



Effect of compost on phytoremediation of salt and nitrate by mung bean

Masumeh Farasati^{1✉} | Saeed Tanveer² | Reza Nazarpour³ | Ali Nakhzari Moghaddam⁴

1. Corresponding Author, Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: farasati2760@gmail.com

2. Department of Civil Engineering, University of Asia Pacific. E-mail: tanveer@alumni.ait.asia

3. Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: alinazarpour1381@gmail.com

4. Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: a_nakhzari@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Due to the importance of land contamination due to industrial and agricultural activities, the present study was conducted to study the effect of compost on the nitrate uptake ability of mung bean. This factorial design was carried out in a randomized complete block design in the greenhouse of Gonbad kavous University in 1977. Factors studied were nitrate + compost composition at 7 levels including nitrate at concentrations of 10, 30 and 50 mg / L alone, nitrate at concentrations of 10, 30 and 50 mg / L with compost and control treatment (Soil without compost and nitrate) and soil depth at three levels including 0-10, 10-20 and 20-30 cm. At the planting and maturing stages, some growth parameters including fresh and dry weights of shoots and roots, nitrate concentrations in soil and plant organs, salinity in soil and plant organs were measured. The results showed that the highest nitrate concentration (30.32 mg / L) was obtained in compost + nitrate with 50 mg / L (Scn3) treatment and the lowest nitrate concentration (3.14 mg / l) was observed in pods. The shoot of the plant was in control treatment. At maturity stage, the highest nitrate concentration (10.33 mg / L) was related to plant root in nitrate treatment with 50 mg / L (Sn3) and the lowest nitrate concentration (1.5 mg / L) was related to control leaf. The highest fresh weight of plant at the pod and ripening stage was related to plant root + compost and 50 mg / l nitrate (scn3) were 36.97 and 17.69 g, respectively. The lowest fresh weight of the plant was 4.87 g (control treatment) in the pod heading stage and in the leaf treatment stage and compost + irrigation with 30 mg / l nitrate (Scn2) concentration of 6.41. It was warm. The highest plant dry weight (103.2 g) was related to plant root and irrigation with 50 mg / L nitrate (Sn3) and the lowest plant dry weight (26.7 g) was related to plant leaf and control. According to the results, nitrate uptake by root and shoot of mungbean increased with increasing compost. At high nitrate concentrations, the effect of compost on nitrate uptake by mung bean was greater and nitrate was transferred to the shoots.
Article history: Received 29 September 2024 Received in revised form 13 November 2024 Accepted 18 December 2024 Published online 01 July 2025	
Keywords: Compost, Fresh weight, Mung bean, Nitrate, Salinity.	

Cite this article: Farasati, M., Tanveer, S., Nazarpour, R., & Nakhzari Moghaddam, A. (2025). Effect of compost on phytoremediation of salt and nitrate by mung bean. *Journal of Natural Environment*, 78 (Monitoring and Management of Natural Environmental Pollutants), 51-61. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.382354.2711>



بررسی اثر کمپوست بر گیاه پالایی شوری و نیترات توسط گیاه ماش

معصومه فراستی^۱ | سعید تنویر^۲ | رضا نظریپور^۳ | علی نخزری مقدم^۴

۱. نویسنده مسئول، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: fatrasati2760@gmail.com

۲. گروه مهندسی عمران، دانشگاه آسیا و اقیانوسیه، رایانامه: tanveer@alumni.ait.asia

۳. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: a_nakhzari@yahoo.com

۴. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: alinazarpour1381@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	در استفاده بلندمدت از کودهای شیمیایی، امکان افزایش سطح برخی عناصر در خاک وجود دارد که در آینده با انتقال به اندام‌های مختلف گیاهان، موجب افزایش خطر برای سلامت انسان خواهند شد. بنابراین، استفاده از گیاهانی که موجب کاهش سطح این عناصر در خاک می‌شوند از اهمیت بالایی برخوردار است. از جمله فرایندهای مؤثر در افزایش کارایی گیاه پالایی، استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌باشد. از جمله کودهای آلی می‌توان به کمپوست اشاره کرد که مواد آلی ساختمان خاک را بهبود بخشیده و شرایط را برای گیاه پالایی و تولید زی‌توده افزایش می‌دهند. تحقیق حاضر با هدف استفاده از گیاه پالایی و مطالعه اثر کمپوست بر توانایی گیاه پالایی نیترات توسط گیاه ماش انجام شد. عامل‌های مورد بررسی در این تحقیق شامل ترکیب نیترات+کمپوست در ۷ سطح شامل نیترات با غلظت‌های ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر، نیترات با غلظت‌های ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر همراه با کمپوست و تیمار شاهد و عمق خاک در سه سطح شامل ۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی متر بود. نتایج نشان داد که در مرحله غلاف‌دهی بیشترین غلظت نیترات با ۳۰/۳۲ میلی گرم بر لیتر مربوط به ریشه گیاه در تیمار SCn3 (کمپوست+نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر) و کمترین غلظت نیترات با ۳/۱۴ میلی گرم بر لیتر مربوط به ساقه گیاه در تیمار شاهد بود. در مرحله رسیدگی، بیشترین غلظت نیترات با ۱۰/۳۳ میلی گرم بر لیتر مربوط به ریشه گیاه در تیمار Sn3 (نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر) و کمترین غلظت نیترات با ۱/۵ میلی گرم بر لیتر مربوط به برگ گیاه در تیمار شاهد بود. بیشترین وزن تر گیاه در مرحله غلاف‌دهی و رسیدگی مربوط به ریشه گیاه در تیمار SCn3 (کمپوست و غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) به ترتیب برابر ۳۶/۹۷ و ۱۷/۶۹ گرم بود. کمترین وزن تر گیاه در مرحله غلاف‌دهی مربوط به ساقه گیاه برابر ۴/۸۷ گرم و در مرحله رسیدگی مربوط به برگ در تیمار SCn2 (استفاده از کمپوست+آبیاری با غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) برابر ۶/۴۱ گرم بود. بیشترین وزن خشک گیاه با ۱۰۳/۲ گرم مربوط به ریشه گیاه و تیمار Sn3 (آبیاری با ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) و کمترین وزن خشک گیاه با ۲۶/۷ گرم مربوط به تیمار برگ گیاه و شاهد بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۳	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۸	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۱۰	
کلیدواژه‌ها: شوری، کمپوست، ماش، نیترات، وزن تر.	

