Archive of SID.ir

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Effect of biochar and vermicompost on the absorb of nickel metal from soil by cherry tomato (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*)

Mahtab Mihandoost[1], Maryam Rafati[2]*

[1] Graduated M.Sc. Student, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Introduction

Soil is one of the most important components of the ecosystem and environment for storing nutrients and performing biological, physical, and chemical processes and activities. Earth may be infected by the accumulation of heavy elements. These metals are ubiquitous, highly persistent, and non-biodegradable. The concentration of heavy metals increases due to the natural weathering of rocks, the disposal of waste, and the use of fertilizers, pesticides, and industrial effluent. It includes nickel, which is released by car brake abrasion, vehicle corrosion (especially the car oil pump), and electronic wastes in the urban environment and its accumulation in the body causes kidney complications, lung damage, high blood pressure, and it became vascular diseases. Nickel has no toxic effect on the plant at low concentrations and acts as a micronutrient, but in high concentrations, it reduces the growth and appearance of toxic symptoms in the plants. In agricultural fields, chemical fertilizers are used to increase the production of agricultural products, which despite their benefits, their excessive use reduces crop quality and the entry of toxic pollutants into the soil. In this context, organic amendments such as biochar and vermicompost could be useful to sustainably maintain or increase soil organic matter, preserving and improving soil fertility and crop yield. Biochar is a carbon-rich material obtained from the thermochemical conversion of biomass in an oxygen-limited environment. Biochar has been described as a possible tool for soil fertility improvement, potential toxic element adsorption, and climate change mitigation. Vermicompost is considered a high-nutrient biofertilizer with diverse microbial communities. It plays a major role in improving the growth and yield of different field crops, vegetables, flowers, and fruit crops. Vermicomposting is the process of conversion of organic wastes into finely degraded peat-like substances using earthworms. It is an alternative method for waste management through which vermicompost is produced with a relatively higher nutrient content than compost and manures. Therefore, this study aimed to investigate the effect of biochar and vermicompost on an accumulation of nickel metal in soil and tomato fruit.

Materials and Methods

For this purpose, the seeds were caught from a greenhouse in the south of Tehran, and the pots were filled with 3 kg of soil derived from the same place. This soil was mixed well before being placed in the pots. The test was performed as a factorial experiment in a randomized complete block design in which nickel nitrate was applied to the soil with 6 different concentrations (75 ppm nickel nitrate with 10% biochar, 150 ppm nickel nitrate with 10% biochar, 75 ppm nickel nitrate with 5% biochar, 150 ppm nickel nitrate with 5% biochar, 75 ppm nickel nitrate and 150 ppm nickel nitrate), and compared with pots that were only hydrated with tap water (control). All measurements were taken with three independent replicates for metal concentration. Pots were placed outdoors with tap water irrigation (five times a week) and two days a week (Monday and Friday) with nickel nitrate for 4 months. Then the concentration of nickel in the shoot (fruit), the nickel concentration in the soil, and the wet and dry weight of the fruit were measured. The bioconcentration factor (BCF) was also calculated using the ratio of total nickel concentration in fruit to the soil. Based on this, plants that have a bioconcentration factor of more than once, especially in their shoots, are suitable for metal extracting from the soil and translocating it to the fruit.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Results and Discussion

The findings showed that the concentration of nickel in cherry tomato fruit in all nickel-contaminated treatments is higher than the world valid standards (1 ppm for the FAO, and WHO standards). So that the 150 ppm nickel with 10 % vermicompost is significantly more than the other treatments (6.54 mg/kg) and the nickel 75 ppm treatment has the lowest amount (2.28 mg/kg). This shows that the presence of biochar and vermicompost in the soil makes the nickel available to the plant for more absorption and the tomato plant because of being a micronutrient, absorbs it from the soil and translocates to the fruit. Also, the concentration of nickel in the soil of all treatments was lower than the nickel standard in agricultural soil (60 ppm for the FAO, and WHO standards) and the concentration of nickel in pots that are irrigated with 75 ppm and 150 nickel values are significantly more than the soil of the treatments with biochar and vermicompost. Moreover, the addition of these materials to the pots increases the dry and wet weight of cherry tomato fruit compared with the pots with no modifiers. In this context, it should be said that nickel acts as a micronutrient for plants, but the excessive accumulation of this metal has caused toxicity for most plants, which has reduced the efficiency of the vegetative and reproductive parts. Nickel bioconcentration factor is also more than one in biochar and vermicompost treatments that represents if 75 and 150 ppm of nickel with biochar or vermicompost modifiers are added to cherry tomato soil, due to the greater availability of nickel by these two substances, the extraction of nickel from the soil by cherry tomatoes is increased with BCF more than one.

Conclusion

In general conclusion, it can be stated that planting cherry tomatoes in nickel-containing soil or irrigation with municipal and industrial wastewater containing nickel should be accompanied by more considerations. Also, if biochar or vermicompost is used in the soil of cherry tomato pots, nickel can be extracted from the soil with a bioconcentration coefficient of more than one, which has more negative effects on the use of tomato fruit by humans or animals through its further entry into the food chain. It is suggested that on the absorption of nickel from the soil by cherry tomatoes in concentrations higher than the treatments in this research, the evaluation of the carcinogenic and non-carcinogenic risk of nickel metal through ingestion, the absorption of other heavy metals by this plant, as well as the effect of these modifiers on other plants and agricultural products, should be studied more extensively.

Keywords: Bioaccumulation coefficient, Food chain, Natural remedial materials, Nickel metal, Phytoremediation

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: m_rafati@iau-tnb.ac.ir

Citation: Mihandoost, M., & Rafati, M. (2023). Effect of biochar and vermicompost on the absorb of nickel metal from soil by cherry tomato (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*). *Water and Soil Management and Modeling*, 3(2), 157-170.
DOI: 10.22098/mmws.2022.11853.1177
DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.11.5

Received: 27 November 2022, Received in revised form: 22 December 2022, Accepted: 22 December 2022, Published online: 23 December 2022
Water and Soil Management and Modeling, Year 2023, Vol. 3, No. 2, pp. 157-170
Publisher: University of Mohaghegh Ardabili © Author(s)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۲۵٤٦

اثر زغال زیستی و کود ورمی‌کمپوست بر جذب فلز نیکل از خاک توسط گوجهٔ گیلاسی (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*)

مهتاب میهن‌دوست[۱]، مریم رفعتی[۲*]

[۱] کارشناس ارشد گروه محیط زیست، دانشکدهٔ علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] استادیار، گروه محیط زیست، دانشکدهٔ علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

استفاده از مواد به‌ساز طبیعی در خاک‌های حاوی نیکل می‌تواند موجب استخراج نیکل از خاک، تجمع آن در قسمت خوراکی گوجهٔ گیلاسی و ورود آن به زنجیرهٔ غذایی شود. مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی اثر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست بر تجمع فلز نیکل در خاک و میوهٔ گوجهٔ گیلاسی انجام شد. بدین منظور، آزمایشی به‌صورت عاملیل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد که در آن تجمع فلز نیکل در میوه و خاک گوجهٔ گیلاسی تحت ۶ تیمار مختلف آبیاری با آب دارای نیترات نیکل (در دو مقدار متفاوت ۷۵ و ۱۵۰ ppm) و مقایسهٔ آن با گلدان‌های آبیاری شده با آب معمولی (شاهد) مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان داد، غلظت نیکل در میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در تمامی تیمارهای آلوده به نیکل بالاتر از استانداردهای معتبر جهانی است. به‌طوری‌که در تیمار۱۵۰ ppm نیکل همراه با ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد با مقدار ۶/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم ، به‌صورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها و غلظت نیکل در خاک گلدان‌هایی که با مقادیر ۷۵ و ۱۵۰ppm نیکل آبیاری شده‌اند (به‌ترتیب ۴/۸۳ و ۴/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به‌صورت معناداری بیش‌تر از خاک تیمارهای دارای زغال زیستی و ورمی‌کمپوست است و افزودن این مواد به خاک گلدان‌ها، سبب بالا بردن وزن خشک (به‌ترتیب ۴۶ و ۴۸ گرم) و وزن تر (به‌ترتیب ۱۵۳/۱ و ۱۱۹ گرم) میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در مقایسه با گلدان‌هایی که فاقد این اصلاح‌کننده‌ها هستند، می‌شود. هم‌چنین با توجه به این‌که ضریب تجمع زیستی در تمامی تیمارهای دارای زغال زیستی و ورمی‌کمپوست، بیش‌تر از یک است. می‌توان اظهار داشت که میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در صورتی‌که در خاک گلدان‌های آن از زغال زیستی یا ورمی‌کمپوست استفاده شود، قادر به استخراج نیکل از خاک بوده و می‌تواند این عنصر را به سطوح بالاتر زنجیرهٔ غذایی انتقال دهد. با توجه به اهمیت این موضوع پیشنهاد می‌شود که بر جذب نیکل از خاک توسط گوجهٔ گیلاسی در غلظت‌های بالاتر از تیمارهای این پژوهش و ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلز نیکل از طریق بلع توسط گروه‌های هدف، مطالعات بیش‌تری انجام شود.

