

The effect of organic fertilizers application and humic acid foliar spraying on growth characteristics of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) in a saline soil

Samira Tandisseh bana, Alireza Astarai*, Amir Lakzian

Ph.D student Associate Professor and Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

*- astaraei@ferdowsi.um.ac.ir

Intrudocion

Saline soils due to lack of organic matter and poor physicochemical properties and subsequent lack of moisture, usually having poor vegetation. The use of organic fertilizers in saline soils, can improve the growth and tolerance of plants under salinity conditions by improving the physical and chemical properties of the soil. For this purpose, this research was carried out with two types of organic fertilizers to modify saline soil properties along with humic acid foliar application as a stimulant for the growth of the Stevia plant. The experimental factors included the first factor: 1) control (without organic fertilizer), 2) vermi compost (20 ton/ha), 3) vermi compost (40 ton/ha), 4) Spent mushroom compost (20 tons/ha), 5) Spent mushroom compost (40 ton/ha), and the second factor was foliar spraying of humic acid at two levels of 0 and 0.1% in a Completely Randomized Design (factorial) with three replications. Photosynthesis rate, leaf area, plant dry weight, pH, salinity, bulk density and soil organic carbon were investigated in order to determine the most effective organic matter treatment under soil salinity stress conditions. Results showed that spent mushroom compost fertilizer (SMC) significantly decreased soil pH, bulk density, but increased electrical conductivity and soil organic carbon. Leaf area was reduced but total phenol, chlorophyll a, b, total and Carotenoid were increased resulting in significant increase in the dry weight of Stevia plants in saline soil. The highest dry weight of the plant was obtained with the application of 40 tons/ha of SMC fertilizer and humic acid foliar application, which was 45.12% more than the control (without fertilizer). Therefore, SMC fertilizer can be a suitable remediator for saline soil, humic acid spray also had a significant positive effect if used along with SMC soil application.

Materials and methods

This experiment was conducted in a completely randomized design (factorial) in boxes (dimensions 30x40x30 cm) containing natural saline soil (EC=10.15 dS/m) under natural agronomic conditions in The Ferdowsi University of Mashhad with three replications from July to January 2018. Experimental factors were included the first factor: 1) control (without organic fertilizer), 2) vermicompost 20 tons/ha, 3) vermicompost 40 tons/ha, 4) Spent mushroom compost 20 tons/ha, 5) Spent mushroom compost 40 tons per hectare and the second factor: foliar spraying of humic acid at two levels of zero and 0.1%.

A soil sample was collected from Kushk region of Neyshabur city with desired salinity (EC_e=10.15 dS/m) and some physical and chemical properties of soil and organic fertilizers were measured before the experiment. Organic fertilizers after mixing with the experimental soil, were added to the plastic boxes according to the amount of each treatment. 2 seedlings were planted in each plastic box at a distance of 20 cm. Irrigation was done with

tap water daily and one month after the adaptation of the stevia plant to the climatic conditions of Mashhad, humic acid foliar spraying was done in three stages with 20 days intervals.

After plant physiological stage some parameters including plant dry weight, leaf area, total plant phenol, amount of chlorophyll a, b, carotenoid, total plant chlorophyll, and soil organic carbon, bulk density, salinity, and soil pH, were determined after plant harvest. The dry weight of the stevia plant was obtained by weighing the plants after drying in an oven for 48 hours at 70°C. Statistical analysis of data was performed by JMP software version 0.8, drawing graphs using Excel software and comparing average data using LSD test at significance levels 1 and 5 percent.

Conclusion

According to the results of this research, the application of SMC fertilizer with and without foliar application of humic acid was able to significantly increase the dry weight of the stevia plant compared to the control (without fertilizer) through modifying the physical and chemical properties of saline soil (pH, OC, bulk density) and some phytochemical properties of the plant (Photosynthetic pigments and total phenol). Application of VC fertilizer was not successful. Even though humic acid foliar application increased the total plant phenol, it could not improve the growth of the plant in saline soil alone, but it could increase the dry weight of the plant only with the application of SMC fertilizer. Thus, the highest dry weight of stevia plant was obtained with the application of 40 ton/ha of SMC fertilizer and humic acid spraying. Therefore, it is suggested that in order to achieve proper performance ($\geq 80\%$) and improvement in the physiological and morphological characteristics of the stevia plant in very saline soil ($EC_e \geq 10$ dS/m), it is necessary to use 40 tons/ha or more of mushroom compost waste. It should be used in saline soil three to six months before cultivation and 0.1% humic acid foliar spraying should be done three times with an interval of 20 days.

Keywords: Stevia sweet leaf, plant biostimulants, humic acid, soil salinity

تأثیر کاربرد کودهای آلی و محلول پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی استویا

(*Stevia rebaudiana* Bertoni.) در یک خاک شور

سمیرا تندیسه بنا - علیرضا آستارایی* - امیر لکزبان

دانشجوی دکتری دانشیار و استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- آدرس پست الکترونیکی: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir.

چکیده

کاربرد کودهای آلی در خاک‌های شور که عمدتاً به دلیل نبود پوشش گیاهی مناسب با کمبود مواد آلی و به دنبال آن کمبود رطوبت مواجه هستند، از طریق اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند موجب بهبود رشد و تحمل گیاهان در خاک‌های شور شود. در این تحقیق از دو نوع کود آلی به عنوان اصلاح کننده خصوصیات خاک شور و محلولپاشی اسید هیومیک به عنوان محرک رشد گیاه استویا استفاده شد. این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل فاکتور اول: (۱) شاهد (بدون کود آلی)، (۲) ورمی کمپوست ۲۰ تن در هکتار، (۳) ورمی کمپوست ۴۰ تن در هکتار، (۴) کمپوست قارچ مصرفی ۲۰ تن در هکتار، (۵) کمپوست قارچ مصرفی ۴۰ تن در هکتار و فاکتور دوم شامل: محلول پاشی اسید هیومیک در دو سطح صفر و ۰/۱ درصد با سه تکرار بودند. میزان فتوسنتز، سطح برگ، وزن خشک گیاه، pH، شوری، جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی خاک به منظور تعیین مؤثرترین ماده آلی در شرایط تنش شوری خاک مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد کود کمپوست قارچ مصرف شده (SMC) موجب کاهش معنی دار pH خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش شوری و کربن آلی خاک شد. سطح برگ گیاه کاهش یافت، ولی منجر به افزایش فنول کل، کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کاروتنوئید برگ شده و موجب افزایش معنی دار وزن خشک گیاه استویا در خاک شور گردید. بیشترین وزن خشک گیاه با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول پاشی اسید هیومیک به دست آمد که نسبت به شاهد (بدون کود) ۴۵/۱۲ درصد بیشتر بود. بنابراین کود SMC می‌تواند اصلاح کننده مناسبی برای خاک شور باشد، محلول پاشی اسید هیومیک نیز فقط همزمان با کاربرد SMC تأثیر مثبت معنی داری داشت.

کلمات کلیدی: برگ شیرین استویا، محرک های زیستی گیاهی، اثر فیزیولوژیکی، اسید هیومیک، شوری

خاک

مقدمه

با توجه به تأثیر تنش های محیطی از جمله تنش شوری به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران بر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی و اهمیت کشت گیاهان دارویی از نظر تأمین سلامت جامعه و تنوع کشت در سیستم های کشاورزی، می توان با استفاده از راهکارهای سازگار با محیط زیست از جمله کاربرد اصلاح کننده های آلی و محلول پاشی اسید هیومیک، از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، گیاه و بررسی شاخص های تحمل تنش در گیاه، مؤثرترین ماده آلی را از بین تیمارها انتخاب نمود (Kumar et al., 2012).