استناد: فراستی، معصومه، تنویر، سعید؛ نظریپور، رضا؛ و نخزری مقدم، علی (۱۴۰۴). بررسی اثر کمپوست بر گیاه پالایی شوری و نیترات توسط گیاه ماش. محیط

زیست طبیعی، ۷۸ (ویژه نامه پایش و مدیریت آلاینده‌های محیط زیست طبیعی)، ۵۱-۶۱.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.382354.2711>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

نیتروژن از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز گیاهان بوده که به اشکال مختلف در طبیعت یافت می‌شود. نیترات یکی از اشکال نیتروژن است که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی آب تهدیدی جدی برای اکوسیستم‌های آبی محسوب می‌شود. یکی از منابع نیتروژن مورد استفاده در ایران کود شیمیایی اوره است. با توجه به وجود کمبود عناصر غذایی در عمده خاک‌های ایران، استفاده از کودهای شیمیایی برای جبران کمبود عناصر غذایی در خاک رویه‌ای مرسوم است. مطالعات نشان می‌دهد که استفاده مداوم از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را به علت اسیدی شدن خاک، تخریب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نبود ریزمغذی‌ها در کودهای شیمیایی کاهش می‌دهد (Adriano, 2001) به‌همین دلیل، در استفاده بلندمدت از کودهای شیمیایی، امکان افزایش سطح برخی عناصر در خاک وجود دارد که در آینده با انتقال به اندام‌های مختلف گیاهان، موجب افزایش خطر برای سلامت انسان خواهند شد. بنابراین، استفاده از گیاهانی که موجب کاهش سطح این عناصر در خاک می‌شوند از اهمیت بالایی برخوردار است.

گیاه‌پالایی روشی مؤثر، ارزان قیمت، سازگار با محیط‌زیست و قابل اجرا در سطوح وسیع است. گیاه‌پالایی یعنی استفاده از ظرفیت گیاهان در جهت احیای محیط‌زیست با استفاده از فناوری‌های کم‌هزینه برای رفع آلودگی‌های گوناگون آب و خاک است (Lasat, 2002). هزینه گیاه‌پالایی در مقایسه با روش‌های فیزیکوشیمیایی حدود ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر است (Cunningham et al., 1995).

ماش با نام علمی *Vigna radiata* L. گیاهی از خانواده نخود (Fabaceae) است. این گیاه با قابلیت هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا و یا تولید ماده آلی، در حاصلخیزی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک نقش مهمی دارد (Mobaser and Mousavi Nick, 2010) به‌همین دلیل، به‌عنوان یکی از گیاهان مناسب برای بهبود حاصلخیزی خاک پیشنهاد می‌شود. ماش گیاهی تابستانه و یکی از حبوبات با ارزش می‌باشد که سرشار از مواد غذایی است. دانه ماش از نظر مواد پروتئینی غنی بوده و حدود ۲۵ درصد پروتئین دارد که به‌صورت کامل و پودر شده با آرد مورد مصرف قرار می‌گیرد (Ghavami and Rezaei, 2007). سطح زیر کشت ماش در ایران حدود ۱۶۱۶۷ هکتار و تولید سالانه آن ۱۱۶۶۱ تن بوده است (Agricultural Statistics, 2016).

امروزه برای کاهش اثرات منفی آلاینده‌ها در کنار گیاه‌پالایی، از دیگر فرایندها نیز استفاده می‌شود. از جمله فرایندهای مؤثر در افزایش کارایی گیاه‌پالایی، استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌باشد. از جمله کودهای آلی می‌توان به کمپوست اشاره نمود. مواد آلی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش می‌دهند (Bohn et al., 1985) که بسته به نوع مواد آلی متغیر است. مواد آلی ساختمان خاک را بهبود داده و شرایط را برای گیاه‌پالایی و تولید زی‌توده افزایش می‌دهد (Clemente et al., 2012). از مطالعات صورت گرفته در زمینه گیاه‌پالایی می‌توان به مطالعات Moameri و همکاران (۲۰۱۷) تحت عنوان ارزیابی پتانسیل گیاهان مرتعی برای گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به سرب و روی (اراضی مرتعی اطراف شرکت سرب و روی زنجان)، Ibrahim و همکاران (۲۰۱۴) با عنوان ارزیابی تجمع فلزات سنگین در گیاهان رشد یافته در خاک‌های آلوده در استان قزوین و تحقیق Saba و همکاران (۲۰۱۵) تحت عنوان توانایی گیاهان بومی اطراف مراکز صنعتی استان زنجان برای انباشت فلزات سنگین اشاره نمود. Amirinejad و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثرات متقابل قلیائیت، سالیسیک اسید و نوع خاک بر پارامترهای رشد گیاه ماش پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت ۵۰۰ میکرومولار سالیسیک اسید به‌عنوان غلظت بهینه، توانست اثر منفی تنش شدید قلیائیت را خنثی سازد. در تحقیقی دیگر، Roohi و همکاران (۲۰۲۰) کاربرد مدل‌های شبکه عصبی را برای بررسی اثر بیوچار و کمپوست بر گیاه پالایی خاک‌های آلوده مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با اضافه نمودن ۰/۸ درصد کمپوست و ۰/۵۲ درصد بیوچار میزان روی و کروم خاک افزایش یافت.