واژه‌های کلیدی: زنجیرهٔ غذایی، ضریب تجمع زیستی، فلز نیکل، گیاه‌پالایی، به‌ساز طبیعی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m_rafati@iau-tnb.ac.ir

استناد: میهن دوست، مهتاب، و رفعتی، مریم (۱۴۰۲). اثر زغال زیستی و کود ورمی‌کمپوست بر جذب فلز نیکل از خاک توسط گوجهٔ گیلاسی (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۲)، ۱۵۷-۱۷۰.

DOI: 10.22098/mmws.2022.11853.1177

DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.2.11.5

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۱، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۰۲

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۱، دوره ۳، شماره ۲، صفحه ۱۵۷ تا ۱۷۰

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، تغییرات محیط زیستی چالش‌های اساسی را برای امنیت انسانی در سراسر جهان ایجاد کرده‌اند که تشدید روزافزون معضلات محیط زیستی هم‌چون کاهش منابع آب، آلودگی خاک و نابودی تنوع زیستی در قرون آتی، به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بسیاری از کشورهای جهان تبدیل‌شده‌اند (Kazemi et al., 2019). افزایش استفاده از فلزات و مواد شیمیایی در فرآیندهای صنعتی باعث گسترش پساب‌های حاوی فلزات سنگین شده که کاهش کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی را در پی داشته است (Sufian et al., 2019; Moradi et al., 2021).

فلزات سنگین تمایل به تجمع در سامانه‌های زیستی دارند و زمانی‌که این فلزات مقدار آن‌ها بیش از حد مجاز باشد، وارد چرخه غذایی انسان شوند از لحاظ سلامتی بسیار خطرساز خواهند بود (Abbasitabar et al., 2022; Jahantab et al., 2016). از جمله این فلزات می‌توان به نیکل اشاره کرد که بر اثر سایش ترمز خودرو، خوردگی وسایل نقلیه (به‌ویژه پمپ روغن خودرو) و نفوذ از پسماندهای الکترونیکی در محیط شهری آزاد شده (Motuzova et al., 2014) و به‌دلیل تجزیه نشدن و تأثیر مخرب بر بافت‌های بدن موجودات زنده در غلظت‌های بسیار کم حائز اهمیت است. نیکل در سلامت انسان تأثیر دارد؛ به‌طوری‌که وجود عنصر مذکور در زنجیرهٔ غذایی خطرناک بوده و تجمع آن در بدن سبب عوارض کلیوی، صدمهٔ ریه‌ها، فشارخون بالا و بیماری‌های عروقی می‌شود (Jorge et al., 2005).

در مزارع کشاورزی جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی از کودهای مختلفی مانند کودهای شیمیایی استفاده می‌شود که علی‌رغم مزایایی که دارند، کاربرد بی‌رویه آن‌ها سبب کاهش کیفیت محصول و ورود آلاینده‌های سمی به خاک می‌شود. در این زمینه، موادی که می‌توانند به‌عنوان روشی مناسب جایگزین کودهای شیمیایی شوند، زغال زیستی و کمپوست هستند. این دو ماده به‌عنوان به‌سازهای طبیعی خاک، از مهم‌ترین کودهای آلی مؤثر بر ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی آن به‌شمار می‌روند (Duong and Lee, 2011). زغال زیستی محصول تخریب حرارتی مواد آلی در غیاب هواست که زغال چوب تولیدشده به‌عنوان یک اصلاح‌کننده خاک به‌کار می‌رود (Biria et al., 2017). این ماده علاوه بر حاصل‌خیزی و بهبود خواص زیستی خاک، موجب افزایش آب قابل‌دسترس در گیاه (Zinnia et al., 2019; Yekzaban et al., 2023)، کاهش یا حذف آلاینده‌های خاک همانند فرآیند گیاه‌پالایی و کاهش گازهای گلخانه‌ای از طریق افزایش ذخیره‌سازی کربن خاک و کاهش اکسید نیتروژن و متان می‌شود (Delavarniai et al., 2021).

ورمی‌کمپوست یک کود زیستی-آلی و مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی است که سبب ادامه عمل تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت گیاه می‌شود (Zolfaghari et al., 2022). این محصول با خاصیت تخلخل، هوادهی، ظرفیت نگهداری آب و به دلیل سرعت‌بالای معدنی شدن و میزان هوموس فراوان، شرایط مناسب‌تری را برای رشد ونمو گیاه فراهم می‌کند (Salehi et al., 2022) و افزودن آن به خاک موجب تحریک جوانه‌زنی دانه، تحریک رشد، بهبود حاصلخیزی خاک و مقاومت در برابر فرسایش، مقاوم‌سازی در برابر عوامل بیماری‌زا و افزایش عملکرد گیاهان مختلف می‌شود (Hakim Rabet et al., 2021).

Laghlimi et al. (2015) ضمن مطالعهٔ تأثیر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست بر میزان کلروفیل دو رقم گوجه‌فرنگی ریوگراندس و روت جرز، اعلام داشت که ورمی‌کمپوست تأثیر بسیار مثبت، اما زغال زیستی تأثیر منفی بر میزان کلروفیل هر دو واریته گوجه‌فرنگی دارد. هم‌چنین، Kheir et al. (2021) در بررسی اثر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست بر عملکرد گندم مشاهده کردند که کاربرد این مواد باعث افزایش محصول گندم می‌شود. در مطالعهٔ دیگر Khan et al. (2019) با بررسی اثر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست گزارش کردند که کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش غلظت مواد مغذی و به دنبال آن افزایش محصول نارگیل و اصلاح حاصلخیزی خاک‌های تخریب‌شده می‌شود. Wang et al. (2018) به‌منظور بررسی اثرات اصلاح‌کننده‌های زیستی ورمی‌کمپوست و زغال زیستی در خاک‌آلوده به کادمیوم گزارش کردند که فلز کادمیوم موجود در خاک به‌ترتیب ۶/۸-۵/۲، ۱۳/۵-۹/۰، ۱۲/۱-۷/۹ درصد در گروه‌های اصلاح‌شده با ورمی‌کمپوست، زغال زیستی و ترکیب ورمی‌کمپوست و زغال زیستی کاهش یافته است. با توجه به منافع زیاد استفاده از زغال زیستی و ورمی‌کمپوست بر خصوصیات خاک و با در نظر گرفتن تعداد زیاد محصولات کشاورزی، تاکنون تحقیقی به استفاده از این دو ماده بر جذب نیکل در گوجهٔ گیلاسی نپرداخته است.

نیکل به‌عنوان فلز سنگین، در غلظت‌های پایین اثر سمی بر گیاه نداشته و به‌عنوان یک ریزمغذی عمل می‌کند، ولی در غلظت‌های بالا باعث کاهش رشد و ظهور علائم سمیت در گیاهان می‌شود (Baycu et al., 2006). میوهٔ گوجه‌فرنگی سرشار از آنتی اکسیدان‌هایی مانند کاروتنوئید، لیکوپن، ویتامین *C*، ویتامین *E* و ترکیبات فنولی است که این ترکیبات نقش تعیین‌کننده در

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

سلامتی انسان دارند (Moradi Kurd Gheshlaghi et al., 2020). این گیاه را می‌توان علاوه بر باغچه‌ها و گلخانه‌ها، به‌راحتی در محیط آپارتمانی و منازل نیز پرورش داد.

با ورود انواع کودهای شیمیایی و رشد جمعیت، رغبت کشاورزان به مصرف کودهای شیمیایی فزونی یافت؛ زیرا از یک سو میزان تولید محصولات را بیش‌تر می‌کرد و از طرف دیگر سبب افزایش درآمد آن‌ها می‌شد. به‌تدریج آسیبی که کودهای شیمیایی و مصرف بی‌رویه آن‌ها ایجاد می‌نمود، بروز پیدا کرد. کودها و سموم شیمیایی اهمیت زیادی در ازدیاد محصول و تقویت حاصل‌خیزی خاک‌ها دارند؛ اما سبب آلودگی محیط زیست نیز می‌شوند که پیامدهای بسیار مضری را در بر خواهد داشت. تأثیرات نامطلوب کودها و آفت‌کش‌ها بر محیط زیست منجر به توجه بیش‌تر و استفاده از روش‌هایی شده که در آن نیازی به مصرف مواد شیمیایی نبوده یا کم باشد و این هدف موجب شده که بحث پایداری در کشاورزی و توجه به کشاورزی بوم‌شناختی مورد توجه قرار گیرد. یکی از راهکارهای عملی برای رسیدن به این هدف، زراعت گیاهان با استفاده از کود سبز یا بهبود دهنده‌های آلی و دوستدار محیط زیست، مانند ورمی‌کمپوست و زغال زیستی است که می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد (Alboebadi et al., 2018; Moradi et al., 2021). در همین راستا، پژوهش حاضر سعی داشت تا تأثیر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست را به‌عنوان دو کود آلی طبیعی بر تجمع فلز سنگین نیکل در خاک و میوهٔ گوجهٔ گیلاسی (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) را مورد بررسی قرار دهد.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت آزمایش عاملیل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌منظور بررسی تأثیر بیوچار و ورمی‌کمپوست بر میزان جذب فلز سنگین نیکل در دو غلظت متفاوت بر گوجهٔ گیلاسی انجام شد (شکل ۱). ابتدا خاک زراعی مناسب برای کشت گوجهٔ گیلاسی از گلخانه‌ای در جنوب شهر تهران تهیه و به‌طور مناسب باهم مخلوط و یکنواخت شد. پس‌ازآن به میزان سه کیلوگرم از این خاک در هر گلدان ریخته شده و گلدان‌ها در فضای آزاد در محوطه همان گلخانه قرار گرفتند تا با تیمارهای مختلف بیوچار و ورمی‌کمپوست ترکیب گشته و بذر گوجه گیلاسی در آن‌ها کاشته شود.