استویا ربودیانا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) از جمله گیاهان دارویی چندمنظوره، علفی و چندساله از تیره Asteraceae، بومی پاراگوئه و برزیل بوده و امروزه در آسیا و آمریکای جنوبی به طور وسیعی به عنوان شیرین کننده ی طبیعی و سایر مصارف دارویی از جمله کاهش قند خون مورد استفاده قرار می گیرد. برگ های این گیاه حاوی ترکیبات گلیکوزیدی (Steviol Glycosides) مختلف از جمله Stevioside و Rebaudioside می باشد که ۱۰۰ تا ۳۰۰ برابر شیرین تر از قند بوده، اما بدلیل عدم جذب در سیستم گوارشی انسان و کالری پایین، برای افراد دیابتی و چاق نیز مناسب بوده و می تواند جایگزین مناسبی برای شیرین کننده های مصنوعی، در صنایع نوشابه سازی، شیرینی پزی، شکلات سازی و ... باشد (Gandhi et al., 2018).

اکثر مطالعات در خصوص تحمل گیاه استویا در برابر تنش شوری در شرایط گلخانه با نمک کلرید سدیم انجام شده و مطالعات در خاک شور طبیعی که حاوی سایر املاح نیز می باشد بسیار اندک است. تحقیقات کانتابلا و همکاران (Cantabella et al., 2017) نشان داد که شوری کلرید سدیم (۳۴ و ۹۰ میلی مولار) اثر معنی داری بر رشد گیاه استویا نداشته و این گیاه در بلند مدت مقاوم به تنش کلرید سدیم می باشد. ژنگ و همکاران (Zeng

2013, *et al.*) نیز گیاه استویا را به عنوان گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری کلرید سدیم معرفی کردند. بر اساس نتایج ریس و همکاران (2015, *Reis et al.*)، تحمل گیاه استویا در برابر شوری کلرید سدیم آب آبیاری (2dS/m) کمتر از چغندر قند (4/7dS/m) اما بیشتر از نیشکر (1/1dS/m) می‌باشد و کاهش 50 درصدی عملکرد گیاه استویا در شوری کلرید سدیم (9dS/m)، ولی برای چغندر قند و نیشکر این کاهش به ترتیب در شوری‌های 10 و 4/8 دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. از طرف دیگر حساسیت گیاه استویا در برابر شوری (کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری) کمتر از گیاهان زراعی چغندر قند و نیشکر بوده، بنابراین می‌تواند جایگزین مناسبی برای فندهای چغندر قند و نیشکر باشد.

به طور کلی شوری از طریق ایجاد تنش‌های اسمزی و یونی، رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار داده، منجر به کاهش جذب آب و توسعه سلولی، کلروز و نکروز، کاهش فعالیت متابولیسم‌های سلولی از جمله فتوسنتز و کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (2008, *Flowers and Colmer*). گیاهان از مکانیسم‌های مختلفی برای تحمل تنش شوری استفاده می‌کنند، از جمله دفع سدیم از غشای پلاسمایی و انتقال آن به واکوئل‌ها، سنتز اسمولیت‌هایی از قبیل آمینواسیدها و مولکول‌های حاوی نیتروژن (پرولین، گلابسین بتائین و ...)، تجمع یونی (سدیم، پتاسیم، کلسیم و کلر) در جهت تنظیم اسمزی و حفظ آماس سلولی گیاه (2007, *Ashraf and Foolad*) و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی.

از جمله مکانیسم‌های گیاه استویا در مواجهه با تنش شوری، افزایش مقدار کلروفیل در بلند مدت جهت حفاظت از فتوسنتز، ایجاد و حفظ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در مقابله با تنش اکسیداتیو، تجمع پرولین، سدیم، پتاسیم و کلر در برگ‌ها جهت تنظیم اسمزی، تجمع سدیم در ریشه‌ها و افزایش وابسته به زمان ریپودیوزید A است (2017, *Cantabella et al.*). با شناخت این مکانیسم‌ها در مواجهه با تنش شوری، می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص تحمل تنش در جهت بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر افزایش یا کاهش تحمل تنش استفاده نمود.

در این تحقیق به منظور کاهش اثرات مخرب تنش شوری بر رشد، عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه استویا در خاک شور طبیعی، از کودهای آلی (ورمی کمپوست و ضایعات کمپوست قارچ) جهت اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و از محلول‌پاشی اسید هیومیک به منظور تحریک رشد و بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه استفاده گردید. بنابراین با توجه به نبود تحقیقات کافی در خاک با شوری طبیعی و نارسایی‌ها و کاستی‌های موجود، این تحقیق با اهداف: (۱) اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شور با کمک اصلاح‌کننده‌های آلی (۲) بهبود خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی گیاه استویا در شرایط تنش شوری خاک با کمک مواد آلی (۳) انتخاب بهترین تیمار جهت بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شوری طبیعی خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در جعبه‌های کشت (ابعاد $30 \times 40 \times 30$ سانتیمتر) حاوی خاک شور طبیعی ($EC=10.15 \text{ dS/m}$) از تیر ماه تا دی ماه ۱۳۹۸ در شرایط طبیعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل فاکتور اول: (۱) شاهد (بدون کود آلی)، (۲) ورمی کمپوست ۲۰ تن بر هکتار، (۳) ورمی کمپوست ۴۰ تن بر هکتار، (۴) ضایعات کمپوست قارچ ۲۰ تن بر هکتار، (۵) ضایعات کمپوست قارچ ۴۰ تن بر هکتار و فاکتور دوم شامل: محلول‌پاشی اسید هیومیک در دو سطح صفر و ۰/۱ درصد بودند.

برای انجام این آزمایش، ابتدا ۴ نمونه خاک شور از مناطق مختلف نیشابور به آزمایشگاه خاک منتقل و شوری و بافت آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس یک نمونه خاک (منطقه‌ی کوشک نیشابور) با شوری مورد نظر ($E_{ce}=10.15 \text{ dS/m}$) انتخاب و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کودهای آلی قبل از آزمایش اندازه‌گیری شد (جداول ۱ و ۲). کود اسید هیومیک چرو کینگ (CHERO King) ایتالیا (۹۵٪) از شرکت محصولات کشاورزی گرندپا (Grandpa Ray Outdoors) خریداری شد. کودهای آلی بعد از مخلوط شدن با خاک آزمایشی با توجه به مقادیر هر تیمار، به جعبه‌های کشت به ابعاد $30 \times 40 \times 30$ سانتیمتر اضافه شدند.

گیاهچه‌های استویا از مزرعه‌ی زرگیاه شیراز تهیه و در هر جعبه‌ی کشت، ۲ گیاهچه به فاصله‌ی ۲۰ سانتیمتر در داخل جوی کشت شدند. آبیاری با آب معمولی به صورت روزانه انجام شد و یک ماه بعد از سازگاری گیاه استویا با شرایط آب و هوایی مشهد، محلول پاشی اسید هیومیک در سه مرحله با فواصل ۲۰ روز انجام گرفت.

اندازه گیری صفات

بعد از آخرین مرحله‌ی محلول پاشی، چند نمونه برگ سبز برای اندازه گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید) و سایر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه استویا جمع آوری و برداشت نهایی بعد از گل دهی و تولید بذر (۷ ماه بعد از کشت گیاه) انجام شد.

صفات مورد بررسی شامل وزن خشک گیاه، سطح برگ، فنل کل گیاه، میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید، کلروفیل کل گیاه و در خاک بعد از برداشت گیاه مقادیر کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، شوری و pH خاک تعیین شدند. وزن خشک گیاه استویا با توزین گیاهان بعد از خشک کردن در آون به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بدست آمد.