با توجه به مطالب فوق و اهمیت توجه به آلودگی اراضی ناشی از فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی (که بخش زیادی از اراضی شمال کشور را به‌دلیل مصرف بالای نیتروژن شامل می‌شود) و با توجه به خصوصیات ژنتیکی ماش (گیاه لگو با درصد بالای نیتروژن در اندام‌ها)، تحقیق حاضر با هدف استفاده از گیاه‌پالایی و مطالعه تأثیر کمپوست بر توانایی گیاه‌پالایی نیترات توسط گیاه ماش انجام شد.

روش شناسی پژوهش

تجزیه نمونه های خاک و گیاه: خاک استفاده شده در این تحقیق از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس تهیه شد که از عمق ۰-۳۰ سانتی متر تهیه و مخلوط گردید و سپس در گلدان ها ریخته شد. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک قبل از انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. قبل از شروع آزمایش، نمونه های خاک و گیاه ابتدا هوا خشک و سپس صفات نیترات و شوری اندازه گیری شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد بررسی

Depth (سانتی متر)	EC (دسی زیمنس بر متر)	pH	NO ₃ ⁻¹ (میلی گرم بر لیتر)	θ _s (درصد)	ρ _b (گرم بر سانتی متر مکعب)	N (درصد)	Sand (درصد)	Silt (درصد)	Clay (درصد)	θ _{fc} (درصد)	θ _{pwp} (درصد)
۰-۳۰	۰/۱۷۵	۶/۱۱	۸/۵۲	۲/۲۷	۱/۱۵	۰/۴۴	۲۲/۲	۷۲	۵/۸	۰/۲۲	۰/۰۸

انجام آزمایش: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی با دو تکرار در سال ۱۳۹۷ در گلخانه دانشگاه گنبد کاووس اجرا شد. عامل های مورد بررسی شامل ترکیب نیترات+کمپوست در ۷ سطح شامل مصرف نیترات با غلظت های ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر به تنهایی، نیترات با غلظت های ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر همراه با کمپوست و تیمار شاهد (خاک بدون کمپوست و نیترات) و عمق خاک در سه سطح شامل ۱۰-، ۲۰- و ۳۰- سانتی متر بود.

برای انجام آزمایش از گلدان های ۳ کیلوگرمی به ارتفاع ۳۰ سانتی متر استفاده شد و نمونه های خاک بعد از هوا خشک و مخلوط شدن در داخل گلدان ها ریخته شد. تعداد گلدان های مورد استفاده ۸۴ عدد بود که نیمی از آنها در مرحله غلاف دهی و نیمی دیگر در مرحله رسیدگی برداشت شدند. در تیمارهای خاک و کمپوست، مقدار کمپوست ۸ درصد وزن خاک هر گلدان در نظر گرفته شد. در داخل هر گلدان، پنج عدد بذر ماش رقم VC1973A به صورت دایره ای کاشته شد. آبیاری با فاصله پنج روز یکبار و به روش توزین هر گلدان صورت گرفت. برای سبز شدن یکنواخت در شرایط تنش و بدون تنش، چند آبیاری اول با آب شهری انجام شد. در مرحله چهار برگی، در هر گلدان دو بوته باقی گذاشته و بقیه تنک شد. شروع اعمال تیمارهای نیترات از ابتدای مرحله گل دهی گیاه بود. برای اعمال تنش نیترات از نمک نیترات پتاسیم استفاده شد. در دو مرحله غلاف دهی و رسیدگی نیترات و شوری خاک تحت تأثیر عمق خاک و ترکیب نیترات+کمپوست اندازه گیری شد. در این مراحل وزن تر و خشک اندام هوایی و همچنین غلظت نیترات و میزان شوری اندام های گیاه اندازه گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه ها در آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. هدایت الکتریکی با دستگاه EC متر و غلظت نیترات با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. تجزیه واریانس داده های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام و برای مقایسه میانگین ها از آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

یافته های پژوهش

نیترات و شوری خاک در دو مرحله غلاف دهی و رسیدگی تحت تأثیر عمق خاک و ترکیب نیترات+کمپوست: با توجه به جدول ۲، اثر عمق خاک و ترکیب نیترات+کمپوست بر صفات نیترات و شوری در مراحل غلاف دهی و رسیدگی در سطح یک درصد معنی دار است. اثر متقابل عمق خاک×ترکیب نیترات+کمپوست بر شوری در مرحله غلاف دهی در سطح پنج درصد و بر نیترات در مرحله غلاف دهی و شوری در مرحله غلاف دهی و برداشت در سطح یک درصد معنی دار بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس نیترات و شوری خاک تحت تأثیر عمق خاک و ترکیب نیترات+کمپوست