لازم به ذکر است که از خاک اولیهٔ گلدان‌ها قبل از اعمال تیمار، ۵ نمونه برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اولیه به آزمایشگاه ارسال شد. به‌منظور اجرای این پژوهش، ۳۵ گلدان برای کاشت گوجهٔ گیلاسی استفاده شدند که به‌جز گلدان‌های شاهد، تمامی گلدان‌ها با دو مقدار ۷۵ و ۱۵۰ ppm نیترات نیکل آبیاری شدند.

شکل ۱- گوجه‌های گیلاسی مورد آزمایش در این پژوهش
Figure 1- Cherry tomato tested in this study

آبیاری تمامی گلدان‌ها به‌صورت روزانه انجام گرفت که دو روز در هفته با محلول نیترات نیکل (دوشنبه و جمعه) و پنج روز در هفته توسط آب معمولی در طول چهار ماه آبیاری شدند. این آبیاری به‌گونه‌ای انجام شد که تنها خاک مرطوب شده و هیچ آبی از انتهای گلدان خارج نشود. هفت تیمار مورد استفاده در این پژوهش عبارت‌اند از: ۱) پنج گلدان با غلظت نیترات نیکل ۷۵ ppm همراه با زغال زیستی ۱۰ درصد، ۲) پنج گلدان با غلظت نیترات نیکل ۱۵۰ ppm همراه با زغال زیستی ۱۰ درصد، ۳) پنج گلدان با غلظت نیترات نیکل ۷۵ ppm همراه با ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد، ۴) پنج گلدان با غلظت نیترات نیکل ۱۵۰ ppm همراه با ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد، ۵) پنج گلدان با غلظت نیترات نیکل ۷۵ ppm، ۶) پنج گلدان با غلظت نیترات نیکل ۱۵۰ ppm، ۷) پنج گلدان فاقد تیمار نیترات نیکل، زغال زیستی و ورمی‌کمپوست (شاهد).

برای محاسبهٔ تأثیر تیمارهای مختلف بر خصوصیات مورفولوژیک گوجهٔ گیلاسی، وزن خشک و وزن تر میوه‌ها نیز اندازه‌گیری شد. برای محاسبهٔ وزن خشک، نمونه‌های میوه با آب مقطر شسته، در هوای آزاد خشک شده و مجدداً در آون با دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا پس‌ازآن وزن خشک ثبت شود. زغال زیستی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت کوهبنان کرمان بر پایهٔ تبدیل مواد سلولزی به کربن و ورمی‌کمپوست از شرکت انوشه آراب با مشخصات فیزیکی و شیمیایی استاندارد تهیه شد (جدول ۱).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

۲-۱- اندازه‌گیری غلظت نیکل در اندام گیاهی هوایی (میوه)

برای اندازه‌گیری غلظت فلز نیکل در میوه، از روش عصاره‌گیری خاکستر خشک استفاده شد (Rafati et al., 2021). بدین‌ترتیب که دو گرم از هر نمونه گیاه به درون بوته‌های چینی انتقال داده شده و نمونه‌ها در کورهٔ الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی گراد به‌مدت دو ساعت قرار گرفت. پس از آن پنج میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال به نمونه‌ها اضافه شد. محلول موردن ظر روی اجاق‌برقی کمی گرم شد، سپس به کمک آب مقطر جوش و با استفاده از کاغذ صافی واتمن شمارهٔ ۴۲ به میلی‌لیتری صاف شد. غلظت نیکل در نمونه‌های گیاهی در عصاره مورد نظر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل AANALYST 200 در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال قرائت شد.

۲-۲- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی-شیمیایی و غلظت نیکل در نمونه‌های خاک

برای تعیین غلظت کل فلز نیکل در نمونه‌های خاک، روش هضم اسیدی به کار رفت (Malekmohammadi et al., 2019). بدین‌ترتیب که مقدار دو گرم از هر نمونه خاک را در ارلن های درب‌دار ریخته، به آن ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال اضافه کرده و بعد ارلن‌ها به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد حمام آب گرم قرار گرفت. بعد از گذشت زمان فوق نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن شمارهٔ ۴۲ صاف شده و غلظت فلز نیکل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مدل AANALYST 200 در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال قرائت شد. هم‌چنین اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و pH خاک با تهیهٔ محلول ۱ به ۱۰ به‌ترتیب با استفاده از دستگاه pH متر و دستگاه هدایت‌سنج انجام شد (Bazgir et al., 2020). کربن آلی و مواد آلی خاک به روش والکی بلک (Moradi Kurd Gheshlaghi et al., 2020)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) به روش باور (Salmasi and Pyrowan, 2019) و بافت خاک به روش هیدرومتری و بر اساس مثلث خاک (Skandari et al., 2020) تعیین شد.

۲-۳- ضریب تجمع زیستی

برای اندام هوایی از رابطه (۱) محاسبه شد (Davodpour et al., 2017; Jafari et al., 2020).

$$BCF = \frac{\left(\frac{mg}{kg}\right)\text{غلظت فلز دریافت گیاهی(میوه)}}{\left(\frac{mg}{kg}\right)\text{غلظت کل فلزدرخاک}} \quad (۱)$$

بر این اساس گیاهانی که دارای ضریب تجمع زیستی بیش‌تر از ۱ به‌خصوص در اندام‌های هوایی خود بوده، جهت استخراج گیاهی مناسب هستند.

۲-۴- تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

ابتدا نرمال بودن و همگن بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها، برای مقایسات آماری بیش‌تر از دو گروه از آزمون تجزیهٔ واریانس (ANOVA) بهره گرفته شد و در صورت معنادار بودن، از آزمون چند دامنهٔ دانکن برای مقایسهٔ میانگین‌ها استفاده شد. برای مقایسهٔ آماری مقادیر هر تیمار با اعداد استاندارد جهانی، از آزمون t تک نمونه استفاده شد. کلیه تجزیه تحلیل‌ها در سطح معناداری ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24 انجام پذیرفت. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار EXCEL 2010 استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک اولیهٔ گلدان‌ها در جدول ۲ آمده است. با توجه به مقادیر این جدول، خاک مورد استفاده دارای بافت لومی، از نظر اسیدیته خنثی بوده و مقدار هدایت الکتریکی آن در ردهٔ خاک‌های شور قرار نداشته که برای رشد گیاهان مناسب است.

جدول ۱- نتایج تجزیه ورمی‌کمپوست و زغال زیستی

Table 1- Vermicompost and biochar analysis results

ورمی‌کمپوست	مقدار	زغال زیستی سلولزی	مقدار
pH	7.6	pH	8.1
EC (دسی زیمنس بر متر)	2.58	EC (دسی زیمنس بر متر)	3.5
کربن الی (درصد)	14.58	کربن الی (درصد)	50
نیتروژن کل (درصد)	0.5	نیتروژن کل (درصد)	0.14
درصد رطوبت	9.5	وزن مخصوص (گرم بر سانتی مترمکعب)	0.92
فسفر (گرم بر کیلوگرم)	1.33	فسفر (گرم بر کیلوگرم)	0.15