جدول ۱- خصوصیات آب آبیاری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قبل از کاشت

Table 1- properties of irrigation water and physical and chemical properties of studied soil before planting

خصوصیات آب Water Properties	خصوصیات خاک Soil Properties
777.00	هدایت الکتریکی EC (Ms/m)
7.17	اسیدیته pH
0.62	سدیم محلول Na (meq/l)
0.08	پتاسیم محلول K (meq/l)
12.00	کلسیم محلول Ca (meq/l)
16.00	منیزیم محلول Mg (meq/l)
0.40	کلر محلول Cl (meq/l)
0.17	نسبت جذب سدیم SAR
	Loamy-Sand
	هدایت الکتریکی EC (dS/m)
	اسیدیته گل اشباع pH
	کربن آلی Organic Carbon (%)
	بافت خاک Soil Texture
	کربنات معادل خاک T.N.V (%)
	نیترژن کل Total N (%)
	فسفر قابل دسترس Available P (mg/kg)
	سدیم محلول Na (meq/l)
	پتاسیم محلول K (meq/l)
	کلسیم محلول Ca (meq/l)
	منیزیم محلول Mg (meq/l)
	کلر محلول Cl (meq/l)
	سولفات محلول (SO ₄) ²⁻ (meq/l)
	بی کربنات محلول HCO ⁻ (meq/l)

جدول ۲ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کودهای آلی

Table 2- physical and chemical properties of Organic fertilizers

اسید هیومیک Humic Acid (HA)	کمپوست قارچ مصرف شده Safe Mushroom Compost (SMC)	ورمی کمپوست Vermi Compost (VC)	خصوصیات properties
9.81	7.23	7.92	پ هاش pH
15.97	9.92	4.01	شوری EC(ds/m)
	6.68	1.02	نسبت جذب سدیم SAR
95	16.38	19.5	کربن آلی oc (%)
	34.09	22.39	سدیم Na(meq/l)
154	54.78	18.34	پتاسیم K(meq/l)
	71	22.5	کلسیم Ca (meq/l)
	16	8	منیزیم Mg (meq/l)
	57	12	کلر cl(meq/l)
	39.15	48.88	فسفر P (ppm)
	427	259	نیتروژن N(ppm)

برای اندازه گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی، ۰/۱ گرم بافت تازه گیاه در هاون چینی با ۵ میلی لیتر استون (۸۰ درصد) ساییده شد و به مدت ۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس از طریق اسپکتروفوتومتر، مقادیر جذب محلول‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت گردید (Arnon, 1994).

برای اندازه گیری میزان فنل کل، میزان ۲۰ میکرولیتر از عصاره متانولی (۰,۵ گرم در ۵ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد) با ۱۰۰ میکرولیتر آب مقطر مخلوط و بعد از استراحت، ۳۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم یک مولار به آن اضافه شد. بعد از ۳۰ دقیقه در تاریکی و حمام بخار ۴۰ درجه سانتی گراد، در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد (Slinkard and Singleton, 1977). اندازه گیری سطح برگ گیاه نیز توسط دستگاه Leaf Area Meter انجام شد.

خصوصیات شیمیایی خاک از جمله pH و EC_e در عصاره اشباع خاک به روش قیف بوخنر و کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک اندازه گیری شد.

طرح آماری

آزمایش در قالب فاکتوریل شامل فاکتور اول: تیمار کودهای آلی ورمی کمپوست و ضایعات کمپوست قارچ هر یک در سه سطح (صفر، ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار) و فاکتور دوم: اسید هیومیک در دو سطح (صفر و ۰/۱ درصد)، در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار JMP نسخه ۸/۰ (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)، رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک گیاه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثرات ساده و برهمکنش ضایعات کمپوست قارچ، ورمی-کمپوست و اسید هیومیک بر وزن خشک گیاه استویا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند. بیشترین وزن

خشک گیاه استویا با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود کمپوست قارچ و محلول پاشی اسید هیومیک با میانگین ۱۸/۴۶ (گرم بر گلدان) مشاهده شد که افزایشی ۸۲٫۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد (۱۰/۱۳) نشان داد (جدول ۶). به نظر می رسد با افزایش کاربرد کود کمپوست قارچ (جدول ۴) از طریق بهبود برخی از خصوصیات خاک و گیاه از جمله کاهش سطح برگ، pH و جرم مخصوص ظاهری خاک و افزایش درصد کربن آلی خاک، رنگیزه های فتوسنتزی و فنل کل گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه استویا شده است. رضایی نژاد و افیونی (Rezajnejad and Efioni, 2000)، افزایش مواد آلی خاک و بهبود جذب عناصر غذایی خاک (نیترژن، فسفر، پتاسیم و ...)، تعدیل اسیدیته و دمای خاک، بهبود خواص فیزیکی (ساختمان خاک، ظرفیت نگهداشت رطوبت و ...) و افزایش فعالیت های بیولوژیکی خاک و رشد سبزینه ای گیاه را عامل افزایش وزن خشک گیاه در نتیجه مصرف کود آلی دانستند. گوموس و سکر (Gümüs and Seker, 2017) بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله پایداری خاکدانه ها، کربن آلی، نیترژن کل خاک در اثر کاربرد SMC را گزارش نمودند.

در حالی که کمترین وزن خشک گیاه (۴/۲۰ گرم بر گلدان) با کاربرد ۲۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست و محلول پاشی با اسید هیومیک بدست آمد (جدول ۶). با توجه به خصوصیات کودها (جدول ۲)، کود کمپوست قارچ به دلیل pH کمتر، مقادیر کلسیم، پتاسیم و نیترژن بیشتر نسبت به ورمی کمپوست در اصلاح خاک شور بهتر عمل کرده است.

به طور کلی بدون در نظر گرفتن نوع کود آلی، محلول پاشی اسید هیومیک تا حدودی موجب کاهش معنی دار ۷/۶۶ درصدی وزن خشک گیاه استویا شد (جدول ۴). از آنجایی که اثرگذاری محلول پاشی اسید هیومیک با وجود نقش شبه هورمونی و اثر تحریک کننده زیستی آن؛ به نوع گیاه، منبع اسید هیومیک، شرایط محیطی رشد، روش و غلظت کاربرد آن بستگی داشته (Rose et al, 2014) و طبق نتایج این آزمایش، محلول پاشی

اسید هیومیک علی رغم افزایش معنی دار فنل کل، موجب کاهش معنی دار سطح برگ، کلروفیل a و b و در نتیجه کاهش وزن خشک گیاه استویا شده است (جدول ۵).

احتمالا غلظت محلول پاشی شده در شرایط تنش شوری خاک برای گیاه استویا کافی و بسنده نبوده که نتوانسته بر تنش مضاعف شوری و سمیت ویژه یونی خاک روی گیاه و عدم تاثیر مثبت آن بر رشد و عملکرد گیاه استویا تاثیر گذار باشد.

خسروی و همکاران (Khosravi *et al.*, 2023) با بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول پاشی اسید هیومیک (صفر، ۳/۵، ۴/۱، ۵/۵ گرم بر لیتر) و بدون سولفات روی، روند تغییرات کاهشی تا سطح ۱/۵ گرم بر لیتر و افزایشی بر وزن خشک بوته مریم گلی بدون اختلاف معنی دار با شاهد در یک خاک لومی با $EC_e 1/3 \text{ dS/m}$ گزارش کردند، در حالیکه وزن تر بوته در سطح ۱/۵ گرم بر لیتر کاهش معنی داری نشان داد. کاهش وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه ریحان با محلول پاشی اسید هیومیک در سطوح بیشتر از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر (Ahmadi and Moradi, 2014) و در گیاه ذرت در سطوح بیشتر از ۰/۱ درصد در شرایط تنش شوری خاک (Khaled and Fawy, 2011) گزارش شده است. در حالی که بیشترین شاخص های رشدی نعنا با محلول پاشی اسید هیومیک در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر بدست آمد (Rostami *et al.*, 2018).

