Journal of Horticultural Plants Nutrition
Vol.3, No.1, Spring and Summer 2020
Research Paper

Morphological and phytochemical response of garlic (*Allium sativum*) to sulphur, humic acid and vermiwash nutrition

Kamran Ghasemi [1*] ***, Vahid Akbarpour*** [2] ***, Mehdi Mohammadi*** [3]

1- Corresponding Author and Assistant Professors of Horticultural Sciences and Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. kamranghasemi63@gmail.com
2- Assistant Professors of Horticultural Sciences and Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. v_akbarpour60@yahoo.com
3- Former M.Sc. Student of Department of Horticultural Sciences and Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. mehdimohamadi917@gmail.com

Received Date: 2019/07/16 Accepted Date: 2020/02/26

Abstract

Introduction: Sulphur is an important element for garlic because all the species of the Aliaceae family, including the garlic, are sulphur friend. Garlic accumulats this element in a large extent, and respond to sulphur nutrition remarkably. Elemental sulphur requires oxidation by Thiobacillus bacteria to be absorbable for plants root and the population of these bacteria has a positive correlation with soil organic matter (Sabbagh et al, 2016). Therefore, the addition of organic matter increases the oxidation of sulphur and ultimately increases the sulphur content of the plant.

Material and methods: Regarding the role of soil organic matter in increasing sulphur oxidation, a factorial experiment was carried out with two factors of sulphur (Control: S0, 3lit/ha: S1 and 6 lit/ha S2) and organic amendments (Control: C, Humic Acid: H, and vermiwash: V). Various traits including yield and yield components, photosynthetic parameters, nutrient elements, total antioxidant activity, total phenol, total flavonoid and caffeic acid were measured. Antioxidant activity and caffeic acid were determined based on Ebrahimzadeh et al, (2010) and Hu and Kitts, (2000) respectively. Data analysis was performed using SAS software and mean comparison by Duncan's multiple range test at 1 and 5 percent probability levels.

Results and discussion: The results showed that the highest total yield of garlic plant was observed in S_1V treatment, although, had no significant difference with S_1C and S_2C treatments. The highest single garlic weight was obtained in S_1C treatment, which was significantly more than all other treatments. The maximum garlic length was observed in S_2C treatment, which did not show significant differences with S_1V and S_1C. The highest photosynthesis rate (A) was recorded in S_1C treatment, which was significantly higher than all other studied treatments. The highest amount of sulphur in the edible part of garlic was observed in S_1H treatment, which was significantly higher than control and all other treatments. The highest amount of antioxidant capacity in the edible part of garlic was observed in S_2C treatment. The content of total phenol in the three treatments S_0V, S_1V and S_1C was significantly lower than the control, while the rest of the treatments did not differ in comparison with the control. The concentration of caffeic acid varied from 11.36 to 20.46 mg/kg; which had the highest amount of caffeic acid in the organic amendments factor were control and vermiwash with no significant difference. It seems that with increasing soil organic matter, some natural stresses in soil may be reduced and, as a result, the amount of some antioxidant-related substances such as caffeic acid decreased.

Conclusions: In general, the use of sulphur with a moderate concentration and no organic amendment increased the yield of garlic. In order to generalize the results of this study to other farms, it should be noted that the soil used in this experiment contained a fairly high percentage of organic matter (3.80%). So in soils with the same amount of organic matter there is no need for extra organic modifiers and sulphur nutrition alone is sufficient. As the results indicated, increased nitrogen and phosphorus absorption took place in humic acid and vermiwash treatments that is very important from a nutritional point of view.

Keywords: Antioxidants, Caffeic Acid, Edible Garlic, Organic modifier

نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی
دوره ۳، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹، (ص ۳۶- ۲۳)
مقاله پژوهشی

پاسخ مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی سیر خوراکی (*Allium sativum*) به تغذیه گوگرد، اسید هیومیک و ورمی‌واش

کامران قاسمی [۱*]، وحید اکبرپور [۲]، مهدی محمدی ازنی [۳]

۱. نویسنده مسئول و استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
kamranghasemi63@gmail.com
۲. استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
v_akbarpour60@yahoo.com
۳. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
mehdimohamadi917@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۲۵ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۷**

چکیده

با توجه به نقش ماده آلی خاک در افزایش باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل شامل دو عامل گوگرد (S_0: شاهد، S_1: سه لیتر در هکتار و S_2: شش لیتر در هکتار) و اصلاح‌کننده‌های آلی (شاهد C، اسید هیومیک H و ورمی‌واش V) اجرا شد. براساس نتایج این آزمایش بیشترین عملکرد کل بوته سیر در تیمار S_1V دیده شد هرچند اختلاف معنی‌داری با دو تیمار S_1C و S_2C نداشت. بیشترین وزن تک سیر در تیمار S_1C حاصل شد که بطور معنی‌داری از تمامی تیمارهای دیگر بیشتر بود. حداکثر طول سیر در تیمار S_2C مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با S_1V و S_1C نداشت. بیشترین نرخ فتوسنتز (A) در تیمار S_1C مشاهده شد که بطور معنی‌داری از تمامی تیمارهای مورد بررسی بیشتر بود. بیشترین میزان گوگرد در قسمت خوراکی سیر در تیمار S_1H دیده شد که نسبت به شاهد و تمامی تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بخش خوراکی سیر در تیمار S_2C مشاهده شد. محتوای فنلی تنها در سه تیمار S_0V، S_1V و S_1C بطور معنی‌داری کمتر از شاهد بودند ولی بقیه تیمارها از نظر فنل کل با شاهد تفاوتی نداشتند. غلظت کافئیک اسید از ۱۱/۳۶ تا ۲۰/۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم نوسان داشت که از بین اصلاح‌کننده‌های آلی تیمار شاهد و ورمی‌واش بدون اختلاف معنی‌دار با هم دارای بیشترین مقدار کافئیک اسید بودند.

کلمات کلیدی: آنتی‌اکسیدان، اصلاح‌کننده آلی، سیر خوراکی، کافئیک اسید.

مقدمه

یکی از مسائل اساسی در پرورش سیر خوراکی عدم دستیابی به تولید کمی و کیفی بالقوه است که یقینا یکی از دلایل آن بحث تغذیه بهینه می‌باشد. در راس عناصر مهم برای سیر خوراکی عنصر گوگرد است زیرا تمام گونه‌های خانواده آلیاسه از جمله سیر خوراکی، گوگرد دوست بوده و علاوه بر تجمع این عنصر به میزان زیاد، به تغذیه گوگردی نیز پاسخ می‌دهند. گوگرد عنصری برای اینکه اکسید شده و قابلیت جذب برای گیاه داشته باشد نیازمند حضور باکتری‌های تیوباسیلوس می‌باشد که جمعیت آنها نیز با میزان ماده آلی خاک همبستگی مثبت دارد (Sabbagh et al, 2016)، لذا افزودن ماده آلی موجب افزایش اکسیداسیون گوگرد شده و در نهایت گوگرد قابل‌دسترس گیاه افزایش می‌یابد (Wainwright et al, 1986). علاوه بر گوگرد عنصری، سایر ترکیبات دارای گوگرد نیز می‌توانند برای تغذیه گیاه سیر مفید باشند به‌طوری‌که کود سولفات آمونیوم به‌عنوان یک کود نیتروژنه مناسب برای گیاه سیر به‌ویژه در شرایط بیکربنات بالا مطرح شده است (Shojaee et al., 2019).