منابع تغییرات	درجه آزادی	شوری در مرحله غلاف‌دهی	نیترات در مرحله غلاف‌دهی	شوری در مرحله برداشت	نیترات در مرحله رسیدگی
تکرار	۱	۲۰/۸۶*	۲/۴۱۹**	۴۶/۱۶**	۱/۱۵۷ ns
عمق خاک	۲	۹۰۹/۲**	۲۷/۲**	۸۶/۳۴**	۸/۰۴**
نیترات+کمپوست	۶	۸۵/۱۱**	۲۱/۷۷**	۶۱۵/۱**	۳۶/۷۸**
اثر متقابل D×NC	۱۲	۷/۹۴*	۰/۳۵**	۳۴/۲۵**	۳/۶۲**
خطای آزمایش Er	۲۰	۲/۹۳	۰/۰۹	۵/۵۹	۰/۶۴
ضریب تغییرات CV (%)	-	۱۱/۰۷	۵/۶۲	۳/۷۷	۸/۳۸

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

غلظت نیترات خاک: با توجه به نتایج جدول ۳، بیشترین غلظت نیترات خاک در مرحله غلاف‌دهی در تیمار کمپوست+نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و عمق ۱۰-۰ سانتی متری خاک (Scn3) مشاهده شد. زیاد بودن نیترات در این تیمار را می‌توان به دلیل مصرف زیاد نیترات و همچنین فاصله زمانی کم مصرف تا زمان اندازه‌گیری ذکر کرد. کمترین مقدار هم از تیمار کنترل و عمق ۲۰-۱۰ سانتی متر به دست آمد که با سه تیمار تفاوت معنی‌دار نشان نداد. در این تیمار نیترات مصرف نشد و نیترات مصرفی هم کمتر به عمق نفوذ کرد.

در مرحله رسیدگی، میزان نیترات در تیمار کمپوست+نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و عمق ۱۰-۰ سانتی متری خاک (Scn3) با ۱۷/۶۹ میلی گرم بر لیتر حداکثر بود. کمترین مقدار نیز با ۶/۴۱ میلی گرم بر لیتر در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متری خاک و هنگام استفاده از کمپوست+آبیاری با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نیترات مشاهده شد که با ۷ تیمار تفاوت معنی‌دار نشان نداد.

جدول ۳- مقایسه میانگین نیترات و شوری در مراحل غلاف‌دهی و برداشت تحت تأثیر ترکیب نیترات و کمپوست در اعماق خاک

ترکیب نیترات و کمپوست	عمق خاک (سانتی متر)	نیترات در مرحله غلاف‌دهی (میلی گرم بر لیتر)	نیترات در مرحله رسیدگی (میلی گرم بر لیتر)	شوری در مرحله غلاف‌دهی (میکروموس بر سانتی متر)	شوری در مرحله رسیدگی (میکروموس بر سانتی متر)
control	۰-۱۰	۳/۹۸ ^{kl}	۱۰/۸۸ ^{cde}	۷۵/۸ ^l	۶۸/۳۵ ^d
Sn1	۰-۱۰	۷/۲۶ ^{ghi}	۷/۷۶ ^{h-k}	۸۵/۹۵ ^{fgh}	۸۳/۸۴ ^c
Sn2	۰-۱۰	۱۴/۵۱ ^c	۷/۸۲ ^{h-k}	۹۳/۴ ^{def}	۹۳/۱۲ ^b
Sn3	۰-۱۰	۲۱/۵۳ ^b	۸/۴۹ ^{g-j}	۹۹/۷۵ ^{cde}	۱۰۲/۶ ^a
Scn1	۰-۱۰	۸/۵۰ ^{efg}	۷/۱۹ ^{jk}	۱۰۳/۶ ^c	۸۱/۱ ^c
Scn2	۰-۱۰	۲۳/۳۲ ^b	۱۲/۴۴ ^{bc}	۱۱۹/۵ ^{ab}	۱۰۳/۲ ^a
Scn3	۰-۱۰	۳۰/۳۳ ^a	۱۷/۶۹ ^a	۱۲۶/۶ ^a	۱۰۶/۱ ^a
control	۱۰-۲۰	۳/۱۴ ^l	۹/۳ ^{efgh}	۳۹/۱۱	۳۹/۵ ^j
Sn1	۱۰-۲۰	۴/۹۴ ^{kl}	۷/۳ ^{ijk}	۳۸/۹۵ ^l	۴۴/۹ ^{hij}
Sn2	۱۰-۲۰	۶/۹۸ ^{g-j}	۸/۲۹ ^{g-j}	۴۵ ^l	۵۴/۱ ^{efg}
Sn3	۱۰-۲۰	۸/۳۱ ^{fgh}	۱۰/۴۹ ^{def}	۵۵/۲۵ ^k	۵۵/۸ ^{ef}
Scn1	۱۰-۲۰	۵/۷۹ ^{ijk}	۷/۷ ^{h-k}	۷۷/۷ ^{hij}	۴۹ ^{gh}
Scn2	۱۰-۲۰	۸/۰۲ ^{gh}	۱۰/۲۳ ^{def}	۹۳/۶ ^{def}	۵۷/۹ ^{ef}
Scn3	۱۰-۲۰	۱۰/۸۳ ^d	۱۳/۷۳ ^b	۱۰۱/۸۵ ^{cd}	۵۸/۷ ^e
control	۱۰-۲۰	۳/۵۷ ^l	۸/۹ ^{f-i}	۷۰/۲۵ ^j	۲۶/۷ ^k
Sn1	۱۰-۲۰	۶/۲۶ ^{hij}	۷/۲۱ ^{ijk}	۸۴/۱۰ ^{ghi}	۴۰/۵ ^{ij}
Sn2	۱۰-۲۰	۸/۶ ^{def}	۷/۷۶ ^{h-k}	۸۹/۸۲ ^f	۴۵/۵ ^{hi}
Sn3	۱۰-۲۰	۱۰/۲۸ ^{def}	۹/۹۴ ^{d-g}	۹۳/۷ ^{gfe}	۵۲/۸ ^f
Scn1	۱۰-۲۰	۷/۴۲ ^{ghi}	۶/۴۱ ^k	۱۰۱/۲۵ ^{cde}	۴۶/۲۵ ^h
Scn2	۲۰-۳۰	۱۰/۵۲ ^{de}	۹/۸۸ ^{f-e}	۱۱۴/۱۵ ^b	۵۲/۹ ^f
Scn3	۲۰-۳۰	۱۶/۲۶ ^c	۱۱/۳۶ ^{cd}	۱۲۰/۷۵ ^{ab}	۵۴/۱ ^e
LSD5%	-	۲/۱۳	۱/۷	۸/۸۹	۵/۷