به طور کلی اسیدهای هیومیک با تقویت هورمون هایی مانند اکسین و سیتوکینین که به گیاهان در مقاومت به تنش های غیرزیستی، متابولیسم مواد مغذی و فتوسنتز کمک می کند، می توانند موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان شوند، (Ampong *et al.*, 2022). کاربرد ورمی کمپوست غنی از اسید هیومیک در گیاهان به دلیل ارتقاء ترشح و فعالیت آنزیم فسفاتاز، تنوع و فراوانی میکروبی و فراوانی میکروارگانیزم های حل کننده فسفر در مقایسه با تیمار کود شیمیایی بتنهایی باعث افزایش فسفر قابل دسترس خواهد شد، همچنین اثر مثبت اسیدهای هیومیک بر حلالیت و تحرک فسفر و بهره وری محصول، احتمالا به دلیل فعال شدن میکروبیوتای ریزوسفر از طریق ترشحات ریشه می باشد (Bezuglova *et al.*, 2019).

به علاوه اسیدهای هیومیک (HPS) جوامع میکروبی در خاک را بهبود داده و گیاهان تیمار شده با HPS از طریق تحریک فیتوهورمون گیاهی، سبب افزایش رشد ریشه و ساقه های گیاه می شود که در نتیجه ایجاد تغییراتی در ریزودیپوزیشن در سیستم خاک - گیاه است (Nardi *et al.*, 2021; Ampong *et al.*, 2022). بنابراین با کاربرد HPS جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف بهبود یافته و در نتیجه تولید هورمون های گیاهی و آنزیم ها، غلظت کلروفیل a, b و کل برگ افزایش داشته که تاثیر مثبتی بر رشد ریشه، ساقه و بهبود در عملکرد گیاه در شرایط تنش غیر زیستی می شود (Sible *et al.*, 2021; Ampong *et al.*, 2022).

مجله علمی پژوهشی
پایان
انتشار

جدول ۳ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات اندازه گیری شده در خاک و گیاه استویا

Table 3- The ANOVA (mean square) for some measured traits in soil and *Stevia rebusdiana*

منابع تغییر	df	درجه آزادی	وزن خشک	cha	کلروفیل b	chb	کارتنوئید	کلروفیل کل	سطح برگ	شوری خاک	Soil pH	پ هاش خاک	فنل گیاه
sources of variation	df	dry weight	cha	chl b	Cartenoids	Total pigment	leaf area	soil salinity	Soil pH	phenol			
سطوح کودهای آلی	4.00	133.31 **	2.05 **	0.04 **	0.04 **	1.09 **	55.72 **	19.17 **	0.2 **	75.25 **			
Levels of organic fertilizers (M)	1.00	4.90 **	0.1 **	0.03 *	0.03 **	0.05 ns	18.30 **	0.18 ns	0.0 ns	609.12 **			
اسید هیومیک													
Humic acid (HA)	4.00	29.63 **	0.51 **	0.01 ns	0.01 **	0.2 **	5.36 **	0.38 **	0.0 ns	300.22 **			
خطا	20.00	0.35	0.01	0	0	0.02	1.58	0.09	0.00	3.84			
Error													
ضریب تغییرات													
(%) CV													

به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد **: **, ns: ns

جدول ۴- اثر سطوح دو نوع کود آلی بر وزن خشک و برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه استویا

Table 4- The effect of two organic fertilizers levels on dry weight and some phytochemical traits in stevia plant

سطوح کودهای آلی Levels of organic fertilizers (ton/ha)	وزن خشک گیاه استویا dry weight of plant (g/pot)	کلروفیل			کلروفیل کل Total pigment (mg/gfw)	سطح برگ leaf area	فنل گیاه phenol (mg.gfw)
		a کلروفیل cha (mg/gfw)	b کلروفیل chb (mg/gfw)	کارتنوئید Cartenoiods (mg/gfw)			
Control (۰)	9.89 ^c	1.23 ^b	0.56 ^a	0.32 ^{bc}	2.11 ^b	21.45 ^a	80.62 ^d
SMC (20)	14.05 ^b	1.33 ^b	0.62 ^a	0.35 ^{bc}	1.98 ^b	18.77 ^b	91.89 ^b
SMC (40)	17.46 ^a	1.60 ^a	0.60 ^a	0.44 ^a	2.64 ^a	16.20 ^c	109.72 ^a
VC (20)	6.16 ^e	0.99 ^c	0.46 ^b	0.28 ^c	1.73 ^c	15.21 ^{cd}	84.33 ^c
VC (40)	7.36 ^d	0.85 ^d	0.44 ^b	0.23 ^d	1.52 ^d	13.78 ^d	92.30 ^b

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

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

اسید هیومیک = HA کمپوست قارچ مصرف شده = SMC ورمی کمپوست = VC شاهد = C 0

جدول ۵- اثر محلول پاشی اسید هیومیک بر وزن خشک و برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه استویا

Table 5- The effect of foliar spraying humic acid on dry weight and some phytochemical traits in stevia plant

اسید هیومیک HA (%)	وزن خشک گیاه dry weight of plant (g/pot)	کلروفیل			کلروفیل کل Total pigment (mg/gfw)	سطح برگ leaf area	فنل گیاه phenol (mg.gfw)
		a کلروفیل cha (mg/gfw)	b کلروفیل chb (mg/gfw)	کارتنوئید Cartenoiods (mg/gfw)			
HA 0	11.39 ^a	1.26 ^a	0.57 ^a	0.35 ^a	2.04 ^a	17.86 ^a	87.27 ^b
HA 0.1	10.58 ^b	1.14 ^b	0.50 ^b	0.30 ^b	1.95 ^a	16.3 ^b	96.28 ^a

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

جدول ۶- برهمکنش سطوح دو نوع کود آلی و محلول پاشی اسید هیومیک بر وزن خشک و برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه استویا

Table 6- The interact of two organic fertilizers levels and foliar spraying humic acid on dry weight and some phytochemical traits in stevia plant

سطوح کودهای آلی organic fertilizers levels (ton/ha)	اسید هیومیک HA (%)	وزن خشک گیاه dry weight (g/pot)	کلروفیل a cha (mg/gfw)	کلروفیل b chb (mg/gfw)	کارتنوئیدها Cartenoiods (mg/gfw)	کلروفیل کل Total pigment (mg/gfw)	سطح برگ Leaf Area (cm ²)
C 0		10.13 ^d	1.22 ^c	0.34 ^{bcd}	0.34 ^{bcd}	2.15 ^{bc}	22.16 ^a
SMC 20		11.69 ^c	1.4 ^b	0.41 ^b	0.41 ^b	1.95 ^{cd}	20.26 ^a
SMC 40	0	16.45 ^b	1.90 ^a	0.53 ^a	0.53 ^a	3.0 ^a	15.39 ^{bc}
VC 20		8.15 ^e	1.01 ^d	0.29 ^{cde}	0.29 ^{cde}	1.73 ^{de}	16.29 ^b
VC 40		10.52 ^d	0.76 ^e	0.21 ^f	0.21 ^f	1.37 ^f	15.21 ^{bc}
C 0		9.65 ^d	1.23 ^c	0.31 ^{cde}	0.31 ^{cde}	2.06 ^{bc}	20.74 ^a
SMC 20		16.41 ^b	1.26 ^{bc}	0.30 ^{cde}	0.3 ^{cde}	2.01 ^c	17.28 ^b
SMC 40	0.1	18.46 ^a	1.31 ^{bc}	0.36 ^{bc}	0.36 ^{bc}	2.28 ^b	17.02 ^b
VC 20		4.17 ^f	0.98 ^d	0.27 ^{def}	0.27 ^{def}	1.74 ^{de}	14.12 ^{cd}
VC 40		4.20 ^f	0.95 ^d	0.25 ^{ef}	0.25 ^{ef}	1.67 ^e	12.34 ^d