اسید هیومیک ترکیبی پلیمری، آلی و طبیعی است که در نتیجه تجزیه مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و مواد مشابه دیگر به وجود می‌آید و می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی گردد (Ghorbani et al, 2010). استفاده از اسید هیومیک می‌تواند افزایش رشد ریشه، برگ، ساقه و تحریک جوانه‌زنی گونه‌های مختلف گیاهان را در پی داشته باشد (Piccolo et al, 1993). هرچند این اثرات هیومیکی تحت تاثیر غلظت و نوع منبع مواد هیومیکی، گونه و سن گیاه و شرایط کاشت قرار می‌گیرد (Turan et al, 2010). افزایش معنی‌دار عملکرد با تیمار اسید هیومیک در بادمجان (Azarpour et al, 2012) و ارزن (Saruhan et al, 2011) گزارش شده است. نتایج پژوهش‌های کارکورت و همکاران (Karakurt et al, 2009) نشان داد که اسید هیومیک به دو صورت خاکی و محلول‌پاشی در کشت فلفل موجب افزایش قند کل و متوسط وزن میوه شد. طبق گزارش ارسلان و پهلیوان (Arslan and Pehlivan, 2008) اسید هیومیک به‌طور غیرمستقیم موجب افزایش دسترسی به مواد غذایی مانند نیتروژن، فسفر و گوگرد می‌شود. گزارش‌های زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد مواد هیومیکی بدلیل آنکه اصلاح‌کننده خاک هستند؛ روی تنفس، سنتز پروتئین و فعالیت آنزیمی در گیاهان عالی موثر بوده است (Nardi et al, 2007). اثر اسید هیومیک بر کاهش تنش شوری (Aydin et al, 2012)، خشکی (Rasaei et al, 2013) و سمیت فلزات سنگین (Haghighi et al, 2010) گزارش شده و همچنین مواد هیومیکی موجب بیان ژن‌های مختلف مسیرهای متابولیکی مرتبط با مکانیسم دفاعی می‌شوند.

ورمی‌واش شامل فضولات کرم به همراه درصدی از مواد آلی و غذایی بستر و لاشه کرم‌ها است (Atiyeh et al, 2000) که دارای اثرات اصلاح‌کنندگی خاک، تغذیه‌ای و حتی قارچ‌کشی نیز می‌باشد. استفاده از ورمی‌واش با افزایش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی گندم همراه بود (Rahmatpour et al, 2015). محلول‌پاشی چای کمپوست در گیاه بادرنجبویه به طور معنی‌داری منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد گره، فاصله میانگره‌ها، سطح برگ، وزن خشک بوته و عملکرد اسانس نسبت به شاهد شد. ورمی‌واش به دلیل حضور تعدادی از ریزجانداران مفید، رشد گیاه و درصد و قدرت جوانه‌زنی دانه لوبیا و برنج را بهبود می‌بخشد (Prabhu, 2006). کاربرد ورمی‌واش به صورت برگ‌پاشی افزایش معنی‌داری بر عملکرد خشک گیاه فلفل داشت (George et al, 2007).

از آنجایی‌که گوگرد عنصری بسیار بااهمیت در رشد و متابولیسم گیاه سیر تلقی می‌گردد و ارتباط میزان ماده آلی خاک با قابلیت دسترسی گوگرد اثبات شده لذا در این پژوهش غلظت‌های مختلف گوگرد به همراه دو اصلاح‌کننده آلی خاک یعنی اسید هیومیک و ورمی‌واش

مورد بررسی قرار گرفت.

مواد وروش‌ها

گیاه سیر رقم مازند در تاریخ ۲۷ مهرماه در منطقه ازنی شهرستان کیاسر (عرض جغرافیایی ۳٦/۱٤ شمالی و طول جغرافیایی ۵۳/۲۵ شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۱۰۳۵ متر) کشت شد. آب مورد نیاز گیاهان از طریق بارش و کودآبیاری تامین گردید. خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میزان عناصر پرمصرف خاک مزرعه در جدول‌های ۱ و ۲ و میزان بارندگی طی دوره آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو فاکتور و در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول گوگرد (S) در سه سطح صفر (S_0)، ۳ (S_1) و ٦ (S_2) لیتر کود گوگرد در هکتار از منبع گوگرد مایع پارس کیمیا (حاوی ۲۰ درصد گوگرد) و فاکتور دوم کود آلی در سه سطح شاهد (C)، اسید هیومیک ۲۰ کیلوگرم در هکتار (H) و ورمی‌واش ۲۰ درصد (V) بصورت کودآبیاری در سه نوبت و به فاصله هفت روز در اردیبهشت ماه اعمال گردید. اسید هیومیک مورد استفاده به شکل پودری جامد بوده، حاوی ۹۵ درصد اسید هیومیک، محصول شرکت Diamond Grow آمریکا مشتق شده از زغال بتومینه بود (0-0-12+95%Humic Acid). همچنین ورمی‌واش تهیه شده ازکود حیوانی و ضایعات کشاورزی و کرم خاکی Eisenia fotida با مشخصات نهایی که در جدول ٤ آمده به غلظت ۲۰ درصد مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Physiochemical analysis of the field soil

Sand %	Silt %	Clay %	Soil Texture	٪Organic C	٪Organic matter	pH	(ds.m-1) EC	TNV%
20	46	34	Silty clay loam	2.203	3.80	7.78	1.09	7

جدول ۲. عناصر غذایی موجود در خاک مزرعه

Table 2. Nutrient elements of field soil

N (%)	P (mg.kg-1)	K (mg.kg-1)	Mg (mg.kg-1)	Fe (mg.kg-1)	Mn (mg.kg-1)	Zn (mg.kg-1)	Cu (mg.kg-1)
0.22	17	730	196	5.4	10.62	0.76	0.89

جدول ۳. توزیع و میزان بارندگی طی دوره آزمایش

Table 3. Rainfall amount and distribution during experiment period

Total Sum	May 2017	April 2017	March 2017	February 2017	January 2017	December 2017	November 2017	month
252.41	88.21	50.92	13.9	13.36	111.8	24.71	49.51	Rainfall (mm)

جدول ۴. نتایج تجزیه شیمیایی ورمی‌واش مورد استفاده

Table 4. Chemical analysis of used vermiwash

pH	(ds.m-1) EC	Organic C %	Cu (mg.l-1)	Mn (mg.l-1)	Zn (mg.l-1)	Fe (mg.l-1)	Ca (mg.l-1)	Mg (mg.l-1)	K (mg.l-1)	P (mg.l-1)	N- NH4+ (%)
8.37	7.4	0.058	0.1	0.01	0.05	0.05	1.2	0.96	3.9	0.25	2.1

صفات مربوط به عملکرد و اجزای آن شامل عملکرد (تن در هکتار)، وزن تک سیر (گرم)، وزن سیرچه (گرم)، طول و عرض سیر (سانتی‌متر) و تعداد سیرچه در انتهای آزمایش مورد محاسبه قرار گرفت. پارامترهای فتوسنتزی شامل درصد رطوبت نسبی برگ (RH)، سرعت تعرق (E)، هدایت روزنه‌ای (gH_2O)، نرخ فتوسنتز (A) و کمبود فشار بخار آب (VPD)، تابش فعال فتوسنتزی بالای برگ (PARtop)، تابش فعال فتوسنتزی پایین برگ (PARbot) و تابش فعال فتوسنتزی محیط (PARamb) توسط دستگاه Portable Gas Exchange & Fluorescence System، GFS- 3000, Walz, German) در یک روز آفتابی بین ساعت ۱۰:۴۵– ۱۲:۳۰ اندازه‌گیری شدند.