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار می‌باشد. control, Sn1, Sn2, Sn3, Sn2, Sn1 و Sn3: به ترتیب بیانگر تیمار شاهد، نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کمپوست+نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر.

میزان شوری خاک: با توجه به نتایج جدول ۳، بیشترین غلظت نیترات خاک در مرحله غلاف‌دهی در تیمار کمپوست+نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و عمق ۱۰-۰ سانتی متری خاک (Scn3) مشاهده شد. زیاد بودن نیترات در این تیمار را می‌توان به دلیل مصرف زیاد نیترات و همچنین فاصله زمانی کم مصرف تا زمان اندازه‌گیری ذکر کرد. کمترین مقدار هم از تیمار کنترل و عمق

۲۰-۱۰ به دست آمد که با سه تیمار تفاوت معنی دار نشان نداد. در این تیمار نیترات مصرف نشد و نیترات مصرفی هم کمتر به عمق نفوذ کرد.

در مرحله رسیدگی، میزان نیترات در تیمار کمپوست+نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر و عمق ۱۰-۰ سانتی متری خاک (Scn3) با ۱۷/۶۹ میلی گرم بر لیتر حداکثر بود. کمترین مقدار نیز با ۶/۴۱ میلی گرم بر لیتر در عمق ۳۰-۲۰ سانتی متری خاک و هنگام استفاده از کمپوست+آبیاری با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نیترات مشاهده شد که با ۷ تیمار تفاوت معنی دار نشان نداد. **نیترات، شوری، وزن تر و خشک گیاه ماش در دو مرحله غلاف دهی و رسیدگی تحت تأثیر اندام گیاه و ترکیب نیترات+کمپوست:** با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۴)، صفات نیترات، شوری و وزن تر در مراحل غلاف دهی و برداشت در سطح یک درصد و وزن خشک در مراحل غلاف دهی و رسیدگی در سطح پنج درصد تحت تأثیر اندام گیاه قرار گرفت. اثر ترکیب نیترات+کمپوست بر صفات نیترات و شوری در مراحل غلاف دهی و برداشت در سطح یک درصد و بر وزن تر در مرحله غلاف دهی در سطح پنج درصد معنی دار شد. صفات دیگر تحت تأثیر ترکیب نیترات+کمپوست قرار نگرفتند. اثر متقابل تیمار×اندام بر صفات نیترات و شوری در مراحل غلاف دهی و برداشت در سطح یک درصد معنی دار شد اما صفات دیگر تحت تأثیر قرار نگرفتند. **جدول ۴- تجزیه واریانس وزن تر، وزن خشک، نیترات و شوری ماش در دو مرحله غلاف دهی و رسیدگی تحت تأثیر اندام گیاه و ترکیب نیترات + کمپوست**

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر در مرحله غلاف دهی	وزن خشک در مرحله غلاف دهی	وزن تر در مرحله برداشت	وزن خشک در مرحله برداشت	نیترات در مرحله غلاف دهی	نیترات در مرحله برداشت	شوری در مرحله غلاف دهی	شوری در مرحله برداشت
تکرار	۱	۰/۰۰۸	۰/۲۶*	۰/۳۸NS	۰/۲۲*	۰/۱۵۴NS	۲/۲۵NS	۱۶۸/۶**	۴۸/۸۵**
اندام گیاه	۲	۱۴/۹۶**	۰/۳۳*	۱۱/۶۷**	۰/۳۱*	۳۹۳/۱**	۱۲۷**	۵۴۳۴**	۵۵۱/۵**
نیترات+کمپوست (N+C)	۶	۰/۲۹*	۰/۰۳NS	۰/۱۱NS	۰/۰۲NS	۱۷۲/۶**	۵۶۲/۲**	۳۴۸۱**	۲۳۱۲**
PO×(N+C)	۱۲	۰/۱۸NS	۰/۰۴NS	۰/۰۶NS	۰/۰۸NS	۳۰/۶۵**	۸/۵۸**	۲۱۸۰**	۴۰/۶۳**
Error	۲۰	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۴	۱/۰۹	۰/۵۴	۱۰/۷۶	۱/۴۱
CV ضریب تغییرات (%)	-	۳۱/۴۲	۷۱/۱۱	۳۴/۳۸	۶۲/۶۸	۹/۹۷	۴/۵۸	3.77	۰/۹۸۵

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی

مقایسه میانگین وزن تر و خشک گیاه ماش در مرحله غلاف دهی و رسیدگی: با توجه به نتایج جدول ۵، برگ گیاه ماش دارای بیشترین وزن تر و خشک در مرحله غلاف دهی و برداشت را به ترتیب با ۲/۲۵۹، ۰/۴۵۴، ۲/۱۱ و ۰/۴۹ گرم داشت. وزن تر و خشک ریشه در مرحله غلاف دهی و برداشت به ترتیب ۰/۳۸۷، ۰/۲۰۷، ۰/۵ و ۰/۲۸ گرم بود. مقادیر صفت فوق در ساقه به ترتیب ۰/۵۶۳، ۰/۱۷۳، ۰/۵۵ و ۰/۲ گرم بود.