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

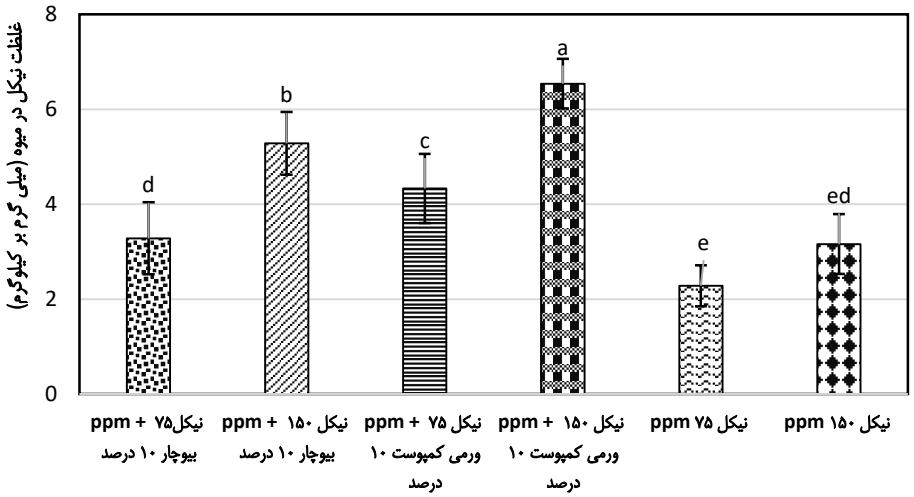
جدول ۲- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در گلدان‌ها نتایج غلظت نیکل در اندام هوایی (میوه) گوجهٔ گیلاسی

Table 2- Physical and chemical soil properties in vases results nickel concentration in aerial organ (fruit) cherry tomato

پارامتر	pH	EC (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی اکی والان/۱۰۰ گرم)	کربن آلی (درصد)	ماده آلی (درصد)	بافت خاک	نیکل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
گوجهٔ گیلاسی	7.1	12.8	16.4	2.35	4.37	لومی	غیرقابل تشخیص

۳-۲- نتایج غلظت نیکل در میوهٔ گوجهٔ گیلاسی

نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس (جدول ۳) نشان داد که غلظت نیکل در میوه‌های گوجهٔ گیلاسی در شش تیمار که توسط آب آلوده به نیکل آبیاری شده‌اند، از نظر آماری تفاوت معناداری دارد (F=۱۱۵/۱۲۶، P=۰/۰۰۰)، به‌طوری‌که بر اساس آزمون دانکن، غلظت این عنصر در تیمار نیکل ۱۵۰ ppm همراه با ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد (۶/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به‌صورت معناداری بیش‌تر از ۵ تیمار دیگر بوده و در تیمار نیکل ۷۵ ppm (۲/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) کم‌ترین مقدار است (شکل ۲). بنابراین، می‌توان اظهار داشت در صورتی‌که مقدار نیکل در پساب‌های آبیاری مقادیر ۷۵ یا ۱۵۰ ppm به‌تنهایی باشد، مقادیر آن در میوه گیاه از حد مجاز نیکل (۱ ppm مطابق با استانداردهای FAO و WHO) بالاتر می‌رود، حال اگر این تیمارها همراه با استفاده از زغال زیستی و ورمی‌کمپوست باشند، مقدار جذب این فلز در میوهٔ گوجهٔ گیلاسی افزایش معنادار یافته و در بعضی موارد نزدیک به دو برابر تیمارهای بدون زغال زیستی و ورمی‌کمپوست می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که حضور زغال زیستی و ورمی‌کمپوست در خاک، فلز سنگین نیکل را برای جذب بیش‌تر در دسترس گیاه قرار داده و گیاه گوجه نیز با توجه به ریزمغذی بودن آن را از خاک جذب و تا میوه انتقال می‌دهد. یافته‌های به‌دست‌آمده از مطالعهٔ Akan et al. (2013) که به بررسی فلزات کروم، منگنز، آهن، نیکل، سرب، روی، کادمیوم و مس در نمونه‌های سبزیجات در کشور نیجریه پرداختند، نشان داد برگ‌های سبزیجات کلم، کاهو، پیاز و اسفناج دارای غلظتی بیش‌تر از حد استاندارد این فلزات است که از نظر نوع فلز مورد بررسی با نتیجه تحقیق حاضر هم‌پوشانی دارد. نتایج مطالعات Huang et al. (2008) که دامنهٔ غلظت نیکل در دانه گندم درکونشان کشور چین رابین ۰/۰۴ تا ۰/۶۳ ppm در وزن خشک و کم‌تر از حد مجاز استاندارد گزارش کردند که با این مطالعه مغایرت دارد.



شکل ۲- میانگین غلظت فلز نیکل در اندام هوایی (میوهٔ) گوجهٔ گیلاسی در تیمارهای مختلف

Figure 2- Mean of concentration of nickel metal in the aerial organ (fruit) of the cherry tomato in different treatments

نتایج آزمون t تک نمونه ای با عدد استاندارد جهانی غلظت نیکل در میوه (۱ ppm برای استانداردهای سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و سازمان جهانی بهداشت) در جدول ۴ نشان داد که غلظت نیکل در تمامی تیمارها به‌صورت معناداری بیش‌تر از این استاندارد است. هم‌چنین، نتایج آزمون Tstudent با عدد استاندارد جهانی غلظت نیکل در خاک‌های کشاورزی (۶۰ ppm، استانداردهای FAO و WHO) نشان‌دهندهٔ غلظت معنادار و کم‌تر نیکل در تمامی تیمارها در مقایسه با این استاندارد است (جدول ۴؛ P>۰/۰۵). این نتایج نشان می‌دهد آبیاری با آب حاوی نیکل در بازهٔ زمانی چهار ماههٔ این پژوهش، نتوانسته مقدار این عنصر را در خاک از حد استاندارد آن در خاک‌های کشاورزی دنیا بالاتر ببرد. البته باید توجه داشت که انباشتگی فلزات سنگین در خاک، به‌ویژه

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در خاک‌های زراعی، فرآیندی کند بوده و آبیاری با آب حاوی نیکل مثل پساب‌های شهری و صنعتی نمی‌تواند راهی ایمن برای آبیاری زمین‌های کشاورزی در درازمدت باشد (Rahimi et al., 2018). انتقال فلزات سنگین از خاک به گیاه مهم‌ترین مسیری است که انسان را در معرض آلودگی قرار می‌دهد، بیش‌تر فلزات سنگین بر خلاف آلاینده‌های آلی، دچار تجزیه شیمیایی یا زیستی نمی‌شوند؛ بنابراین، مدت زمان طولانی در خاک باقی می‌مانند (Hejazizadeh et al., 2016).

جدول ۳- نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس غلظت فلز نیکل در اندام هوایی (میوه) و خاک گوجهٔ گیلاسی در تیمارهای مختلف

Table 3- Analysis of Variance Results of nickel concentration in different air organs tomato (fruit) and soil in different treatmen

متغیر		درجهٔ آزادی	میانگین مربعات	Sig
زغال زیستی ۱۰ درصد + ppm نیکل ۷۵	بین گروه‌ها	7	71049.70	
	داخل گروه‌ها	28	844.90	0.000
	کل	35		
زغال زیستی ۱۰ درصد + ppm نیکل ۱۵۰	بین گروه‌ها	7	37866.16	
	داخل گروه‌ها	28	609.41	0.000
	کل	35		
ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد + ppm نیکل ۷۵	بین گروه‌ها	7	58650.29	
	داخل گروه‌ها	28	1216.71	0.000
	کل	35		
ورمی‌کمپوست ۱۰ درصد + ppm نیکل ۱۵۰	بین گروه‌ها	7	47673.32	
	داخل گروه‌ها	28	877.01	0.000
	کل	35		
ppm نیکل ۷۵	بین گروه‌ها	7	23844.01	
	داخل گروه‌ها	28	831.24	0.000
	کل	35		
ppm نیکل ۱۵۰	بین گروه‌ها	7	14311.65	
	داخل گروه‌ها	28	1143.75	0.000
	کل	35		
شاهد (فاقد آلودگی نیترات نیکل)	بین گروه‌ها	7	158332.83	
	داخل گروه‌ها	28	1597.87	0.000
	کل	35	71049.70	

جدول ۴- نتایج حاصل از مقایسهٔ مقادیر غلظت نیکل در اندام هوایی و خاک گلدان‌های گوجهٔ گیلاسی

Table 4- Results of comparision of the concentration of nickel values in aerial organs and pots soil cherry tomato

تیمار	t (اندام هوایی)	P-value (اندام هوایی)	t (خاک)	P-value (خاک)
نیترات نیکل 75 ppm همراه با زغال زیستی 10 درصد	1.98	0.000	1.83	0.000
نیترات نیکل 75 ppm همراه با ورمی‌کمپوست 10 درصد	2.22	0.000	1.81	0.000
نیترات نیکل 75 ppm	0.87	0.006	2.57	0.000
نیترات نیکل 150 ppm همراه با زغال زیستی 10درصد	1.23	0.002	1.75	0.000
نیترات نیکل 150 ppm همراه با ورمی‌کمپوست 10 درصد	1.77	0.000	1.61	0.000
نیترات نیکل 150 ppm	1.06	0.012	2.40	0.000

عدد استاندارد جهانی غلظت نیکل در خاک‌های کشاورزی ۶۰ ppm است.