به منظور اندازه‌گیری عناصر غذایی، نمونه‌های بخش خوراکی سیر از هر تیمار در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شده و پودر گردید. سپس یک گرم از نمونه گیاهی آسیاب شده در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت سوزانده و به خاکستر تبدیل شد. خاکستر حاصل در ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال حل و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و سپس عصاره حاصل صاف شد. این عصاره برای اندازه‌گیری عناصر فسفر و منیزیم، مورد استفاده قرار گرفت (Taullley and Semnani, 2002). مقدار نیتروژن گیاه نیز به روش میکرو-کجلدال و غلظت فسفر به روش آمونیوم مولیبدات وانادات در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد (Westerman,1990). جهت اندازه‌گیری عناصر پتاسیم، کلسیم و گوگرد ابتدا ۰/۲ گرم از بافت گیاهی را وزن کرده و سپس ۵ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۷٪ غلیظ به آن اضافه شد. ترکیب بدست آمده یک ساعت در دمای اتاق نگه داشته سپس به مدت سه ساعت روی صفحه داغ با دمای ۹۰ درجه قرار داده شد. سپس بعد سرد شدن با آب یون‌زدایی شده به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. از عصاره حاصل با استفاده از روش نشر شعله‌ای با دستگاه Flame photometer کلسیم و پتاسیم اندازه‌گیری شد (Waling ,1989). گوگرد نیز از طریق قرائت در طول موج ۴۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر و رسم منحنی استاندارد بدست آمد (Ropme, 1999).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل از طریق بلوکه کردن رادیکال پایدار دی فنیل پیکریل هیدرازیل یا DPPH انجام شد. بطور خلاصه به مقدار و غلظت مشخصی از عصاره متانولی، محلول DPPH اضافه کرده و بعد از آماده شدن لوله‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در محیط تاریک قرار داده و در نهایت جذب ترکیب فوق‌الذکر در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد و نتایج به‌صورت درصد مهار در غلظت ۳/۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر عصاره بیان گردید (Ebrahimzadeh et al, 2010). اندازه‌گیری فنل کل به روش فولین سیوکالتیو انجام شد. به این منظور ابتدا ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی با۱۰۰ میکرولیتر فولین سیوکالتیو و ۱/۱۶ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و سپس ۳۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم یک مولار به آن افزوده شد محلول فوق به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی و حمام بخار ۴۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. در نهایت نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شدند (Slinkard et al, 1977). سنجش فلاونوئید کل به روش آلومینیوم کلراید انجام گرفت بدین صورت که ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی تهیه شده با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلرید ۱۰ درصد ، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و نیم ساعت در تاریکی قرار داده شد. سپس جذب آن در طول موج ۴۱۵ نانومتر قرائت گردید (Chang et al, 2002).

جهت اندازه‌گیری کافئیک اسید ابتدا عصاره متانولی تهیه شد. سپس نمونه‌ها پس از ورتکس کوتاهی، به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک (Ultrasonic Cleaner) با بسامد ۴۰ کیلوهرتز قرار داده و پس از آن به‌مدت دو ساعت با شیکر تکان داده شد. آنگاه نمونه‌ها در دور rpm

۱۰۰۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل Sigma 3-30K) و فاز رویی آن‌ها جدا گردید. در نهایت تعیین مقدار کافئیک اسید براساس روش هو و کیتس (Hu and Kitts, 2000) و با استفاده از دستگاه HPLC (مدل KANUER) تعیین گردید.

بعد از جمع‌آوری داده‌های حاصل از آزمایش، آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

همانطورکه نتایج جدول شماره ۵ نشان می‌دهد اثر متقابل گوگرد و کود آلی بر تمام صفات مرتبط با عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار گوگرد S_1V دیده شد لذا یک سایه‌سار مطلوب در این تیمار برای گیاه سیر توسعه می‌یابد و کمترین ارتفاع نیز در نمونه‌های شاهد مشاهده شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد کل بوته سیر در تیمار S_1V بود، هر چند اختلاف معنی‌داری با دو تیمار S_1C و S_2C نداشت (جدول ۵). بیشترین وزن تک سیر در تیمار S_1C حاصل شد که بطور معنی‌داری از تمامی تیمارهای دیگر بیشتر بود و کمترین وزن تک سیر در گیاهان شاهد دیده شد (جدول ۵). حداکثر اندازه طولی سیر در تیمار S_2C دیده شد که اختلاف معنی داری با S_1V و S_1C نداشت (جدول ۵). همچنین سه تیمار مذکور از نظر عرض سیر نیز اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۵). از نظر تعداد سیرچه تنها دو تیمار S_1C و S_2C دارای تعداد بیشتری سیرچه نسبت به شاهد بودند (جدول ۵).

از آنجایی‌که از نظر اکثر شاخص‌های مرتبط با عملکرد نظیر عملکرد کل بوته، وزن تک سیر، اندازه سیر و تعداد سیرچه تیمار S_1C دارای میزان بالایی بود لذا در مجموع میتوان گفت که از نظر عملکردی استفاده از گوگرد با غلظت متوسط و بدون اصلاح‌کننده‌های آلی بهترین تیمار بود. در خصوص چرایی تاثیرگذاری تیمار گوگرد دستکم می‌توان به دو مورد اساسی اشاره نمود. نقش اول مربوط به تاثیر گوگرد بر فتوسنتز است. با توجه به شکل ۱، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن سیر و شدت فتوسنتز (A) برقرار است لذا زمانی‌که غلظت متوسط گوگرد بکار رفت میزان فتوسنتز گیاه افزایش یافت و همین مسئله افزایش عملکرد سیر را در پی داشت. مشخص شده است که در تنش کمبود گوگرد تجزیه آنزیم روبیسکو رخ می‌دهد که مستقیما فتوسنتز را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Hawkesford and De Kok, 2006). نقش دوم گوگرد تاثیر غیرمستقیم آن بر افزایش جذب فسفر می‌باشد به طوریکه اثر منفرد تغذیه گوگرد بیانگر آن است که تیمار گوگرد موجب افزایش غلظت فسفر گردیده است (شکل ٤). عنصر فسفر، عنصری کلیدی در عملکرد سیر محسوب می‌شود و همبستگی مثبت بین فسفر و وزن سیر که در شکل ۲ ارائه شده است گویای همین مطلب می‌باشد. تاثیر سینرژیستی گوگرد بر جذب فسفر و ارتباط معنی‌دار مثبت بین گوگرد، فسفر و عملکرد سوخ سیر در پژوهش‌های دیگر نیز اعلام شده و گزارش شده است که تاثیر استفاده همزمان از هر دو عنصر فسفر و گوگرد در پرورش سیر بیشتر از اثر تنهای هر یک از آنها مفید بود (Chandel et al, 2012).