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن تر و خشک در مراحل غلاف دهی و برداشت تحت تأثیر اندام گیاه

اندام گیاه	وزن تر در مرحله غلاف دهی (g)	وزن خشک در مرحله غلاف دهی (g)	وزن تر در مرحله برداشت (g)	وزن خشک در مرحله برداشت (g)
ریشه	۰/۳۸۷ ^b	۰/۲۰۷ ^b	۰/۵ ^b	۰/۲۸ ^b
ساقه	۰/۵۶۳ ^b	۰/۱۷۳ ^b	۰/۵۵ ^b	۰/۲۰ ^b
برگ	۲/۲۵۹ ^a	۰/۴۵۴ ^a	۲/۱۱ ^a	۰/۴۹ ^a
LSD _{5%}	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۲۹	۰/۱۶

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار می باشد.

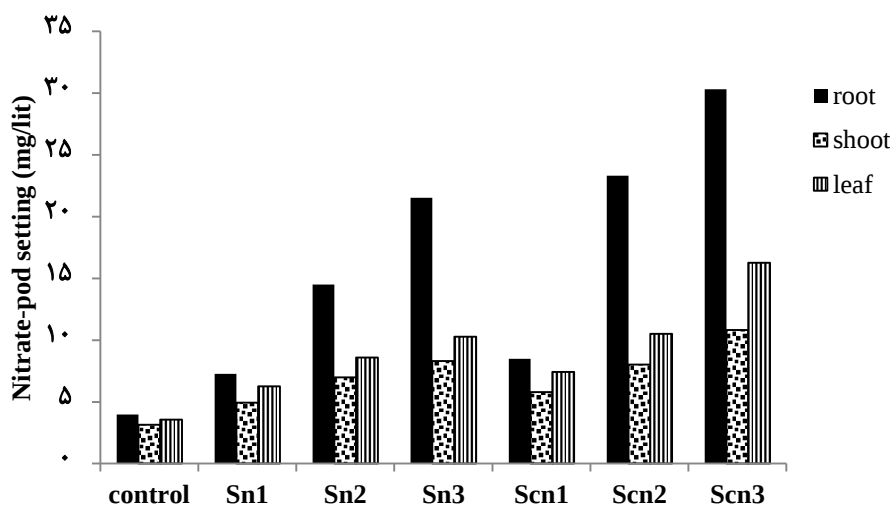
مقایسه میانگین وزن تر ماش در مرحله غلاف دهی تحت تأثیر ترکیب نیترات+کمپوست: در جدول ۶، اثر ساده ترکیب کمپوست+نیترات بر وزن تر ماش ارائه شده است. بیشترین وزن تر مربوط به تیمارهای کمپوست+غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نیترات، غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات، کمپوست+غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیترات، عدم مصرف نیترات و کمپوست و کمپوست+غلظت ۲۰ میلی گرم بر لیتر نیترات بود. کمترین وزن تر نیز مربوط به تیمارهای غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیترات، غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نیترات و کمپوست+غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیترات بود.

جدول ۶- مقایسه میانگین وزن تر ماش در مرحله غلاف‌دهی تحت تأثیر ترکیب نیترات+کمپوست

تیمار	وزن تر در مرحله غلاف‌دهی (گرم)
control	۱/۱۳ ^{ab}
Sn1	۰/۹۰ ^c
Sn2	۰/۷۱ ^c
Sn3	۱/۲۴ ^{ab}
Scn1	۱/۳۷ ^a
Scn2	۰/۹۸ ^{abc}
Scn3	۱/۱۴ ^{ab}
LSD _{5%}	۰/۴

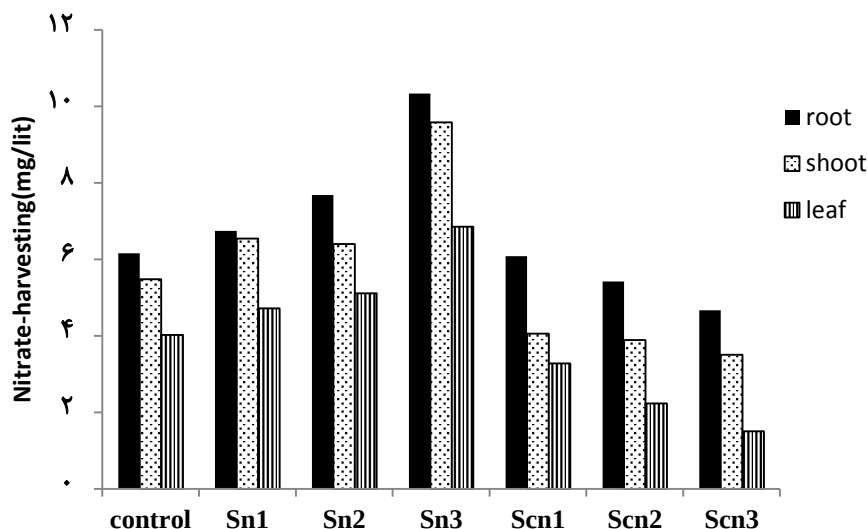
Control, Sn1, Sn2, Sn3, Scn1, Scn2 و Scn3: به ترتیب بیانگر تیمار شاهد، نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کمپوست+نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر.