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

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

HA = اسید هیومیک
 SMC = کمپوست قارچ مصرف شده
 VC = ورمی کمپوست
 C 0 = شاهد

کلروفیل a:

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و برهمکنش کودهای آلی (کمپوست قارچ، ورمی-کمپوست) و اسید هیومیک بر کلروفیل a برگ گیاه استویا در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۳).
 بیشترین کلروفیل a برگ با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار SMC و بدون محلول پاشی اسید هیومیک با میانگین ۱/۹ (میلی گرم بر گرم وزن تازه) نسبت به شاهد (۱/۲۲) افزایش معنی داری معادل ۳۵/۷۹ درصد داشت (جدول ۶).
 مطابق با نتایج مطالعات فتحی و همکاران (Fathi et al, 2014)، SMC حاوی مواد مغذی با ارزش (فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف) و ماده آلی است که با کاهش pH خاک و افزایش فعالیت میکروبی موجب افزایش

فراهمی عناصر غذایی در خاک می‌شود، که این افزایش دسترسی به عناصر غذایی و آب می‌تواند موجب تحریک رشد و فتوسنتز گیاه شود. در حالی که کمترین کلروفیل a با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار ورمی کمپوست و بدون محلول پاشی اسید هیومیک کاهش ۶۰/۵۳ درصدی نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۶)، که نشان دهنده اهمیت نوع کود آلی مصرفی در شرایط خاک شور و برتری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود SMC نسبت به ورمی کمپوست در این تحقیق است.

غلظت کلروفیل a، b و کارتنوئید با محلول پاشی اسید هیومیک نسبت به شاهد (عدم محلول پاشی) به ترتیب ۹/۵۲، ۱۴ و ۱۶/۶۷ درصد کاهش معنی داری نشان داد (جدول ۵) که علت آن می‌تواند کافی و بسنده نبودن اسید هیومیک محلول پاشی شده باشد که نتوانسته بر تنش مضاعف شوری و سمیت ویژه یونی خاک روی گیاه تاثیرگذار باشد. از آنجایی که تنش‌های شدید می‌تواند موجب کاهش سنتز کمپلکس اصلی کلروفیل، تشدید فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، تولید ترکیبات فنلی، افزایش رادیکال‌های فعال اکسیژن و آسیب رساندن به غشاء کلروپلاست و اختلال در جذب نیتروژن از خاک شود (Smirnoff, 1993)

غلظت کلروفیل b، کل و کارتنوئید:

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثرات ساده سطوح کودهای آلی و محلول پاشی اسید هیومیک بر غلظت کلروفیل b به ترتیب در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار بود، اما برهمکنش آن‌ها معنی دار نشد. به طوری که بیشترین غلظت کلروفیل b با کاربرد ۲۰ و ۴۰ تن بر هکتار کود SMC بدست آمد که با شاهد اختلاف معنی داری نداشت در حالی که کمترین غلظت با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود ورمی کمپوست مشاهده شد (جدول ۶).

برهمکنش سطوح کودهای آلی و محلول پاشی اسید هیومیک بر غلظت کارتنوئیدها و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳) به طوری که بیشترین غلظت کارتنوئید و کلروفیل کل با کاربرد ۴۰ تن

بر هکتار کود SMC و بدون محلول پاشی اسید هیومیک (به ترتیب با میانگین ۰/۵۳ و ۳ میلی گرم بر گرم وزن تازه) بدست آمد که نسبت به شاهد اختلاف معنی داری معادل ۵۵/۸۸ و ۲۸/۳۳ درصد نشان داد. کمترین غلظت کارتنوئید و کلروفیل کل نیز با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود VC و بدون محلول پاشی اسید هیومیک بدست آمد که نسبت به شاهد کاهش معنی داری نشان داد. از آنجایی که کود VC مورد استفاده در این تحقیق با توجه به نتایج جدول ۸، نتوانسته خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نسبت به شاهد بهبود ببخشد، اصلاح کننده‌ی مناسبی برای شرایط تنش شوری $E_{ce} 10.5 \text{ dS/m}$ خاک نیست.

نتایج خسروی و همکاران (Khosravi et al., 2023) نیز نشان داد که تنها تاثیر سطوح اسید هیومیک ۱/۵، ۳ و ۴/۵ گرم بر لیتر بر کلروفیل b نسبت به هم معنی دار نبود و در خصوص کلروفیل کل نیز تنها تاثیر سطوح اسید هیومیک ۱/۵، ۳ گرم بر لیتر نسبت به یکدیگر تفاوت معنی داری نداشت. اثر متقابل اسید هیومیک صفر، ۱/۵ و ۴/۵ گرم بر لیتر با سولفات روی ۹ گرم بر لیتر بر کلروفیل a و کلروفیل کل نیز معنی دار نشد. آنها نیز گزارش کردند که غلظت کارتنوئیدها در مریم گلی در سطح اسید هیومیک ۴/۵ با سولفات روی ۹ گرم بر لیتر نسبت به سطوح اسید هیومیک ۱/۵ و ۳ با سولفات روی ۹ گرم بر لیتر کاهش معنی داری داشت (Khosravi et al., 2023).

محتوای کلروفیل a, b و کلروفیل کل گیاه فلفل سبز (*Capsicum annuum L.*) با تیمارهای عصاره‌های شیرابه قارچ صدفی و قارچ دکمه ای افزایش یافت. همچنین میزان کاروتنوئید میوه‌ها در گیاهان تیمار شده به طور قابل توجهی افزایش یافت، اما افزایش کاروتنوئید برگ‌های گیاه معنی دار نبود (Roy et al., 2015). گل همیشه بهار فرانسوی (*Tagetes. patula*) تحت تیمارهای زیست توده کمپوست قارچ (WMB) نشان داد که به نظر می‌رسد اثر تحریک کننده WMB بر رشد و گلدهی گل همیشه بهار با فراوانی زیاد عناصر غذایی در WMB مرتبط باشد (Salachna et al., 2021). محتوای کلروفیل a, b و کل و کاروتنوئیدهای برگ گل همیشه بهار تیمار شده با WMB افزایش معنی داری نشان داد. محتوای بالای کلروفیل در برگ‌ها و کاروتنوئیدها

در گل‌ها باعث می‌شود که گیاه *T. patula* منبع ارزشمندی از این رنگدانه‌ها باشد. از آنجایی که هم کلروفیل و هم کاروتنوئیدها آنتی‌اکسیدان‌های قوی و طبیعی با خواص ضد سرطانی هستند که نقش مهمی در محافظت در برابر گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال‌های آزاد دارند (Barreiro and Barredo, 2018; Salachna et al., 2021).