به هر شکل اصلاح‌کننده‌های آلی نتوانستند کمکی به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سیر بکنند؛ این درحالی است که انتظار بر این بود که این مواد برهمکنش مثبت با گوگرد نشان دهند زیرا میزان گوگرد قابل دسترس خاک ارتباط مستقیمی با میزان کربن آلی دارد (Chandel et al, 2012). احتمالا تاثیر مثبت ماده آلی بدلیل افزایش اکسیداسیون گوگرد و در نتیجه افزایش گوگرد قابل‌دسترس گیاه باشد (Wainwright et al, 1986). به نظر می‌رسد بالا بودن نسبی ماده آلی خاک مزرعه مورد آزمایش (۳/۸۰ درصد) موجب شد که تاثیر اصلاح‌کننده‌های آلی در این

خصوص کمرنگ گردد. لذا می‌توان نتایج این بخش را بدین گونه خلاصه نمود که در خاکی با میزان ماده آلی مشابه شرایط این آزمایش، نیازی به اصلاح‌کننده‌های آلی نظیر اسید هیومیک و ورمی‌واش نمی‌باشد و تنها تغذیه گوگردی کافی خواهد بود. این مسئله که میزان بهینه ماده آلی خاک برای اکسیداسیون مطلوب گوگرد چقدر است قبلا گزارش نشده است لذا نتیجه این آزمایش می‌تواند در این خصوص راهگشا باشد.

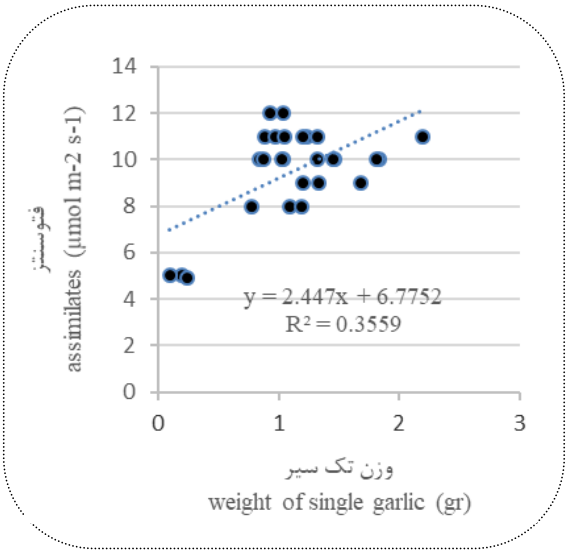
جدول ۵. مقایسه میانگین اثر گوگرد و اصلاح‌کننده‌های آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر خوراکی

Table 5. Mean comparison of sulphur and organic amendments on yield and yield component of garlic

Treatment	Plant height (cm)**	Total garlic yield (t.ha-1)*	Garlic weight (g)**	Garlic length (cm)**	Garlic width (cm)**	clove number*	Clove length (cm)**	Clove width (cm)**	Clove weight (g)**
S_0C	83.33 e	24.1 bc	54.33 f	5.53 d	3.63 b	13 c	2.06 d	1.63 d	4.96 g
S_0V	90 cd	20.83 c	65 e	6.56 bc	5 ab	13 c	3.66 ab	2.5 bc	11.66 a
S_0H	105 b	22.91 bc	78.66 d	6.83 b	5.56 a	14 abc	3.36 bc	2.3 c	8 f
S_1C	90 cd	25 ab	107 a	6.9 ab	5.56 a	15 a	3.93 a	2.63 b	10.33 cd
S_1V	115 a	27.5 a	78.33 cd	6.9 ab	4.83 ab	13.66 bc	3.46 bc	2.6 b	10.66 bc
S_1H	90 cd	22.9 bc	77.66 d	6.33 c	4.83 ab	14 abc	3.16 c	2.4 bc	9 e
S_2C	88.33 ed	24.58 ab	98 b	7.33a	5.46 a	14.33 ab	3.66 ab	2.6 b	11 b
S_2V	95 c	23.75 bc	82.66 cd	6.66 bc	3.33 b	11.66d	3.66 ab	2.46 bc	10 d
S_2H	84.33 ed	23.75 bc	88 c	6.56 bc	4.43 ab	13.33 bc	3.26 c	2.96 a	10 d

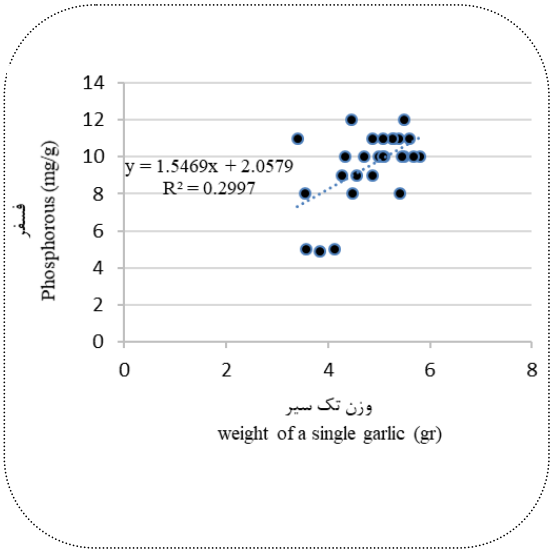
* و **: به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪. اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.01) نمی‌باشند

* and ** indicate statistical significance at 5% and 1% level of confidence, respectively. Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.01)



شکل ۱. همبستگی مثبت بین فتوسنتز و وزن تک سیر

Figure 1. Positive correlation between photosynthesis and weight of single cloves



شکل ۲. همبستگی مثبت بین فسفر و وزن تک سیر

Figure 2. Positive correlation between phosphorus and weight of single cloves

پارامترهای فتوسنتزی

بیشترین میزان رطوبت نسبی برگ در تیمار S_0H دیده شد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای مورد آزمایش بود (جدول ٦). بیشترین میزان تعرق (E) و هدایت روزنه‌ای (gH2O) در دو تیمار S_0H و S_1H دیده شد که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ٦). بیشترین نرخ فتوسنتز (A) در تیمار S_1C دیده شد که بطور معنی‌داری از تمامی تیمارهای مورد بررسی بیشتر بود (جدول ٦). کمترین میزان اختلاف فشار بخار آب (VPD) در تیمار S_0H دیده شد که بطور معنی‌داری از سایر تیمارهای مورد بررسی کمتر بود (جدول ٦).

حداکثر رطوبت نسبی برگ (RH) در تیمار S_0H دیده شد این درحالیست که در این تیمار میزان تعرق (E) و هدایت روزنه‌ای (gH_2O) نیز بسیار بالا بود و میزان VPD در کمترین میزان نسبت به سایر تیمارها بود. هم‌راستایی تعرق و هدایت روزنه‌ای منطقی و قابل‌قبول است. به نظرمی‌رسد تاثیر اسید هیومیک به عنوان یک ماده ضد تنش خشکی موجب افزایش دسترسی به آب و در نتیجه ایجاد RH بالا و VPD کم شده لذا موجب باز ماندن روزنه‌ها و افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق می‌گردد. اثر مثبت اسید هیومیک در کاهش تنش خشکی توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است (Asli and Neumann, 2010 ؛ Rasaei et al, 2013).