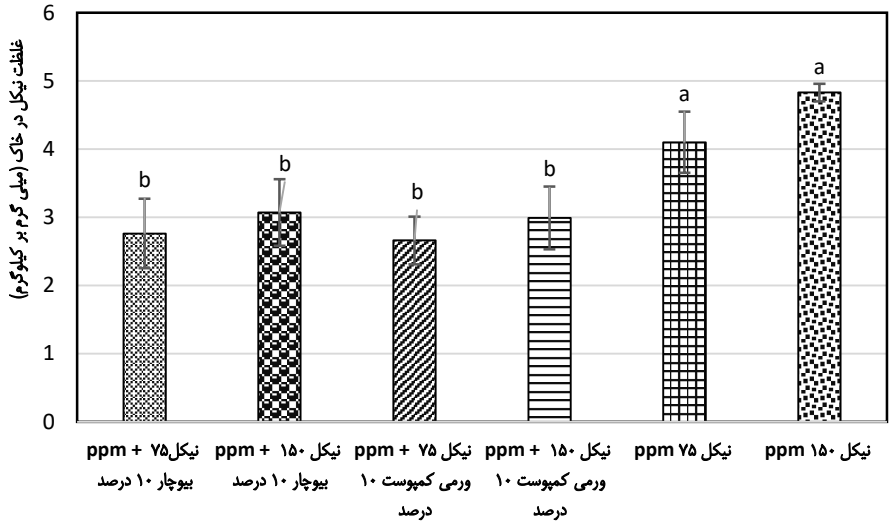
عدد استاندارد جهانی غلظت نیکل در میوه ۱ ppm است.

۳-۳- نتایج غلظت نیکل در خاک گلدان‌های گوجهٔ گیلاسی

نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس حاکی از این است که غلظت نیکل در خاک گلدان‌های گوجهٔ گیلاسی در شش تیمار آبیاری شده با نیترات نیکل، از نظر آماری تفاوت معناداری دارد (F=۱۸۴/۹۴۱، P=۰/۰۰۰)، به‌طوری‌که بر اساس آزمون دانکن، غلظت این عنصر در تیمارهای فاقد زغال زیستی و ورمی‌کمپوست (تیمارهای نیکل ۱۵۰ و ۷۵ ppm) به‌ترتیب ۴/۸۳ و ۴/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، به‌صورت معناداری بیش‌تر از تیمارهای دارای ورمی‌کمپوست و زغال زیستی است (شکل ۳ و جدول ۳). در این زمینه، Wang et al. (2018) نشان دادند که کادمیوم موجود در خاک در گروه‌های اصلاح شده با ورمی‌کمپوست و زغال زیستی کاهش‌یافته که هم‌سو با این نتایج است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳- میانگین غلظت فلز نیکل در خاک گلدان‌های گوجهٔ گیلاسی در تیمارهای مختلف

Figure 3- Mean of concentration of nickel metal in cherry tomato pots soil in different treatments

۳-۴- نتایج ضریب تجمع زیستی در اندام هوایی (میوه) گوجهٔ گیلاسی

مقادیر عامل تجمع زیستی در میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در هر تیمار در جدول ۵ ذکر شده که بر طبق این مقادیر در تیمارهای دارای زغال زیستی و ورمی‌کمپوست، مقدار ضریب تجمع زیستی نیکل بالاتر از عدد یک است. بنابراین می‌توان اظهار داشت، درصورتی‌که به خاک گوجهٔ گیلاسی با مقادیر ۷۵ و ۱۵۰ ppm نیکل، زغال زیستی یا ورمی‌کمپوست اضافه شود (به‌علت فراهمی بیش‌تر فلز نیکل توسط این دو ماده)، استخراج این فلز از خاک توسط گوجهٔ گیلاسی افزایش یافته و آن را به مقدار بیش‌تر و با ضریب بالاتر از یک به میوه انتقال و در آن‌جا تجمع می‌دهد که می‌تواند موجب ورود بیش‌تر این عنصر به زنجیرهٔ غذایی از طریق مصرف میوه‌های گوجهٔ گیلاسی توسط انسان یا حیوان و خطرات بیش‌تر حضور آن در بدن موجودات زنده شود.

در مورد انتقال فلزات از ریشه‌ها به سایر نقاط گیاه، برخی فلزات به‌ویژه سرب میل زیادی به تجمع در ریشه داشته و به دلیل سنگین بودن، تحرک کم‌تری دارند، درحالی‌که برخی دیگر مانند کادمیوم به‌آسانی در گیاه حرکت می‌کنند (Majer et al., 2002). البته جذب فلزات سنگین تو سط گیاهان نه‌تنها تحت اثر غلظت آن‌ها در خاک، بلکه به عامل‌های دیگری چون شکل آن‌ها، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، میزان تغذیه گیاه، مرحلهٔ رشد و عوامل متعدد دیگری وابسته است.

جدول ۵- مقادیر فاکتور تجمع زیستی عنصر نیکل در اندام‌های هوایی(میوه) گوجهٔ گیلاسی در تیمارهای مختلف

Table 5- Values of bioaccumulation factor of nickel metal in the aerial organ (fruit) of the cherry tomato in different treatments

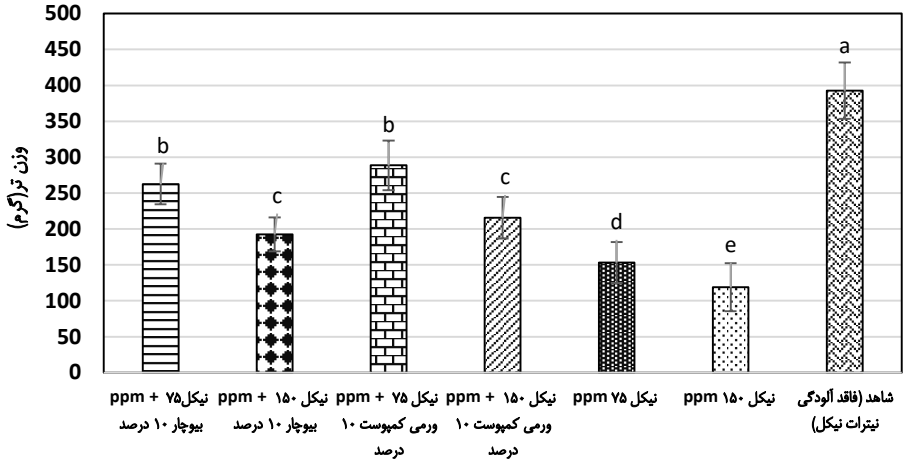
تیمار	میانگین
نیکل 75 ppm همراه با زغال زیستی 10 درصد	1.19
نیکل 75 ppm همراه با ورمی‌کمپوست 10 درصد	1.63
نیکل 75 ppm	0.56
نیکل 150 ppm همراه با زغال زیستی 10 درصد	1.72
نیکل 150 ppm همراه با ورمی‌کمپوست 10درصد	2.18
نیکل 150 ppm	0.66

۳-۵- نتایج تأثیر تیمارهای مختلف بر وزن میوهٔ گوجهٔ گیلاسی

نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس نشان داد که وزن‌تر میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در تیمارهای مختلف، دارای اختلاف معنادار با یکدیگر است (F=۱۲۴/۴۹۰، P=۰/۰۰۰). بر اساس نتایج آزمون دانکن، وزن‌تر میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در تیمار فاقد نیکل یا شاهد (۳۹۲/۶ گرم) به‌صورت معناداری بیش‌تر از تیمارهایی است که با آب نیکل‌دار آبیاری شده‌اند. همچنین، مقدار وزن‌تر در گلدان‌هایی که با تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ ppm نیکل آبیاری شده و فاقد ورمی‌کمپوست و زغال زیستی بودند (به‌ترتیب ۱۵۳/۱ و ۱۱۹ گرم) به‌صورت معناداری کم‌تر از سایر تیمارهاست (شکل ۴ و جدول ۳).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۴- میانگین وزن‌تر میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در تیمارهای مختلف

Figure 4- Mean of wet weight of cherry tomato fruit in different treatments

نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس برای وزن خشک میوهٔ گوجهٔ گیلاسی نیز همانند وزن‌تر بوده و در تمامی تیمارهای مورد بررسی، این پارامتر دارای اختلاف معنادار با یکدیگر است (F=۵۴/۹۳۶، P=۰/۰۰۱) که بر اساس نتایج آزمون دانکن، مقدار وزن خشک میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در تیمار شاهد (۶۵ گرم) به‌صورت معناداری بیش‌تر از تیمارهایی است که با آب نیکل‌دار آبیاری شده‌اند. هم‌چنین، مقدار وزن خشک میوه در گلدان‌هایی که با ۷۵ یا ۱۵۰ ppm نیکل آبیاری شده‌اند و فاقد ورمی‌کمپوست و زغال زیستی بودند (به‌ترتیب ۲۰ و ۱۳ گرم)، نیز به‌طور معناداری از بقیه تیمارها کم‌تر است (شکل ۵) و (جدول ۳). در این زمینه باید گفت، درست است نیکل به‌عنوان یک ریزمغذی برای گیاهان عمل می‌کند، اما تجمع بیش‌ازحد این فلز برای اکثر گیاهان سمیت ایجاد کرده که سبب کاهش کارایی بخش‌های رویشی و زایشی گشته و در نتیجه از کیفیت محصول تولیدی آن می‌کاهد (Zhang et al., 2019).