سطح برگ:

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثرات ساده و برهمکنش کودهای آلی (کمپوست قارچ مصرفی، ورمی‌کمپوست) و اسید هیومیک بر میزان سطح برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. با کاربرد هر دو نوع کود آلی، سطح برگ گیاه نسبت به شاهد به طور معنی‌دار کاهش یافت، به طوری که بیشترین سطح برگ در گیاهان شاهد با میانگین ۲۲,۱۶ سانتی‌متر مربع و کمترین سطح برگ با کاربرد ۴۰ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست با میانگین ۱۲,۳۴ سانتی‌متر مربع بدست آمد (جدول ۶). با توجه به اینکه در این تحقیق کاهش سطح برگ و افزایش وزن مخصوص برگ، موجب افزایش غلظت کلروفیل شده است، به نظر می‌رسد یکی از راهکارهای گیاه استویا برای تحمل تنش شوری و حفاظت از فتوسنتز، کاهش سطح برگ می‌باشد. محلول پاشی اسید هیومیک نیز باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ گیاه استویا شد (۹,۵۷ درصد کاهش).

فنل کل گیاه:

اثرات ساده و برهمکنش کودهای آلی (VC، SMC) و اسید هیومیک بر میزان فنل کل گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین فنل کل گیاه با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول پاشی اسید هیومیک با میانگین ۱۱۸,۲۰ (میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) بدست آمد که نسبت به شاهد (۷۸,۰۱) افزایش ۳۴ درصدی داشت (جدول ۶).

از آنجایی که فنل نوعی آنتی‌اکسیدان بوده، افزایش تولید آن با کاربرد کودهای آلی می‌تواند بدلیل افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه استویا ناشی از بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و آزاد سازی تدریجی عناصر

غذایی برای گیاه باشد (Nguyen *et al.*, 2010). به علاوه اسید هیومیک به عنوان پیشساز و فعال کننده‌ی ترکیبات ثانویه در گیاهان دارویی سبب افزایش میزان فنل کل شده است (Amini Fard and Qaderi Zeh, 2019). از دیگر دلایل اثرات تحریک کننده‌ی زیست توده ضایعات کمپوست قارچ بر محتوای فنل کل ممکن است وجود کیتین و مشتقات آن از دیواره سلولی قارچ باشد. به نظر می‌رسد که این ترکیبات با بهبود سیستم ایمنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، تأثیر بیولوژیکی قوی بر گیاهان داشته باشند (Olszowy, 2019; Salachna *et al.*, 2021). تیمار کمپوست ضایعات قارچ بنهایی (۱۰۰٪) به طور معنی‌داری بر ویژگی‌های کیفی بابونه تأثیر مثبت داشت موادی مانند اسانس، فلاونوئید و اسید فنولیک و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی که از طریق مهار رادیکال‌های DPPH و (ORAC oxygen radical absorbance capacity)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیان می‌شود.

کویاتوسکی و هاراسیم (Kwiatkowski and Harasim, 2021) معتقدند که نقش آنتی‌اکسیدانی اصلی به اسانس‌ها و ترکیبات فنلی نسبت داده می‌شود. رادیکال‌های آزاد سرآغاز توسعه بسیاری از سبک‌های زندگی هستند بیماری‌هایی مانند: دیابت، تصلب شرایین، بیماری آلزایمر و پارکینسون. از این رو، برای محتوای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در مواد گیاهی که تحت تأثیر مراحل اولیه عملیات زراعی مانند نوع کودها خصوصاً کودهای آلی و مقادیر کوددهی قرار می‌گیرند دقت و مراقبت‌های لازم را باید در نظر گرفت. باید نوع کود دهی صحیحی را انتخاب کرد که به احتمال زیاد بیشترین سهم را بر محتوای آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در مواد خام گیاهی علاوه بر محتوای ترکیبات دیگری که اثرات ارتقاء دهنده سلامتی بر انسان و حیوانات دارند را داشته باشند (Kwiatkowski and Harasim, 2021).

pH و شوری خاک بعد از برداشت گیاه

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر کودهای آلی بر شوری و pH خاک در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود، اما بر همکنش کودهای آلی و اسید هیومیک فقط بر شوری خاک معنی دار شد. بیشترین شوری خاک با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC با میانگین ۱۴/۷۷ دسی زیمنس بر متر بدست آمد که نسبت به شاهد (۱۰/۸۶ dS/m) افزایش معنی دار ۲۶/۴۷ درصدی نشان داد (جدول ۷)، کمترین pH خاک نیز با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار SMC با میانگین ۸/۰۹ بدست آمد که نسبت به شاهد کاهش ۴/۸۲ درصدی داشت (جدول ۷). اسید هیومیک، به عنوان بخشی از مواد هیومیکی به طور کلی، بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک تأثیر داشته که موجب بهبود ذخیره عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف و نهایتاً افزایش فراهمی آن‌ها شده در نتیجه افزایش شوری خاک را سبب می‌شود (Ampong *et al.*, 2022; Khaled and Fawy, 2011). نتایج تحقیقی بر خاک شور نشان داد که همبستگی مثبتی بین مقدار اسید هیومیک با مقدار کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی وجود دارد. هر چه سطوح اسید هیومیک بیشتر باشد، مقادیر CEC را افزایش داده که این امر به خاطر افزایش غلظت کاتیون‌ها در سطح کانی‌ها و بین مواد معدنی می‌باشد (Mindari *et al.*, 2014).

کاربرد اسید هیومیک می‌تواند از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی به پایداری خاک‌دانه‌ها در خاک‌های شور منجر شود و کاربرد اسید هیومیک در خاک شور با $pH > 7$ موجب کاهش pH حدود ۰/۷ واحد شده که احتمالاً به دلیل انتشار و آزاد سازی یون H^+ از اسید هیومیک بدلیل تبادل کاتیونی با Ca^{2+} ، K^+ ، Na^+ یا Mg^{2+} که موجب کاهش pH محلول خاک به کمی اسیدی شده که در دسترس بودن عناصر غذایی چون آهن، منگنز، مس، روی، فسفر و نیتروژن، و افزایش کاتیون‌های محلول کلسیم، پتاسیم، منیزیم و کاهش سدیم و نهایتاً شوری خاک تا حدودی افزایش می‌یابد. (Mindari *et al.*, 2014; Khaled and Wafy, 2011).

کربن آلی خاک

کربن آلی خاک با کاربرد هر دو نوع کود آلی افزایش یافت اما بیشترین درصد کربن آلی خاک با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC با میانگین ۰,۵ بدست آمد که نسبت به شاهد (۰,۲۵) افزایش ۵۰ درصدی نشان داد (جدول ۷). اسید هیومیک به همراه کود گاوی با کاهش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، محدودیت نیتروژن میکربی و فسفر میکروبی را کاهش داد و موجب افزایش فراهمی آنها شد، همچنین محتوای کربن آلی خاک را در شرایط شوری خاک افزایش داد. نهایتاً ذخیره کربن آلی خاک تحت تاثیر اسید هیومیک بمراتب نسبت به سایر تیمارها بیشتر شد (Song et al., 2023).

جرم مخصوص ظاهری

جرم مخصوص ظاهری خاک با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول پاشی اسید هیومیک (۱/۳۴ گرم بر سانتی متر مکعب) نسبت به شاهد (۱/۵۲ گرم بر سانتی متر مکعب) به طور معنی داری کاهش یافت، در حالی که کاربرد کود VC اختلاف معنی داری با شاهد نداشت (جدول ۸). نتایج تحقیق دورنچارد سینگ و همکاران (DorenchandSingh et al., 2017) نشان داد که با افزایش سطوح ورمی کمپوست (صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ تن بر هکتار) خاکدانه های خاک افزایش و در نتیجه کل فضای خالی خاک بطور معمول روند افزایشی داشت. تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک معنی دار نشد.