بالا بودن نرخ فتوسنتز در تیمار S_1C بیانگر آن است که میزان فتوسنتز لزوما تحت تاثیر اختلاف فشار بخار آب، تعرق و هدایت روزنه‌ای نمی‌باشد و عوامل دیگری نظیر دسترسی به مواد غذایی نیز می‌تواند به عنوان مکانیسم غیرروزنه‌ای تنظیم‌کننده فتوسنتز بااهمیت باشد. به هر شکل همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان فتوسنتز و وزن سیر تولیدی بدست آمد (شکل ١) که گویای نقش منبع فیزیولوژیکی قوی در ایجاد ساختارهای ذخیره‌ای نظیر سوخ سیر خوراکی می‌باشد.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر گوگرد و اصلاح‌کننده‌های آلی بر پارامترهای فتوسنتزی سیر خوراکی

Table 6. Mean comparison of sulphur and organic amendments on photosynthetic parameters of garlic

Treatment	RH (%)**	E (mmol m-2 s-1) **	gH2O (mmol m-2 s-1) **	A (µmol m-2 s-1)**	VPD (Pa/kPa) **	PARtop (µmol m-2 s-1) **	PARamb (µmol m-2 s-1) **	PARbot (µmol m-2 s-1) **
S_0C	52.62 e	3.38 d	219.85 b	0.17 d	15.43 ab	176.67 c	233 e	12.33 c
S_0V	56.63 c	3.58 cd	283.99 b	0.94 c	11.37 d	244.6 b	262.73 bc	18.8 b
S_0H	26.00 a	5.41 ab	381.45 a	1.01 bc	10.03 e	280.03 ab	322.2 bc	17.13 b
S_1C	52.82 e	3.84 cd	236.37 b	1.94 a	14.34 bc	134.13 c	300 cde	27.8 a
S_1V	54.11 ed	4.51 bc	252.31 b	1.22 bc	13.62 c	242.18b	291.7 e	26.06 a
S_1H	53.91 ed	5.91 a	416.17 a	1.39 b	11.48 d	290.3 ab	390.8 ab	21.36 b
S_2C	53.40 ed	3.84 cd	249.38 b	1.18 bc	13.63 c	319.83 a	439.73 a	27.9 a
S_2V	59.34 b	4.51 bc	250.36 b	1.06 bc	11.52 d	269.77 b	247.4 e	19.1 b
S_2H	55.93 cd	3.04 d	221.55 b	1.11 bc	15.98 a	243.57 b	251.47 e	29.76 a

**: معنی‌دار در سطح احتمال ١٪. اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) نمی‌باشند

** significance 1% level of confidence, respectively. Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.01$)

عناصر غذایی

اثر متقابل تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش بر مقدار عناصر پتاسیم، کلسیم و گوگرد سیر خوراکی از نظر آماری معنی‌دار شد (جدول ۷). تنها تیماری که میزان پتاسیم بیشتری نسبت به شاهد نشان داد تیمار S_0V بود و بقیه تیمارهای مورد استفاده اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان ندادند (جدول ۷). این تیمار (S_0V) دارای بیشترین غلظت کلسیم سیر نیز بود؛ هرچند اختلاف آن با تیمارهای S_0H، S_1V و S_2H معنی‌دار نشد (جدول ۷). بیشترین میزان گوگرد در قسمت خوراکی سیر در تیمار S_1H دیده شد که نسبت به شاهد و تمامی تیمارهای مورد بررسی بطور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۷). تاثیر منفرد اصلاح‌کننده‌های آلی بر میزان نیتروژن و تاثیر منفرد تغذیه گوگرد بر جذب فسفر به‌طور مثبت و معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده گردید (به ترتیب شکل ٤ و ٥).

افزایش جذب نیتروژن با تیمار اسید هیومیک توسط محققان دیگر نیز گزارش شد. تحقیقات متعدد اثبات می‌کند که دسترسی به برخی مواد غذایی مانند نیتروژن، فسفر و گوگرد به خصوص اگر به مقدار کمی در خاک موجود باشند توسط مواد هیومیکی افزایش می‌یابد (Arslan and Pehlivan, 2008). براساس گزارشات متعدد افزایش جذب نیترات با تیمار مواد هیومیکی در ارتباط با رونویسی ژن کدکننده H+-ATPase در ذرت (Mha2) می‌باشد. در واقع با تجلی این ژن و ایجاد شیب الکتروشیمیایی H+ در عرض غشاء پلاسمایی سلول‌های ریشه، جذب نیترات نیز بهبود می‌یابد (Quaggiotti et al, 2004). افزایش جذب فسفر با تغذیه گوگردی نیز بدلیل کاهش pH ناشی از اکسیداسیون گوگرد و در نتیجه حل‌پذیری بهتر فسفر در خاک می‌باشد (Akhavan and Fallah Nosrat Abad, 2013). مشخص شده است که کاهش بیان ژن مرتبط با سیتوکینین موجب القای فعالیت ناقل‌های با کارایی بالای سولفات در گیاه آرابیدوپسیس شدند و چنین ارتباط مشابهی بین سیتوکینین و فسفر نیز دیده شد (Hawkesford and De Kok, 2006).

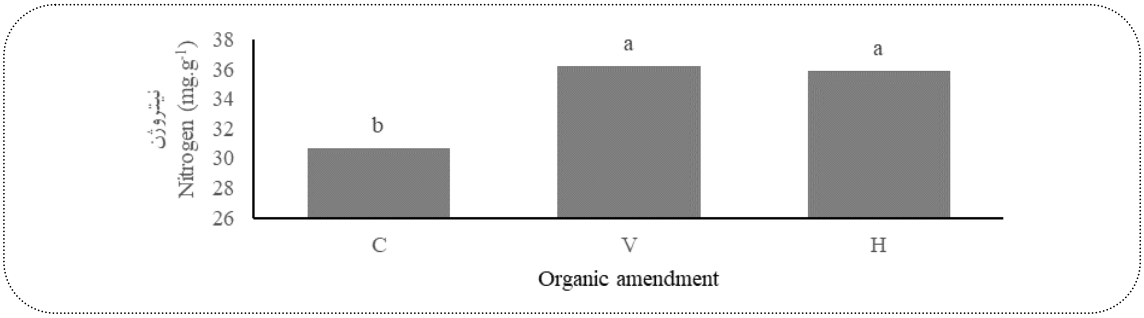
جدول ۷. مقایسه میانگین اثر گوگرد و اصلاح‌کننده‌های آلی بر غلظت عناصر غذایی در سیر خوراکی

Table 7. Mean comparison of sulphur and organic amendments on nutrient uptake of garlic