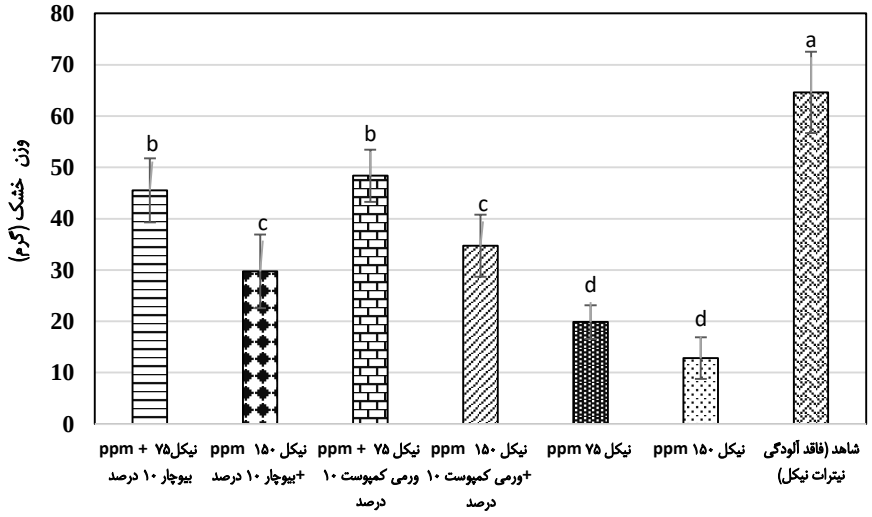
افزودن زغال زیستی و ورمی‌کمپوست به خاک گلدان‌ها سبب افزایش وزن خشک و تر میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در مقایسه با گلدان‌هایی است که فاقد این اصلاح‌کننده‌ها هستند. در واقع، استفاده از زغال زیستی و ورمی‌کمپوست در کنار افزایش میزان تجمع فلز نیکل در داخل میوه‌ها، سبب افزایش وزن‌تر و وزن خشک آن‌ها نیز شده است که این امر می‌تواند به دلیل وجود عناصر مغذی در این دو اصلاح‌کننده باشد. در همین راستا، Divband Hafshejani et al. (2017) بیان کردند که افـزودن زغال زیستی باگاس نیشکر، باعث افزایش معنادار کربن آلی، ازت کل، فسفر قابل‌جذب و ظرفیت تبادل آنیـونی و کاتیونی خاک می‌شود. در مطالعهٔ دیگر Khan et al. (2019) با بررسی اثر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست گزارش کردند که کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش غلظت مواد مغذی و به دنبال آن باعث افزایش محصول نارگیل و اصلاح حاصلخیزی خاک‌های تخریب‌شده با استفاده از این مواد می‌شود که این نتیجه نیز با نتایج تحقیق حاضر هم‌پوشانی دارد. هم‌چنین Yang et al. (2015) در رابطه با تأثیر ورمی‌کمپوست بر عملکرد گوجه‌فرنگی و کیفیت و باروری خاک در گلخانه، پژوهشی انجام داده و به این نتیجه رسیدند که ورمی‌کمپوست با افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک باعث افزایش عناصر غذایی و به دنبال آن بهبود عملکرد و کیفیت میوهٔ گوجه‌فرنگی شده است. Tammeorg et al. (2014) نیز تاثیر استفاده از زغال زیستی وکمپوست بر افزایش سطح برگ زعفران را مثبت ارزیابی کردند.

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از آب‌های آلوده به نیکل تا مقدار ۱۵۰ ppm در خاک برای آبیاری گوجهٔ گیلاسی، موجب افزایش میزان تجمع این عنصر در میوهٔ گوجه به مقدار دو تا سه برابر بیش‌تر از استانداردهای مجاز سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و سازمان جهانی بهداشت شود می‌شود؛ بنابراین، کاشت گیاه مذکور در خاک‌های حاوی نیکل یا آبیاری خاک با پساب‌های شهری و صنعتی حاوی نیکل باید با ملاحظات بیش‌تری همراه باشد. علاوه بر این، درصورتی‌که در کنار این آبیاری از زغال زیستی و ورمی‌کمپوست به‌عنوان اصلاح‌کننده و کود آلی خاک استفاده شود، با فراهمی بیش‌تر نیکل در خاک برای جذب، میزان استخراج این فلز از خاک افزایش‌یافته و منجر به تجمع بیش‌تر آن در میوهٔ گوجهٔ گیلاسی تا شش برابر حد مجاز می‌شود که این امر اثرات منفی بیش‌تری برای استفاده از میوهٔ گوجه توسط انسان یا حیوان از طریق ورود بیش‌تر آن به زنجیرهٔ غذایی را به دنبال دارد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۵- میانگین وزن خشک میوهٔ گوجهٔ گیلاسی در تیمارهای مختلف

Figure 5- Mean of dry weight of cherry tomato fruit in different treatments

با توجه به اهمیت این موضوع پیشنهاد می‌شود که بر جذب نیکل از خاک توسط گوجهٔ گیلاسی در غلظت‌های بالاتر از تیمارهای این پژوهش، ارزیابی ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلز نیکل از طریق بلع توسط گروه‌های هدف، جذب سایر فلزات سنگین توسط این گیاه، تأثیر زغال زیستی و ورمی‌کمپوست بر مقاومت گیاه در انواع مختلف تنش‌های محیطی (مانند تنش خشکی، شوری و غیره) و هم‌چنین اثر این اصلاح‌کننده‌ها بر سایر گیاهان و محصولات کشاورزی، به‌ویژه محصولاتی که جایگاه قابل‌توجهی در سبد غذایی جوامع انسانی دارد، مطالعات گسترده‌تری انجام شود.

منابع

آلبوعبادی، هدا، مرادی، مصطفی، و جهانتاب، اسفندیار (۱۳۹۷). تأثیر بیوچار و کمپوست زباله شهری بر گیاه‌پالایی فلزات سنگین و هیدروکربن‌های کل نفتی (TPH) خاک به‌وسیله کنار *Ziziphus spina-christi* (L.) Wild. *حفاظت زیست بوم گیاهان*، ۶(۱۲)، ۲۶۱-۲۷۷.

اخوان کاظمی، مسعود، حسینی، طیبه، و بهرامی پور، فرشته (۱۳۹۸). واکاوی تاثیر تغییرات آب و هوایی بر امنیت بین‌المللی. *مطالعات روابط بین‌الملل*، ۱۲(۴۶)، ۹-۳۹. dor:20.1001.1.24234974.1398.12.46.1.4

اسکندری، فهیمه، بصیری، رضا، و مرادی، مصطفی (۱۳۹۹). بررسی اثر گونه بلوط ایرانی (*Quercus brantii Lindl*) و زربین (*Cupressus sempervirens L. var.horizontahis*). روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در کهگیلویه و بویر احمد. *پژوهش‌های گیاهی*، ۳۳(۴)، ۸۹۴-۹۰۶. dor:20.1001.1.23832592.1399.33.4.12.8

بازگیر، مسعود، حیدری، مهدی، زینلی، نسیم، و کهزادیان، مهرداد (۱۳۹۹). تأثیر تغییر کاربری اراضی از جنگل به زراعت و رهاسازی از زراعت بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در اکوسیستم جنگل زاگرس (مطالعه موردی: پارک جنگلی چغاسبز، استان ایلام). *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۲(۱)، ۲۰۰-۲۱۴. doi:10.30495/jest.2020.26084.3506

بی‌ریا، میلاد، معزی، عبدالامیر، عامری خواه، هادی (۱۳۹۶). تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر رشد گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم و سرب. *آب و خاک*، ۳۱(۲)، ۶۰۹-۶۲۶.

جهانتاب، سفندیار، جعفری، محمد، متشرع‌زاده، بابک، طویلی، علی، و ضرغام، نصرت‌الله (۱۳۹۵). ارزیابی پتانسیل گیاه پالایی گونه‌های گیاهی مرتعی در خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی با تاکید بر فلز سنگین نیکل. *علوم محیطی*، ۱۴(۳)، ۱۰۷-۱۲۰.

حجازی‌زاده، ابوالفضل، غلامعلی‌زاده آهنگر، احمد، و قربانی، مریم (۱۳۹۵). تأثیر بیوچار بر جذب سرب و کادمیم لجن فاضلاب کارخانه‌های کاغذ توسط آفتابگردان (*Heliantus Annus L.*). *دانش آب وخاک*، ۲۶(۲)، ۲۵۹-۲۷۱.