از آنجایی که کود SMC سرشار از مواد آلی است، کاربرد آن از طریق اصلاح خواص فیزیکی خاک از جمله افزایش خاکدانه سازی و تهویه ی خاک، موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری و بهبود ساختمان خاک شده است ((Mindari et al., 2014; Khaled and Fawy, 2011)). کاربرد اسید هیومیک با منشأ ذغال سنگ در سطح ۱۵۰ کیلوگرم بر هکتار در خاک هایی با خصوصیات فیزیکی ضعیف (خاک لوم رسی) نه تنها موجب بهبود شرایط فیزیکی خاک از طریق کاهش معنی دار جرم مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل خاک شد، بلکه توانست با اصلاح ثبات خاکدانه های خاک موجب افزایش عملکرد دانه گندم شد (Ahmad et al., 2015).

جدول ۷- اثر سطوح دو نوع کود آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 7- The effect of two organic fertilizers levels on the soil physical and chemical properties

سطوح کودهای آلی Levels of organic fertilizers (ton/ha)	شوری خاک soil salinity (ds/m)	پ هاش خاک Soil pH	جرم مخصوص ظاهری خاک bulk density (g/cm ³)	کربن آلی خاک Organic Carbon (%)
Control (۰)	10.86 ^d	8.48 ^{ab}	1.52 ^{ab}	0.25 ^c
SMC (20)	13.06 ^b	8.28 ^c	1.47 ^b	0.35 ^b
SMC (40)	14.77 ^a	8.09 ^d	1.41 ^c	0.5 ^a
VC (20)	10.54 ^d	8.54 ^a	1.54 ^a	0.36 ^b
VC (40)	11.23 ^c	8.45 ^{ab}	1.52 ^{ab}	0.38 ^b

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

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

شاهد = CO ورمی کمیوست = VC کمپوست قارچ مصرف شده = SMC اسید هیومیک = HA

جدول ۸- برهمکنش سطوح دو نوع کود آلی و محلول پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 8- The interact of two organic fertilizers levels and foliar spraying humic acid on the soil physical and chemical properties

سطوح کودهای آلی organic fertilizers levels (ton/ha)	اسید هیومیک HA (%)	شوری خاک soil salinity (ds/m)	پ هاش خاک Ph	جرم مخصوص ظاهری خاک bulk density (g/cm ³)
C 0		10.35 ^d	8.48 ^{ab}	1.51 ^{bc}
SMC 20		12.95 ^b	8.28 ^c	1.49 ^{bc}
SMC 40	0	14.82 ^a	8.10 ^d	1.48 ^{bc}
VC 20		10.59 ^d	8.55 ^a	1.61 ^a
VC 40		11.35 ^c	8.45 ^{ab}	1.49 ^{bc}
C 0		11.36 ^c	8.48 ^{ab}	1.52 ^{bc}
SMC 20		13.17 ^b	8.28 ^c	1.45 ^c
SMC 40	0.1	14.72 ^a	8.08 ^d	1.34 ^d
VC 20		10.49 ^d	8.52 ^{ab}	1.47 ^{bc}
VC 40		11.11 ^c	8.45 ^b	1.54 ^{ab}

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری با هم در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

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

C 0 = شاهد

VC = ورمی کمپوست

SMC = کمپوست قارچ مصرف شده

HA = اسید هیومیک

همبستگی بین پارامترهای اندازه گیری شده:

با توجه به نتایج شکل ۱ همبستگی معنی داری بین وزن خشک گیاه استویا و برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک وجود دارد. وزن خشک گیاه استویا با پارامترهای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کارتنوئید و شوری خاک همبستگی مثبت و معنی دار ($p < 0.01$) و با پارامترهای پ هاش و جرم مخصوص ظاهری خاک همبستگی منفی و معنی داری ($p < 0.01$) داشت. همبستگی بین شوری خاک و پارامترهای جرم مخصوص ظاهری و پ هاش خاک منفی و معنی دار ($p < 0.01$) بود در حالی که همبستگی مثبت و معنی داری ($p < 0.01$) با پارامترهای کربن آلی خاک، فنل کل گیاه و رنگیزه های فتوسنتزی گیاه نشان داد. کربن آلی خاک همبستگی مثبت و معنی دار با فنل کل گیاه ($p < 0.01$) و با pH خاک و سطح برگ گیاه استویا، همبستگی منفی و معنی دار ($p < 0.01$) نشان داد. همبستگی بین رنگیزه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کل و کاتنوئید) نیز مثبت و معنی دار ($p < 0.01$) بود. با توجه به نتایج همبستگی، کاربرد کودهای آلی تاثیر مثبتی بر بهبود پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه (رنگیزه های فتوسنتزی و فنل کل) و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک (پ هاش، شوری، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری خاک) داشته است.

باتوجه به نتایج این تحقیق، کاربرد کود SMC با و بدون محلول پاشی اسید هیومیک توانست از طریق اصلاح خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شور (pH، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری) و برخی خصوصیات فیتوشیمیایی گیاه (رنگیزه های فتوسنتزی و فنل کل) سبب افزایش معنی دار وزن خشک گیاه استویا نسبت به شاهد (بدون کود) شود. در حالی که کاربرد کود VC نتوانست بخوبی ضایعات کمپوست قارچ، کارآیی مناسبی در رابطه با خصوصیات فیزیکی و فیتوشیمیایی گیاه استویا داشته باشد. محلول پاشی اسید هیومیک نیز با وجود افزایش فنل کل گیاه نتوانست به تنهایی سبب بهبود رشد گیاه در خاک خیلی شور شود و فقط همراه با کاربرد کود SMC توانست وزن خشک گیاه را افزایش دهد. به طوریکه بیشترین وزن خشک گیاه استویا با کاربرد ۴۰ تن بر هکتار کود SMC و محلول پاشی اسید هیومیک بدست آمد. بنابراین پیشنهاد می شود که برای دستیابی به عملکرد مناسب (≥۸۰٪) و بهبود در خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه استویا در خاک خیلی شور ($EC_e \geq 10$ dS/m) لازم است تا از ضایعات کمپوست قارچ ۴۰ تن بر هکتار و یا بیشتر در خاک شور سه تا شش ماه قبل از کشت استفاده شود و ۱/۱ درصد محلول پاشی اسید هیومیک در سه نوبت با فاصله ۲۰ روز انجام شود.

References:

Ahmad, I., Ali, S., Saifullah Khan, Kh., Fayyaz ul Hassan, Ijaz, Sh. S., Bashir, Ka., Abbas, Z., Ahmad, M., Shakeel, A. (2015). Use of coal derived humic acid as soil conditioner for soil physical properties and its impact on wheat crop yield. *International Journal of Biosciences (IJB)*. 6(12), 81-89.

<http://doi.org/10.12692/ijb/6.12.81-89>

Ahmadi, M., and Moradi, P. (2014). Effect of humic acid on photosynthetic pigments and yield of basil plant (*Ocimum basilicum* L.). 9th Horticultural Sciences Congress of Ahvaz. Available from: <https://sid.ir/paper/880102/fa>. (In Persian)

Amini Fard, MH, and Qaderi Zeh, H. (2019). Effect of different levels of humic acid and planting density on antioxidant activity and biochemical properties of medicinal plant (*Trigonella foenum-graecum* L). *Ecophytochemistry of medicinal plants* [Internet]. 8(1 (consecutive 29):77-89.

Available from: <https://sid.ir/paper/369184/fa>. (In Persian)

Ampong, K., Thilakarathna, M. S., and Gorim, L. Y. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Front. Agron.* 4, 10. <http://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>

Arnon, D. (1994). Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24(1): 1-15.