میزان نیترات گیاه در مرحله غلاف‌دهی و رسیدگی: شکل ۱ غلظت نیترات در گیاه در مرحله غلاف‌دهی را تحت تأثیر اثر متقابل ترکیب نیترات+کمپوست و اندام گیاه نشان می‌دهد. بیشترین جذب نیترات با ۳۰/۳۲ میلی گرم بر لیتر توسط ریشه گیاه با مصرف کمپوست+نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. کمترین مقدار جذب نیترات با ۳/۱۴ میلی گرم بر لیتر توسط ساقه با عدم مصرف کمپوست و نیترات حاصل شد. بررسی غلظت نیترات در اندام‌های گیاه نشان داد که ریشه نسبت به دو اندام دیگر توانایی بیشتری در ذخیره آن دارد و با افزودن کمپوست به نیترات، تجمع نیترات در همه اندام‌ها افزایش می‌یابد. در مرحله غلاف‌دهی، غلظت نیترات جذب شده در غلظت‌های ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر و مصرف کمپوست به ترتیب ۸/۵۰، ۲۳/۳۲، ۳۰/۳۳ توسط ریشه، ۵/۷۹، ۸/۰۲، ۱۰/۸۳ توسط ساقه و ۷/۴۳، ۱۰/۵۲، ۱۶/۲۷ میلی گرم بر لیتر توسط برگ بود.

شکل ۱- مقایسه غلظت نیترات در مرحله غلاف‌دهی تحت تأثیر ترکیب کمپوست+نیترات × اندام گیاه (LSD_{5%}: 2.13)

control, Sn1, Sn2, Sn3, Scn1, Scn2 و Scn3: به ترتیب بیانگر تیمار شاهد، نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کمپوست+نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر.

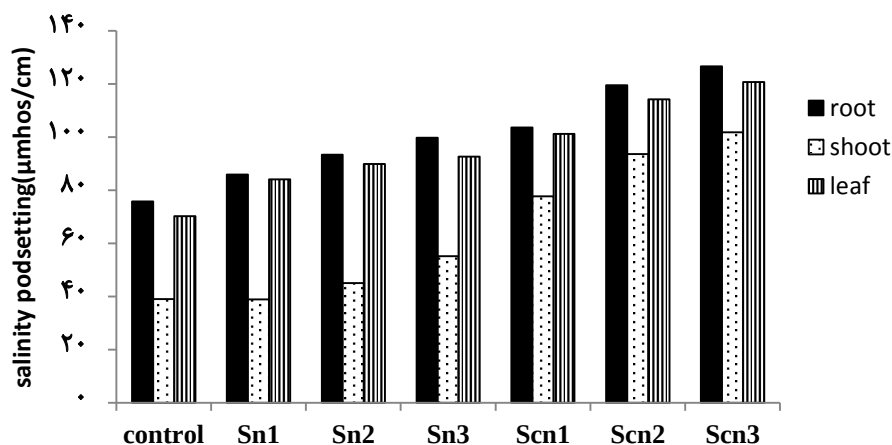
با توجه به شکل ۲، میزان نیترات جذب شده در مرحله برداشت در ریشه با مصرف نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر بیش از تیمارهای دیگر بود. افزایش مصرف نیترات باعث افزایش میزان جذب نیترات شد. افزودن کمپوست به نیترات، میزان نیترات جذب شده توسط اندام‌های گیاه را کاهش داد. در غلظت‌های بالای نیترات، اثر کمپوست بر کاهش جذب نیترات توسط گیاه ماش مشهودتر بود.



شکل ۲- مقایسه غلظت نیترات در مرحله برداشت تحت تأثیر ترکیب کمپوست+ نیترات× اندام گیاه (LSD5%: 0.94)

control, Sn1, Sn2, Sn3, Scn1, Scn2 و Scn3: به ترتیب بیانگر تیمار شاهد، نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کمپوست+نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر.

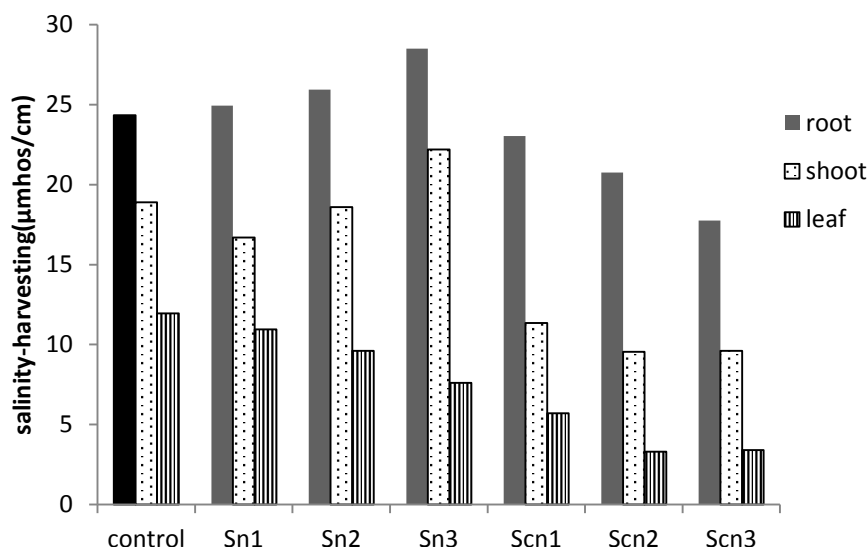
میزان شوری گیاه در مرحله غلاف دهی و رسیدگی: بیشترین میزان شوری در مرحله غلاف دهی با ۱۲۶/۵۵ میکروموس بر سانتی متر مربوط به ریشه همراه با آبیاری با ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات و مصرف کمپوست بود. کمترین مقدار با ۳۸/۹ میکروموس بر سانتی متر مربوط به ساقه گیاه و عدم مصرف نیترات و کمپوست (شاهد) و آبیاری با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر نیترات بود (شکل ۳). با توجه به نتایج، مصرف کمپوست تأثیر زیادی بر جذب نیترات داشت. این تأثیر بر ریشه بیش از برگ و ساقه بود. تجمع شوری در ساقه کمتر از اندام های دیگر بود.