Treatment	Nitrogen (mg/g)ns	Phosphorous (mg/g) ns	Potassium (mg/g) *	Calcium (mg/g)**	Magnesium (mg/g) ns	Sulphur (mg/g) **
S_0C	31.6 ^{a}	3.8 ^{a}	12 ^{bcd}	3.2 ^{d}	1.9 ^{a}	11.285 ^{b}
S_0V	35.6 ^{a}	4.4 ^{a}	13.44 ^{a}	4 ^{a}	1.9 ^{a}	11.330 ^{b}
S_0H	36.6 ^{a}	4.4 ^{a}	11.56 ^{d}	3.77 ^{abc}	0.87 ^{a}	11.285 ^{b}
S_1C	30.6 ^{a}	5.2 ^{a}	11.7 ^{cd}	3.4 ^{cd}	2 ^{a}	11.276 ^{b}
S_1V	36.8 ^{a}	5.5 ^{a}	12.44 ^{abcd}	3.7 ^{abc}	1 ^{a}	11.297 ^{b}
S_1H	35.5 ^{a}	4.5 ^{a}	12.9 ^{abc}	3.5 ^{bcd}	1 ^{a}	11.440 ^{a}
S_2C	29.8 ^{a}	5 ^{a}	11.88 ^{bcd}	3.16 ^{d}	1.9 ^{a}	11.307 ^{b}
S_2V	36.2 ^{a}	5 ^{a}	11.8 ^{bcd}	3.16 ^{d}	0.8 ^{a}	11.296 ^{b}
S_2H	35.6 ^{a}	5 ^{a}	13.04 ^{ab}	3.9 ^{ab}	2 ^{a}	11.305 ^{b}

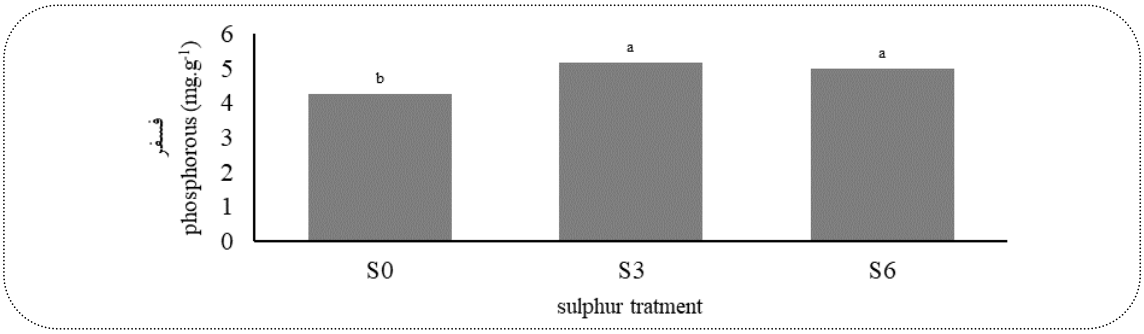
ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪. اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) نمی‌باشند

ns, * and ** indicate statistical non-significant, significance at 5% and 1% level of confidence, respectively. Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.01$)



شکل ۳. تاثیر منفرد اصلاح‌کننده‌های آلی بر میزان نیتروژن بخش خوراکی سیر (C: شاهد، V: ورمی‌واش، H: اسید هیومیک)

Figure 3. Single effect of organic amendment on nitrogen content of edible part of garlic (C: Control, V: vermiwash, H: humic acid)



شکل ۴. تاثیر منفرد تغذیه گوگرد بر میزان فسفر بخش خوراکی سیر

(S_0: گوگرد صفر، S_3: گوگرد ۳ لیتر در هکتار، S_6: گوگرد ۶ لیتر در هکتار)

Figure 4. Single effect of Sulphur treatment on phosphorus content of edible part of garlic (S0: zero Sulphur, S3: Sulphur 3 l/ha, S6: Sulphur 6 l/ha)

براساس نتایج بدست آمده از آزمایش Chandel و همکاران (۲۰۱۲)، میزان گوگرد قابل دسترس خاک ارتباط مستقیمی با میزان کربن آلی دارد. آنها همچنین ارتباط معنی‌دار مثبت بین گوگرد، فسفر و عملکرد سوخ سیر را گزارش نمودند و تاثیر استفاده همزمان از هر دو عنصر فسفر و گوگرد در پرورش سیر را بیشتر از اثر تنهای هر یک از آنها اعلام کردند (Chandel et al, 2012). با این حال در آزمایش ما اصلاح‌کننده‌های آلی نتوانستند کمکی به افزایش جذب گوگرد کنند که احتمالا این مسئله ناشی از بالا بودن ماده آلی خاک مورد استفاده در مزرعه باشد. مسئله دیگر که جالب توجه است اینکه تنها در تیمار S_1H افزایش گوگرد در قسمت خوراکی سیر دیده شد و در سایر تیمارها چنین افزایشی دیده نشد. دلیل اینکه چرا تیمارهای تغذیه گوگرد به ویژه در غلظت‌های بالا نتوانستند منجر به افزایش میزان این عنصر در بخش خوراکی سیر شوند به سیستم توزیع و بازتوزیع این عنصر در گیاه سیر بر می‌گردد. عمده گوگرد از اپیدرم و کورتکس ریشه از طریق سیم‌پلاستی جابجا می‌شود و مهمترین لایه انتخابگر ریشه آندودرم می‌باشد که از طریق آن سولفات وارد آوند چوب شده و از طریق جریان تعرق به سمت بخش‌های هوایی می‌رود. بخش عمده احیای سولفات به ویژه در گیاهان علفی در قسمت هوایی و نه در ریشه رخ می‌دهد. گوگرد که در اوایل نمو برگ در ساختمان پروتئین وارد می‌شود دارای تحرک پایین است و معمولا در زمان پیری برگ است که بازتحرک دارد (Hawkesford and De Kok, 2006). لذا می‌توان اینگونه جمع‌بندی نمود که از آنجایی‌که مقصد اول گوگرد قسمت‌های هوایی گیاه است لذا کم بودن گوگرد در بخش سوخ به هیچ عنوان

بیانگر عدم جذب این عنصر نیست.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بخش خوراکی سیر براساس درصد مهار رادیکال‌های آزاد دی فنیل پیکریل هیدرازیل در تیمار S_2C دیده شد (جدول ۸). محتوای فنلی تنها در سه تیمار S_0V، S_1V و S_1C بطور معنی‌داری کمتر از شاهد بودند ولی بقیه تیمارها از نظر فنل کل با شاهد تفاوتی نداشتند (جدول ۸). بیشترین میزان فلاونوئید کل در سیر خوراکی نیز در تیمار S_0V دیده شد که بطور معنی‌داری از تمامی تیمارهای مورد بررسی بیشتر بود (جدول ۸).