<https://doi.org/10.21859/acadpub.nbr.3.1.69>.

Ashraf, M., and Foolad, M.R. (2007). Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany* 59, 206-216.

<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>.

Bezuglova, O. S., Gorovtsov, A. V., Polienko, E. A., Zinchenko, V. E., Grinko, A. V., Lykhman, V. A., et al. (2019). Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress. *Journal of Soils and Sediments*; Dordrecht Vol. 19, Iss. 6, (Jun 2019): 2665-2675. 19, 2665–2675. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-02240-z>

Cantabella, D., Piqueras, A. Acosta-Motos, Jos_e Ram_on. Bernal-Vicente, A.

Jos_e A. Hern_andez, Pedro Díaz-Vivancos (2017). Salt-tolerance mechanisms induced in *Stevia rebaudiana* Bertoni: Effects on mineral nutrition, antioxidative metabolism and steviol glycoside content. *Plant Physiology and Biochemistry* 115: 484e496. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.04.023>

Dorenchand Singh, TH, Swaroop, N., Thomas, T., and David, Aron. A. (2017). Effect of Different Levels of Vermicompost on Soil Physical Properties of Two Cultivars of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) under Eastern UP (India) Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(6): 2908-2911. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.344>

Fathi Garlidani, A., Mir Seyed Hosseini, H., Farahbakhsh, M. (2014). "Some effects of spent mushroom compost and bagasse biochar on alkaline phosphatase activity and phosphorus availability in some calcareous soils", *Iran Water and Soil Research*, 46(4): 801-812.

<https://doi.org/10.22059/ijswr.2015.56804>

Flowers, Timothy J. and Colmer, Timothy D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*. 179: 945–963. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02531.x>

Gandhi, S., Gat, Y., Arya, SH., Kumar, V., Panghal, A., and Kumar, A. (2018). Natural sweeteners: health benefits of stevia. *Foods and Raw Materials*. vol. 6, no. 2. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-392-402>

Gümüs, I. and Seker, C. (2017). Effects of spent mushroom compost application on the physicochemical properties of a degraded soil. *Solid Earth*, 8, 1153–1160. <https://doi.org/10.5194/se-8-1153-2017>

Khaled, H. and Fawy, H. A. (2011). Effect of Different Levels of Humic Acids on the Nutrient Content, Plant Growth, and Soil Properties under Conditions of Salinity. *Soil & Water Research*, 6 (1): 21–29. <http://doi.org/10.17221/4/2010-SWR>

Khosravi, F., Bahmanyar, M.A., Akbarpour, V. 2023. Effect of Different Levels of Humic Acid and Zinc Sulfate on Morphological and Phytochemical Traits of (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science*. 37 (3): 615-627.

Kumar, R., Sharma, S., Ramesh, K., Prasad, R., Pathania, V. L., Singh, B., and Deosharan Singh, R. (2012). Effect of agro-techniques on the performance of natural sweetener plant—stevia (*Stevia rebaudiana*) under western Himalayan conditions. *Indian Journal of Agronomy*. 57 (1): 74-81. <https://www.researchgate.net/publication/224806070>.

Kwiatkowski, C.A.; Harasim, E. (2021). The Effect of Fertilization with Spent Mushroom Substrate and Traditional Methods of Fertilization of Common Thyme (*Thymus vulgaris* L.) on Yield Quality and Antioxidant Properties of Herbal Material. *Agronomy* 2021. 11(2): 329.

<https://doi.org/10.3390/agronomy11020329>

Rose, M. T., Patti, A. F., Little, K. R., Brown, A. L., Jackson, W. R., & Cavagnaro, T. R. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture. *Advances in Agronomy*. 124, 37-89.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4>

Roy, S., Barman, S., Chakraborty, U., and Chakraborty, B. (2015). Evaluation of Spent Mushroom Substrate as biofertilizer for growth improvement of *Capsicum annum* L. *Journal of Applied Biology & Biotechnology* Vol. 3 (03), pp. 022-027.

Mindari, W., Aini, N., Kusuma, Z., Syekhfani. (2014). Effects of humic acid-based buffer + cation on chemical characteristics of saline soils and maize growth. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2(1): 259-268.

[doi:10.15243/jdmlm.2014.021.259](https://doi.org/10.15243/jdmlm.2014.021.259)

Nardi, S., Schiavon, M., and Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules* 26, 2256. <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>

Nguyen, PM., Kwee, EM. and Niemeyer, ED. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry*, 123(4): 1235-1241.

Olszowy, M. (2019). What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants? *Plant Physiology and Biochemistry*. 144, 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.039>

Reis, M. Coelho, L. Santos, G. Kienle, U. Beltrão, J. (2015). Yield response of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) to the salinity of irrigation water. *Agricultural Water Management* 152: 217–221. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.01.01788888yuhb>

Rezainejad, Y., and Efioni, M. (1379). The effect of organic matter on chemical properties of soil, absorption of elements by corn and its yield. *Soil and Water Sciences (agricultural sciences and techniques and natural resources)*, 4(4): 19-28. SID. <https://sid.ir/paper/441962/fa>. (In Persian)

Rostami, Q. Moghadam, M. Saeedipuya, E. Azhdanian, L. (2018). The effect of humic acid spraying on some morpho physiological and biochemical characteristics of green mint (*L. spicata* Mentha) under drought stress. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*. 12(1): 95-110. <https://www.sid.ir/paper/386368/fa>. <https://doi.org/10.22077/escs.2018.1296.1264>. (In Persian)

Roy, S., Barman, S., Chakraborty, U., and Chakraborty, B. (2015). Evaluation of Spent Mushroom Substrate as biofertilizer for growth improvement of Capsicum

annuum L. Journal of Applied Biology & Biotechnology, 3 (03), 022-027.

<https://doi.org/10.7324/JABB.2015.3305>

Salachna, P., Łopusiewicz, L., Wesółowska, A., Meller, E., Piechocki, R. (2021) Mushroom waste biomass alters the yield, total phenolic content, antioxidant activity and essential oil composition of *Tagetes patula* L. Industrial Crops & Products, 171, 113961. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113961>

Sible, C. N., Seebauer, J. R., and Below, F. E. (2021). Plant biostimulants: a categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health indicators. Agronomy 2021, 11, 1297.

<https://doi.org/10.3390/agronomy11071297>

Slinkard, K. and Singleton, VL. (1977). Total phenol analyses: Automation and Comparison with Manual Methods. American Society for Enology and Viticulture. 28, 49-55. <https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49>

Smirnoff, N. (1993). The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. 125: 27-58.

<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1993.tb03863.x>

Sreedhar, RV., Venkatachalam, L., Thimmaraju, R., Bhagyalakshmi, N., Narayan, MS., Ravishankar, GA. (2008). Direct organogenesis from leaf explants of *Stevia rebaudiana* and cultivation in bioreactor. Biologia Plantarum. 52(2):355–360. <https://doi.org/10.1007/s10535-008-0073-9>

Song, J., Zhang, H., Chang, F., Yu, R. Zhang, X., Wang, X., Wang, W., Liu, J., Zhou, J., Li, Y. (2023). Humic acid plus manure increases the soil carbon pool by inhibiting salinity and alleviating the microbial resource limitation in saline soils. *Catena*. 233: 107527 .<https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107527>

Zeng, J. Chen, A. Li, D. Yi, B. and Wu, W. (2013). Effects of Salt Stress on the Growth, Physiological Responses, and Glycoside Contents of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.61: 5720–5726.
<https://doi.org/10.1021/jf401237x>

حفظ النسخ
المنشور