حکیم رابط، شهرزاد، و کتابچی، ساغر (۱۳۹۹). اثر کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و چای آن‌ها بر بیماری پژمردگی آوندی باکتریایی و شاخص‌های رشدی در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی. *پژوهش‌های کاربردی در گیاهپزشکی*، ۹(۴)، ۶۱-۷۴. doi:10.22034/arpp.2021.12362

داودپور، رضوان، سبحان اردکانی، سهیل، چراغی، مهرداد، عبدی، نوراله، و لرستانی، بهاره (۱۳۹۹). بررسی قابلیت انباشتگی زیستی و تثبیت آرسنیک و برخی فلزات سنگین توسط گونه گون (*Astragalus spp.*). *پژوهش‌های گیاهی*، ۲۳(۲)، ۴۷۷-۴۸۸. dor:20.1001.1.23832592.1399.33.2.16.8

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

دلاورنیا، فاطمه، زعفریان، فائزه، حسن‌پور، رقیه، و پیردشتی، همت‌اله (۱۴۰۰). ارزیابی اثر گذاری اصلاح‌کننده آلی و باکتری محرک رشد در فرآیند گیاه پالایی گیاه ذرت (*Zea mays L.*) تحت تنش فلز سنگین کادمیم. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۱(۴)، ۱۴۷-۱۶۲. doi:10.22034/saps.2021.43955.2607

دیوبند هفشجانی، لاله، ناصری، عبدعلی، هوشمند، عبدالرحیم، عباسی، فریبرز، سلطانی محمدی، امیر (۱۳۹۶). بررسی تاثیر کاربرد بیوچار باگاس نیشکر بر خصوصیات شیمیایی یک خاک لوم شنی. *علوم و مهندسی آبیاری*، ۴۰(۱)، ۶۳-۷۲. doi:10.22055/jise.2017.12667

ذوالفقاری، مریم، تولیده، سمیه، صدیقی دهکردی، فریده، و محمودی سورستانی، محمد (۱۴۰۱). بررسی رشد، عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum L.*) تحت تیمارهای میکوریزا، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی. *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۳۲(۱)، ۳۵-۴۶.

رحیمی، طیبه، معزی، عبدالامیر، و حجتی، سعید (۱۳۹۷). اثر مقادیر بیوچار و نیکل بر غلظت نیکل و برخی عناصر کم مصرف در ذرت. *پژوهش‌های خاک*، ۳۲(۴)، ۵۲۷- ۵۳۶. doi:10.22092/ijsr.2019.118560

رفعتی، مریم، محمدی روز بهانی، مریم، و ناصری منفرد، هنا (۱۳۹۹). تجمع فلزات سنگین سرب و نیکل در برگ و خاک گونه‌های برهان و کنوکارپوس در شهر اهواز. *جنگل و فراورده‌های چوب*، ۷۳(۴)، ۳۷۹-۳۸۷. doi:10.22059/jfwp.2021.296621.1072

سلماسی، رامین، و پیروان، حمیدرضا (۱۳۹۸). بررسی آلودگی‌زدایی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، یک پژوهش موردی. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۲۱(۱)، ۲۵- ۳۲. doi:10.30495/JEST.2018.13742

شاملو، زهرا، بهبهانی‌نیا، ازیتا، و سبحان، سهیل (۱۴۰۰). بررسی تجمع غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیم در نعنا (*Mentha piperital*) و اسفناج (*Spinacia oleracea*) تحت تیمار لجن دفعی فاضلاب. *پایداری، توسعه و محیط زیست*، ۲(۱)، ۱۳-۲۳. dor:20.1001.1.24233846.1400.2.1.2.3

صالحی، مهتاب، سیاهوشی، فائزه، و داوودی، فاطمه (۱۴۰۱). بررسی خصوصیات کمی و ترکیبات اسانس گل همیشه بهار (*Calendula officinalis L*) تحت تاثیر ورمی‌کمپوست و هیومیک اسید. *تولید و ژنتیک گیاهی*، ۳(۱)، ۸۵-۹۴.

صوفیان، جعفر، گلچین، احمد، مرادی، صلاح‌الدین، جهانیان، لیلا، غیرتی آرانی، لیلا (۱۳۹۸). بررسی تأثیر کاربرد کادمیوم و شوری محلول‌های آبی بر رشد و غلظت عناصر غذایی عدسک آبی (*Lemna minor L*). *پژوهش های گیاهی*، ۳۲(۳)، ۶۱۰-۶۲۲. dor:20.1001.1.23832592.1398.32.3.6.3

عباسی تبار، حمید، سلگی، عیسی، شایسته، کامران، و مرتضوی، ثمر (۱۴۰۱). بررسی منابع، ساختار شیمیایی، اثرات بهداشتی و محیط زیستی فلزات سنگین در خاک. *انسان و محیط زیست*، ۲۰(۱)، ۷۶- ۶۳. dor:20.1001.1.15625532.1401.20.1.4.3

کشاورز فرد، سپیده، سلگی، موسی، باقری، حسین، و شهرجردی، ایمان (۱۳۹۹). کاربرد بیوچار و اسید هیومیک برای مقاومت به تنش خشکی در گل آهار. *زیست‌شناسی کاربردی*، ۳۳(۱)، ۱۴۸-۱۷۴.

مرادی کردقشلاقی، پریسا، گلمحمدی، عبداله، روشنیان فرد، علی، و قنبری، علیرضا (۱۳۹۹). تعیین میزان ویتامین C و pH گوجه فرنگی در شرایط مختلف انبارداری. بیست و هفتمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، صفحه ۱-۸.

مرادی، مصطفی، برازیون‌نژاد، زهره، بصیری، رضا، جهانتاب، اسفندیار، و مرادی، غلامحسین (۱۴۰۰). گیاه پالایی خاک‌های آلوده به لجن مخازن نفتی توسط گونه کهور *Prosopis juliflora (Sw.)DC.* *محیط زیست و مهندسی آب*، ۷(۴)، ۶۵۸- ۶۶۸. doi:10.22034/jewe.2021.279242.1537

ملک‌محمدی، سعید، بهبهانی‌نیا، آزیتا، و فراهانی، مریم (۱۳۹۸). بررسی میزان آلودگی سرب و روی در خاک‌های سطحی اطراف شهرک صنعتی شکوهیه قم. *انسان و محیط زیست*، ۱۷(۴)، ۱۳-۲۴. dor:20.1001.1.15625532.1398.17.4.2.6

یکزبان، عباس، موسوی، سید علی‌اکبر، ثامنی، عبدالمجید، و رضایی، مهروز (۱۴۰۲). تأثیرگذاری زغال زیستی برگ نخل و تفاله لیموترش بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی یک خاک لوم شنی. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۱)، ۶۹-۸۳. doi:10.22098/mmws.2022.11264.1111

References

Abbasitabar, H., Solgi, E., Shayesteh, K., & Mortazavi, S. (2022). Investigation of sources, chemical structure, health and environmental effects of heavy metals in soil. *Human and Environment*, 20(1), 63-76. dor:20.1001.1.15625532.1401.20.1.4.3 [In Persian]

Alboebadi, H., Moradi, M., & Jahanta, E. (2018). The effect of biochar and municipal waste compost on phytoremediation of heavy metals and total petroleum hydrocarbons by *Ziziphus Spina-Christi (L.).Willd Journal of plant ecosystem conservation*, 6(12), 261-277. [In Persian]

Akan, J., Kolo, B., Yikala, B., & Ogugbuaja, V. (2013). Determination of some heavy metals in vegetable samples from biu local government area, Borno State, North Eastern Nigeria. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 2, 40-46. doi:10.11648/j.ijema.20130102.11

Akhavan Kazemi, M., Sadat Hoseini, M., & Bahramipoor, F. (2019). Analysis of the impact of climate change on international security. *Research Letter of International Relations*, 12(46), 9-39. dor:20.1001.1.24234974.1398.12.46.1.4 [In Persian]

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Bazgir, M., Hydari, M., Zeynali, N., & Kohzadean, M. (2020). Effect of land use change from forest to agriculture and abounded of agriculture on soil physical and chemical properties in zagros forest Ecosystem. *Journal of Environmental Science Technology*, 22(1), 200-214. doi:10.30495/jest.2020.26084.3506 [In Persian]

Biria, M., Moezzi A., & Ameri Khah, H. (2017). Effect of sugercan bagasse, biochar on maize plant growth, grown in lead and cadmium contaminated soil. *Journal of Water and Soil*, 31(2), 609-626. [In Persian]

Baycu, G., Doganay, T., Hakan, O., & Sureyya, G. (2006). Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. *Environmental Pollution*, 143, 545-554. doi:10.1016/j.envpol.2005.10.050

Davodpour, R., Sobhan Ardakani, S., Cheraghi, M., Abdi, N., & Lorestani, B. (2020). Bio concentration and stabilization potential studies of arsenic and some heavy metals in *Astragalus spp*. *Journal of Plant Research*, 23(2), 477-488. dor:20.1001.1.23832592.1399.33.2.16.8 [In Persian]

Delavarniai, F., Zaefarian, F., Hasanpour, R., & Pirdashti, H. (2021). Evaluating the effect of organic amendment and growth-promoting bacteria in the phytoremediation process of maize (*Zea mays L.*) under cadmium heavy metal stress. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4), 147-162. doi:10.22034/saps.2021.43955.2607 [In Persian]

