, B.P. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. Australian Journal of Soil Research. 48: 501–515.

Juriga, M., and Simansky, V. (2018). Effect of biochar on soil structure-Review. Acta Fytotechn Zootechn. 21, 11-19.

Kardoni, F., Bahamin, S., Khalil Tahmasebi, B., Ghavim-Sadati, S., and Vahdani, S. (2019). Yield Comparisons of Mung-bean as Affected by Its Different Nutritions (Chemical, Biological and Integration) under Tillage Systems. Journal of Crop Ecophysiology. 13(49(1)): 87-102. (In Persian).

Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I., and Regina, K. (2011). Biochar addition to agricultural soil increased CH4 uptake and water holding capacity-Results from a short-term pilot field study. Agriculture, Ecosystems & Environment. 140: 309-313.

Keshavarz Afshar, R., Hashemi, M., DaCosta, M., Spargo, J., and Sadeghpour, A. (2017). Biochar application and drought stress effects on physiological characteristics of Silybum. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 47(6):743-752.

Khoshkhabar, H., Jafari, M., Feilinezhad, A., and Bahamin, S. (2015). Effect of Sodium Silicate on the Yield and Yield Components of Pea under Salinity Stress. Biological Forum – An International Journal. 7(1): 1045-1049.

Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota-a review. Soil Biology and Biochemistry. 43:1812-1836.

Lichtenthaler, H.K., and Wellburn, A.R. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society. 11: 591-592.

Lin, Y., Munroe, P., Joseph, S., Henderson, R., and Ziolkowski, A. (2012). Water extractable organic carbon in untreated and chemical treated bio-chars. Chemosphere. 87:151-157.

Mahmoud, E., Ibrahim, M., Ali, N., and Ali, H. (2020). Effect of biochar and compost amendments on soil biochemical properties and dry weight of canola plant grown in soil contaminated with heavy metals. Soil Science Society of America Journal. 51(12): 1561–1571.

Maleki, A., Fathi, A., and Bahamin, S. (2020). The effect of gibberellin hormone on yield, growth indices, and biochemical traits of corn (*Zea Mays* L.) under drought stress. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 15(59): 1-16. (In Persian).

Mia, S., Van Groenigen, J.W., Van de Voorde, T.F.J., Oram, N.J., Bezemer, T.M., Mommer, L., and Jeffery, S. (2014). Biochar application rate affects biological nitrogen fixation in red clover conditional on potassium availability. Agriculture, Ecosystems & Environment. 191: 83-91.

Naderi, B., Maghsoudlou, Y., Aminifar, M., Ghorbani, M., and Rashidi, L. (2015). Investigation on the changes in color parameters and turbidity of cornelian Cherry (*Cornus mass* L) produced by microwave and conventional heating. Nutrition and Food Sciences Research. 2(4): 39-46.

Narkhede, S.D., and Attarde, S.T. (2011). Study on effect of chemical fertilizer and vermicompost on growth of chili pepper plant (*Capsicum annum* L.). Journal of Applied Science in Environmental Sanitation. 3, 327-332.

Nunes, R.O., Domiciano, G.A., Alves, W.S., Amaral Melo, N.C., Nogueira, F.C.S., Canellas, L.P., Olivares, F. L., Zingali, R. B. and Soare, M.R. (2019). Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. Scientific Reports. 9,1-12.

Ojulari, O.V., Lee, S.G., and Nam, J.O. (2019). Beneficial Effects of Natural Bioactive Compounds from *Hibiscus sabdariffa L*. on obesity. Molecules. 24:210-223.

Pathare, P.B., Opara, U.L., and Al-Said, F.A. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. Food Bioprocess Technology. 6: 36-60.

Rezaei, A., Lotfi, B., Jafari, M., and Bahamin, S. (2015). Survey of effects of PGPR and salinity on the characteristics of Nigella leaves. Biological Forum-An International Journal. 7:, 1085-1092.

Schmidt, H.P., Kammann, C., Niggli, C., Evangelou, M.W., Mackie, K.A., and Abiven, S. (2014). Biochar and biocharcompost as soil amendments to a vineyard soil: Influences on plant growth, nutrient uptake, plant health and grape quality. Agriculture, Ecosystems and Environment. 191: 117-123.

Scott, H. L., Ponsonby, D., Atkinson, C. J. (2014). Biochar: an improver of nutrient and soil water availability -what is the evidence? CAB Reviews, 9, 1-19.

Shamsibeiranvand, Z., Sadeghi, Z., Khoshkhabar, H., Hosseinabadi, M., and Bahamin, S. (2017). Survey some physiological characteristics of medicinal plant *Scrophularia striata* Boiss in Ilam province. Scientia Agriculturae, 19 (3): 62-68.

Sims, D.A., and Gamon, J.A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. Remote Sensetive Environment. 81:337-354.

Singh, J. S., Mirza, A. S., and Singh, S. 2017. Study on Physiochemical Properties of Fruits as Influenced by Naphthalene Acetic Acid: A Review. International Journal of Engineering Research & Technology. 6(6): 941-945.

War, A.R., Paulraj, M.G., War, M.Y., and Ignacimuthu, S. (2011). Jasmonic acid-mediated-induced resistance in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) against Helicoverpa armigera. Journal of Plant Growth Regulation. 30: 512-523.

Yeboah, E., Asamoah, G., Ofori, P., Amoah, B., and Agyeman K.O.A. (2020). Method of biochar application affects growth, yield and nutrient uptake of cowpea. DE Gruyter. 5 (1):352-360.

Younis, U., Malik, S. A., Qayyum, M. F., Raza Shah, M. H., Shahzad, A. N. and Mahmood, S. (2015). Biochar affects growth and biochemical activities of fenugreek (*Trigonella corniculata* L.) in cadmium polluted soil. Journal of Applied Botany and Food Quality. 88: 29 -33.

Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S., Sadeghi, H., and Moosavi, S. (2015). Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. Environmental Stresses in Crop Sciences. 7(2): 187-194. (In Persian).

Zhang, H., Voroney, R. and Price, G. (2015). Effects of temperature and processing conditions on biochar chemical properties and their influence on soil C and N transformations. Soil Biology and Biochemistry. 83: 19–28.