اندازه‌گیری کافئیک اسید با رجوع به منحنی استاندارد زیر و بوسیله کروماتوگرافی مایع با فشار بالا انجام گرفت. هرچند اثر متقابل گوگرد و اصلاح‌کننده‌های آلی معنی‌دار نشد ولی تاثیر منفرد اصلاح‌کننده‌های آلی بر غلظت کافئیک اسید معنی‌دار بود بطوریکه حداکثر مقدار کافئیک اسید با عدد ۲۰/٤٦ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک در تیمار شاهد بدست آمد که اختلاف آن با تیمار ورمی‌واش معنی‌دار نبود ولی نسبت به اسید هیومیک برتری داشت (شکل ۵).

$$R^2 = 0.9998,\ y = 282044x - 2720$$

از آنجایی‌که تیمار S_2C دارای میزان بالای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بوده و در عین حال فنل بالایی نیز در این تیمار دیده شد لذا بخش زیادی از خواص آنتی‌اکسیدانی در این تیمار را میتوان به فنل‌ها نسبت داد. گوگرد در ترکیبات مختلف آنتی‌اکسیدانی نظیر سیستئین (cysteine)، متیونین (methionine)، تائورین (taurine)، گلوتاتیون (glutathione)، لیپوئیک اسید (lipoic acid)، مرکاپتوپروپیونیل گلایسین (mercaptopropionyl-glycine)، ان استیل سیستئین (N-acetylcysteine) و سه ترکیب گوگرددار آلی عمده در عصاره سیر یعنی دی آلیل سولفید (diallylsulfide)، دی آلیل دی سولفید (diallyldisulfide) و دی آلیل تری سولفید (diallyltrisulfide) حضور دارد که از این میان فرم احیاشده لیپوئیک اسید یعنی دی هیدرولیپوئیک اسید (dihydrolipoic acid) دارای خواص آنتی‌اکسیدانی موثرتری شناخته شده است (Atmaca .2004).

بالا بودن میزان فلاونوئیدها در تیمار S_0V نیز می‌تواند از تاثیرات استفاده از ورمی‌واش به تنهایی تلقی گردد هرچند تیمار ورمی‌واش به همراه گوگرد تاثیر چندانی بر میزان فلاونوئیدها نداشت. گزارش شده است که تنش تغذیه‌ای به‌ویژه کمبود نیتروژن موجب افزایش بیوسنتز فلاونوئیدها می‌گردد (Lillo et al, 2008) ولی از آنجایی‌که ورمی‌واش دارای مقادیر بالایی (۰/۲۲ درصد) نیتروژن است لذا نتایج این پژوهش بدلیل دسترسی بالای نیتروژن در تیمار S_0V در تضاد می‌باشد. به هر حال به‌نظر می‌رسد که دو عنصر پتاسیم و کلسیم که طبق جدول شماره ۷ در تیمار S_0V دارای غلظت بالایی بوده‌اند در افزایش فلاونوئید سیر خوراکی نقش‌آفرین باشند.

کافئیک اسید به‌عنوان مهمترین ماده فنولی موجود در سیر خوراکی به میزان ۱۱/۳٦ تا ۲۰/٤٦ نوسان داشت که در فاکتور اصلاح‌کننده‌های آلی تیمار شاهد و ورمی‌واش بدون اختلاف معنی‌دار با هم دارای بیشترین مقدار کافئیک اسید بود. به نظر می‌رسد که افزایش مفرط مواد آلی دستکم در مورد کافئیک اسید سودمند نبوده و حتی می‌تواند موجب کاهش این ماده گردد؛ کمااینکه با اعمال تیمار اسید هیومیک از میزان کافئیک اسید بطور معنی‌داری نسبت به شاهد کاسته شد. به نظر می‌رسد که بالا بودن ماده آلی خاک با کاهش تنش‌های موجود در محیط ریشه و ریزوسفر نیاز گیاه به آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند کافئیک اسید را کاهش داده لذا غلظت آن در سیر خوراکی افت می‌نماید. Beato و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که دو ترکیب فنولی اسید کافئیک و اسید فرولیک به ترتیب با مقادیر ۲/۹ و ۲/٦ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک مهمترین ترکیبات فنلی در کولتیوارهای مختلف سیر در اسپانیا را تشکیل می‌دهند.

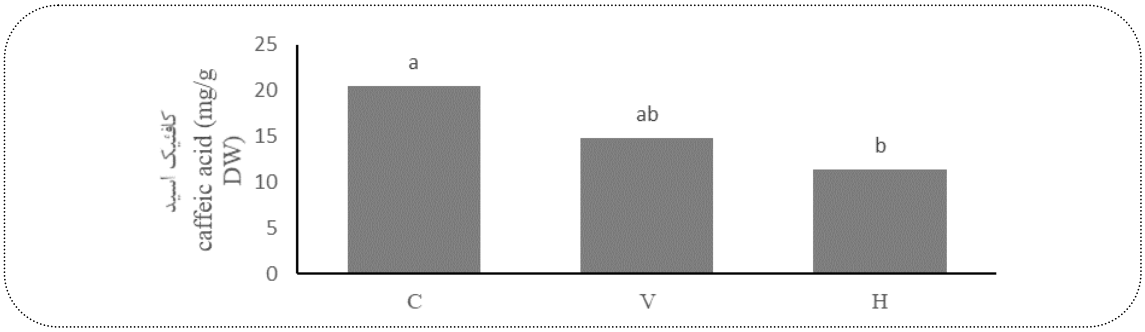
جدول ۸. مقایسه میانگین اثر گوگرد و اصلاح‌کننده‌های آلی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیر خوراکی

Table 8. Mean comparison of sulphur and organic amendments antioxidant activity of garlic

Treatment	Antioxidant activity (% of DPPH radicals inhibited) **	Total phenol (mg gallic acid equivalent/g extract) *	Total flavonoids (mg quercetin equivalent/g extract) **
S_0C	48.24 ^{bc}	5.99 ^{ab}	63.2 ^{de}
S_0V	48 ^{bc}	4.6 ^{c}	215.1 ^{a}
S_0H	12.24 ^{d}	6.81 ^{a}	160.9 ^{bc}
S_1C	44.62 ^{bc}	4.6 ^{c}	185.9 ^{b}
S_1V	41.85 ^{c}	4.75 ^{c}	62.1d ^{e}
S_1H	41 ^{c}	5.3 ^{bc}	37.03 ^{e}
S_2C	62.5 ^{a}	6.59 ^{a}	140.2 ^{e}
S_2V	47.2 ^{bc}	5.87 ^{ab}	72.8 ^{d}
S_2H	51.7 ^{b}	6.19 ^{ab}	144 ^{c}

* و **: به‌ترتیب بیانگر معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪. اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.01$) نمی‌باشند

* and ** indicate statistical significance at 5% and 1% level of confidence, respectively. Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P<0.01$)



شکل ۵. تاثیر تیمار اصلاح‌کننده‌های آلی بر میزان اسید کافئیک بخش خوراکی سیر

Figure 5. Effect of organic amendment on caffeic acid in edible part of garlic (C: Control, V: vermiwash, H: humic acid)

پیشنهادات

ازآنجایی‌که تیمار S_1C در بیشتر شاخص‌های مرتبط با عملکرد وضعیت مناسبی داشت لذا در مجموع میتوان گفت که در این آزمایش استفاده از گوگرد با غلظت متوسط و بدون اصلاح‌کننده‌های آلی موجب افزایش عملکرد سیر خوراکی شد. برای تعمیم نتایج این پژوهش به سایر مزارع باید در نظر داشت که خاک مورد استفاده در این آزمایش حاوی درصد بالایی ماده آلی (۳/۸۰ درصد) بوده است؛ بنابراین در خاک‌هایی با این مقدار ماده آلی نیازی به اصلاح‌کننده‌های آلی جهت بهبود جذب گوگرد نبوده و تغذیه گوگردی به‌تنهایی کافی است. همانطور که نتایج نشان داد افزایش جذب نیتروژن و فسفر با تیمار اسید هیومیک و ورمی‌واش نیز قابل تامل بوده و می‌تواند از دیدگاه تغذیه‌ای بسیار بااهمیت باشد. همچنین مشخص شد که با افزایش زیاد ماده آلی خاک احتمالا تنش‌های خاکی کاهش یافته و در نتیجه از میزان برخی مواد مرتبط با آنتی‌اکسیدان‌ها نظیر کافئیک اسید کاسته شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در قالب طرح پژوهشی به شماره کد ۰۱-۱۳۹۷-۰۷ انجام شد.