Divband Hafshejani, L., Naseri, A., Hooshmand, A., Abbasi, F., & Soltani Mohammadi, A. (2017). Effect of sugarcane bagasse biochar application on chemical properties a sandy loam soil. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 40(1), 63-72. doi:10.22055/jise.2017.12667 [In Persian]

Duong, T.T., & Lee, B.K. (2011). Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 554-562. doi:10.1016/j.jenvman.2010.09.010

Hakim Rabet, S., & Ketabchi, S. (2021). The effect of compost fertilizers, vermicompost and their tea on control of bacterial vascular wilt and growth indices in tomato seedlings. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 9(4), 61–74. doi:10.22034/arpp.2021.12362 [In Persian]

Hejazizadeh, A., Gholamalizadeh Ahangar, A., & Ghorbani, M. (2016). Effect of Biochar on lead and cadmium uptake from applied paper factory sewage sludge by sunflower (*Heliantus annus L.*). *Water and Soil Science*, 26(2), 259-271. [In Persian]

Huang, M., Zhou, S., Sun, B., & Zhao, Q. (2008). Heavy metals in wheat grain: assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China. *Science of The Total Environment*, 405(1-3), 54-61. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.07.004

Jafari, M., Moameri, M., Jahantab, E., & Zargham, N. (2017). Effects of municipal solid waste compost and biochar on the phytoremediation potential of bromus tomentellus boiss. In greenhouse condition. *Journal of Rangeland*, 11(2), 194-206. dor: 20.1001.1.20080891.1396.11.2.6.5

Jahantab, A., Jafari, M., Motasharezadeh, B., Tavili, A., & Zargham, N. (2016). Evaluation of the phyto-remediation of rangeland plants in soils contaminated with petroleum, with an emphasis on heavy metal Ni. *Environmental Sciences*, 14(3), 107-120. dor:20.1001.1.23222700.2018.6.2.1.8 [In Persian]

Jorge, L., Gardea-Torresdeya, B., Jose, R., Peralta-Videab, G., & Dela Rosaa, J.G. (2005). Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews*, 249, 1797–1810. doi:10.1016/j.ccr.2005.01.001

Keshavarz Fard, S., Solgi, M., Bagheri, H., & Shahrjerdi, I. (2019). The application of biochar with humic acid for resistance to drought stress in Zinnia. *Applied Biology*, 33(1), 148-174. doi:10.22051/jab.2020.24372.1279 [In Persian]

Khan, M.B., Cui, X., Jilani, G., Lazzat, U., Zehra, A., Hamid, Y., Bussain, H., Tang, L., Yang, X., & He, Z. (2019). Eisenia fetida and biochar synergistically alleviate the heavy metals content during valorization of bio solids via enhancing vermicompost quality. *Science of The Total Environment*, 684, 597-609. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.370

Kheir, A.M.S., Esmat, F.A., Ahmed, M., Eissa, M.A., & Majrashi, A. (2021). Biochar blended humate and vermicompost enhanced immobilization of heavy metals, improved wheat productivity, and minimized human health risks in different contaminated environments. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105-117. doi:10.1016/j.jece.2021.105700

Laghlimi, M., Baghdad, B., Hadi, H.E., & Bouabdli, A. (2015). Phytoremediation mechanisms of heavy metal contaminated soils: a review. *Open Journal of Ecology*, 5, 375-388. doi:10.4236/oje.2015.58031

Majer, B.J., Tscherko, D., Paschke, A., Wennrich, R., Kundi, M., Kandeler, E., & Knasmuller, S. (2002). Effects of heavy metal contamination of soils on micronucleus induction in Tradescantia and on microbial enzyme activities: a comparative investigation. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 515(2), 111-124. doi:10.1016/S1383-5718(02)00004-9

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Malekmohammadi, S., Behbahaninia, A., & Farahani, M. (2019). Survey of lead and zink pollution in surface soils around the Shokouhieh industrial Estate**.** *Human and Environment*, 17(4), 13-24. dor:20.1001.1.15625532.1398.17.4.2.6 [In Persian]

Moradi, M., Barazionnezhad, Z., Basiri, R., Jahantab, E., & Moradi, G. (2021). Phytoremediation of contaminated soils to sludge of oil reservoirs using *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *Environment and Water Engineering*, 7(4), 658-668. doi:10.22034/jewe.2021.279242.1537 [In Persian]

Moradi Kurd Gheshlaghi, P., Golmohammadi, A., Roshanian Fard, A., & Ghanbari, A. (2020). Determine the amount of vitamin C and tomato pH in different warehousing conditions. 27th National Iranian Food Science and Technology Congress, Tehran. Iran, Pp. 1-8. [In Persian]

Motuzova, G.V., Minkina, T.M., Karpova, E.A., Barsova, NU., & Mandzhieva, S.S. (2014). Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment. *Journal of Geochemical Exploration*, 144, 241-246. doi:10.1016/j.gexplo.2014.01.026

Rafati, M., Mohammahi Roozbahani, M., & Naseri Monfared, H. (2021). Accumulation of heavy metals (lead and nickel) by the soil and leaves of Albizia lebbeck and Conocarpus erectus from the city of Ahwaz. *Forest and Wood Products*, 73(4), 379-387. doi:10.22059/jfwp.2021.296621.1072 [In Persian]

Rahimi, T., Moezzi, A., & Hojatti, S. (2018). Effect of biochar and nickel levels on concentration of nickel and some micronutrients in corn. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 32(4) , 528-537. doi:10.22092/ijsr.2019.118560 [In Persian]

Salmasi, R., & Pyrowan, H.R. (2019). Investigating the remediation of soils polluted with heavy metals as a case study. *Journal of Environmental Science Technology*, 21(1), 25-32. doi:10.30495/JEST.2018.13742 [In Persian]

Salehi, M., Siahvashi, F., & Davoodi, F. (2022). The evaluation of quantitative characteristics and essential oil composition of Calendula officinalis L. affected vermicompost and humic acid. *Plant Production and Genetics*, 3(1), 85-94. doi:10.34785/J020.2022.357 [In Persian]

Shamlou, Z., & Sobhan, S. (2019). Investigation of accumulation of lead and cadmium in Mint (Mentha piperital) and spinach (Spinacia oleracea) under treated sewage sludge. *Journal of Sustainability, Development & Environment*, 2(1), 13-23. dor:20.1001.1.24233846.1400.2.1.2.3 [In Persian]

Skandari, F., Basiri, R., & Moradi, M. (2020). Effect of Quercus brantii Lindl and Cupresss sempervirens L. var.horizontahis on soil physical and chemical properties in Kohgiluyeh and boyerahmad. *Journal of plant research (Iranian Journal of Biology)*, 33(4), 894-906. dor:20.1001.1.23832592.1399.33.4.12.8 [In Persian]

Sufian, J., Golchin, A., Moradi, S., Jahanban, L., & Gheiratie Arani, L. (2019). Growth and nutrients concentration of duckweed (Lemna minor L.) as affected by cadmium and salinity application of aqueous solutions. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 32(3), 610-622. dor:20.1001.1.23832592.1398.32.3.6.3 [In Persian]

Tammeorg, P., Simojoki, A., Makela, P., Stoddard, F.L., Alakukku, L., & Helenius, J. (2014). Short-term effects of biochar on soil properties and wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertiliser on a boreal loamy sand. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 191, 108-116. doi:10.1016/j.agee.2014.01.007

Wang, Y., Xu, Y.A., Li, D., Cong Tang, B., Man, S.L., Jia, Y.F., & Xu, H. (2018). Vermicompost and biochar as bio-conditioners to immobilize heavy metal and improve soil fertility on cadmium contaminated soil under acid rain stress. *Science of The Total Environment*, 621, 1057-1065. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.10.121

Yang, L., Zhao, F., Chang, Q., Li, T., & Li, F. (2015). Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. *Agricultural Water Management*, 160, 98-105. doi:10.1016/j.agwat.2015.07.002

Yekzaban, A., Moosavi, A., Sameni, A., & Rezaei, M. (2023). Effect of palm leaf and lemon peel biochar on some physical and mechanical properties of a sandy loam soil. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(1), 69-83. doi:10.22098/mmws.2022.11264.1111 [In Persian]

Zhang, Q., Chen, H., Xu, C., Zhu, H., & Zhu, Q. (2019). Heavy metal uptake in rice is regulated by pH-dependent iron plaque formation and the expression of the metal transporter genes. *Environmental and Experimental Botany*, 162, 392-398. doi:10.1016/j.envexpbot.2019.03.004

Zolfaghari, M., Tolideh, S., Sedighi Dehkordi, F., & Mahmoodi Sourestani, M. (2022). Evaluation of growth, yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum L.*) under mycorrhiza, vermicompost and chemical fertilizer treatments. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(1), 35-46. [In Persian]

Archive of SID.ir