لذا نگارندگان بر خود لازم می‌دانند بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از این معاونت بعمل آورند.

منابع

Akhavan, Z. and A.R. Fallah Nosrat Abad. 2013. The effect of sulfur and Thiobacillus inoculant on soil pH, dry matter weight and phosphorus absorption by Canola. J. of Soil Management and Sustainable, 3(1): 1-13.

Arslan, G. and E. Pehlivan. 2008. Uptake of Cr3+ from aqueous solution by lignite-based humic acids. *Bioresource Technology*, 99: 7597-605.

Asli, S. and P.M. Neumann. 2010. Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. *Plant Soil*, 336: 313-322.

Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards., G. Bachman., J.D. Metzger and W. Shuster. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticulture container media and soil. *Pedobiologia*44, 579-590.

Atmaca, G. 2004. Antioxidant effects of sulfur-containing amino acids. Yonsei Med J. 2004 Oct 31;45(5):776-88.

Aydin, A., C. Kant and M. Turan. 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (Phaseolus vulgaris L.) plants decreasing membrane Leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7(7): 1104-1109.

Azarpour, E., M.K. Motamed., M. Moraditochaee and H.R. Bozorgi. 2012. Effects of bio, mineral nitrogen fertilizer management, under humic acid foliar spraying on fruit yield and several traits of eggplant (Solanum melongena). *African Journal of Agricultural Research*, 7(7): 1104-1109.

Beato, V.M., F. Orgaz., F. Mansilla and A. Montaño. 2011. Changes in phenolic compounds in garlic (Allium sativum L.) owing to the cultivar and location of growth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(3): 218-223.

Chandel, B.S., P.K. Thakur., J. Ali and H. Singh. 2012. Soil sulphur status and response of garlic to sulphur in relation to phosphorus. Ann. Pl. Soil Res. 14(2): 156-158.

Chang, C., M. Yang., H. Wen and J. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food Drug Anal*, 10: 178-182

Ebrahimzadeh, MA., S.F. Nabavi., S.M Nabavi and B. Eslami. 2010. Antihemolytic and antioxidant activities of Allium paradoxum. *Central European Journal of Biology*. 5: 338-345.

George, S., R.S. Giraddi and R.H Patil. 2007. UtiLty of vermiwash for the management of Thrips and Mites on chilL (Capsicum annuum L.) amended with soil organics. *Karnataka Journal of Agricultural Science*. 20: 657-659.

Ghorbani, S., H.R. Khazaee., M. Kafi and M. Banayan aval. 2010. Effect of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of maize (Zea mays L.) *Journal of Agricultural Ecology*, 2: 118-111.

Haghighi, M., M. Kafi., P. Fang and L. Gui-Xiao. 2010. Humic acid decreased hazardous of cadmium toxicity on on lettuce (Lactuca sativa). *Vegetabe Crops Research Bulletin*, 72: 49-69.

Hawkesford, M.J. and L.J. De Kok. 2006. Managing sulphur metabolism in plants. *Plant, Cell and Environment*, 29: 382–395.

Hu, C. and D.D. Kitts. 2000. Studies on antioxidant activity of Echinacea root extract. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(5): 1466-1472.

Karakurt, Y., H. Unlu and H. Padem. 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of papper. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 59(3): 233-273.

Lillo, C., U. Slea and P. Ruoff. 2008. Nutrient depletion as a key factor for manipulating gene expression and product formation in different branches of the flavonoid pathway. *Plant, Cell and Environment* .31, 587–601

Nardi, S., A. Muscolo., S. Vaccaro., S. Baiano., R. Spaccini and A. Piccolo. 2007. Relationship between molecular characteristics of soil humic fractions and glycolytic pathway and krebs cycle in maize seedlings. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 3138-3146.

Piccolo, A., G. Celano and G. Pietramellara. 1993. Effects of fractions of coalderived humic substances on seed germination and growth of seedlings (Lactuca sativa and Lycopersicum esculentum). *Biology and Fertility of Soils*, 16: 11-15.

Prabhu, M.J. 2006. Coconut leaf vermiwash stimulates crop yield. The Hindu Newspaper, 28th December, In: Science and Technology Section.

Quaggiotti, S., B. Ruperti., D. Pizzeghello., O. Francioso., V. Tugnoli and S. Nardi. 2004. Effect of low molecular size humic substances on the expression of genes involved in nitrate transport and reduction in maize (Zea mays). *Journal of Experimental Botany*, 55: 803-13.

Rahmatpour, S., H. Ali khvani and S.H. Mer Sead Hassani. 2015. Effect of Vermicelli spray on wheat growth and yield index and zinc, iron and phosphorus in wheat grain. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 44 (2): 211-203.

Rasaei, B., M.E. Ghobadi., M. Ghobadi and A. Najaphy. 2013. Reducing effects of drought stress by application of humic acid, mycorrhiza and rhizobium on chickpea *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(16): 1775-1778.

Ropme, 1999. Manual of Oceanographic Observation and Pollutant Analysis Methods (MOOPAM), 3rd edition. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment.

Sabbagh, H., M. Khorrami Vafa., S. Jalali Hnarmand and A. Beheshti Alagha. 2016. Effect of Thiobacillus, Sulfur and Fertilizer on the Concentration of Some Mineral Ingredients in Garlic Flour. The 2nd National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. (in Persian with English abstract).

Saruhan, V., A. Kusvuran and S. Babat. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum*). *Scientific Research and Essays*, 6(3): 663-669.

Slinkard, K. and V.L. Singleton. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Amrican Journal of Enology and Viticulture*. 28: 49-55.

Shojaee, M., H. Roosta., M. Roozban and H. Soufi. 2019. Evaluation of the growth characteristics and changes in the concentration of some nutrient elements of garlic affected by different nitrogen sources and alkalinity in hydroponic culture. *Horticultural Plant Nutrition* 2(1): 33-50.

Taullley, H. and A. Semnani. 2002. Methods for the analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Compilation h L Tendon Shahid Chamran University Press. First Edition. 219 pages.

Turan, M.A., N. Taban., J. Turkmen and S. Taban. 2010. Selenium concentration of garlic bulbs grown in different parts of turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 22(8): 6563-6568.

Wainwright, M., W. Nevell and S.J. Grayston. 1986. Effects of organic matter on sulphur oxidation in soil and influence of Sulphur oxidation on soil nitrification. *Plant and Soil* 96, 369-376.

Waling, I., W. Van Vark, V.J.G. Houba and Van der Lee, J.J. 1989. Soil and Plant Analysis. Part 7, plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University, Wageningen

Westerman, R.E.L.1990. Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Mandison Wisconzin, USA..