شکل ۳- مقایسه غلظت شوری در مرحله غلاف دهی تحت تأثیر ترکیب کمپوست+ نیترات× اندام گیاه (LSD5%: 8.9)

control, Sn1, Sn2, Sn3, Scn1, Scn2 و Scn3: به ترتیب بیانگر تیمار شاهد، نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کمپوست+نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر.

در مرحله رسیدگی، بیشترین میزان شوری مربوط به ریشه گیاه و آبیاری با غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیترات بود. کمترین مقدار نیز مربوط به برگ گیاه و استفاده از کمپوست و آبیاری با غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیترات بود (شکل ۴). مصرف کمپوست میزان شوری در هر سه اندام را کاهش داد.



شکل ۴- مقایسه غلظت شوری در مرحله برداشت تحت تأثیر ترکیب کمپوست + نیترات × اندام گیاه (LSD5%: 4.04)

control, Sn1, Sn2, Sn3, Scn1, Scn2, و Scn3: به ترتیب بیانگر تیمار شاهد، نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰، و ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کمپوست + نیترات با غلظت ۱۰، ۳۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر.

نتیجه گیری

با افزایش کمپوست، زی توده میکروبی خاک افزایش می یابد. کاربرد کمپوست با افزایش محتوای نیتروژن در گیاهان رنگدانه های فتوسنتزی را افزایش داده در نتیجه آن سرسبزی، ظرفیت جذب روشنائی تولید مواد فتوسنتزی و سرانجام رشد گیاه و عملکرد بیشتر می شود. با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین جذب نیترات در مرحله غلاف دهی و رسیدگی توسط ریشه گیاه ماش با مقدار ۳۰/۳۳ و ۱۰/۳۳ میلی گرم بر لیتر، کمترین مقدار در مرحله غلاف دهی مربوط به ساقه گیاه با غلظت ۳/۱۴ و در مرحله رسیدگی کمترین غلظت نیترات در برگ گیاه ماش برابر ۱/۵ میلی گرم بر لیتر بود. بیشترین وزن تر گیاه در مرحله غلاف دهی و رسیدگی مربوط به ریشه گیاه به ترتیب برابر ۳۶/۹۷ و ۱۷/۶۹ گرم (استفاده از کمپوست و آبیاری با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) بوده است. کمترین وزن تر گیاه در مرحله غلاف دهی توسط ساقه گیاه برابر ۴/۸۷ گرم (تیمار کنترل) و در مرحله رسیدگی ۶/۴۱ توسط برگ (استفاده از کمپوست و آبیاری با غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) بوده است. بیشترین وزن خشک گیاه ۱۰۳/۲ گرم توسط ریشه گیاه (آبیاری با ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات) و کمترین وزن خشک گیاه برابر ۲۶/۷ گرم توسط برگ گیاه (تیمار کنترل) می باشد.

نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد کمپوست می تواند جایگزین کود شیمیایی در گیاه ماش شود. به دلیل اهمیت تجمع نیترات در ماش با توجه به نتایج به دست آمده، برای دستیابی به عملکرد مناسب با مقدار نیترات بسیار کم در گیاه و کاربرد کمتر کود شیمیایی استفاده از کود کمپوست پیشنهاد می شود.

References

- Agricultural Statistics. 2016., General Directorate of Statistics and Information, Deputy for Planning and Budget, Ministry of Agricultural Jihad.
- Adriano, D.C., 2001. Trace elements in terrestrial environments; Biochemistry, bioavailability and risks of metals. 2nd Edition, Springer, New York, 867 p.
- Amirinejad, A., Bahrami, M., Ghobadi, M., 2018. The effect of Alkalinity Stress, Salicylic Acid and Soil Type on Mung Bean Growth Parameters (*Vigna radiata* Wilczek). Water and Soil Research 49(5), 1083-1093.
- Beesley, L., Marmiroli, M., 2011. The Immobilization and Retention of Soluble Arsenic, Cadmium and Zinc by Biochar. Environmental Pollution 159(2), 474-480.
- Bohn, H.L., McNeal, B.L., OConnor, G.A., 1985. Soil Chemistry. 2nd edition. Wiley, New York.

- Clemente, R., Walker, D.J., Pardo, T., Martínez-Fernández, D., Bernal, M.P., 2012. The use of a halophytic plant species and organic amendments for the remediation of a trace elements contaminated soil under semi-arid conditions. *Hazardous Materials* 223, 63-71.
- Cunningham, S.D., Berti, W. R., Huang, J. W., 1995. Phytoremediation of contaminated soils. *Trends in Biotechnology* 13(9), 393-397.
- Doan, T.T., Thierry, H.D.T., Rumpel, C., Janeau, J.L., Jouquet, P., 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in northern Vietnam: a three-year mesocosm experiment. *Science Total Environment* 514, 147-154.
- Ghavami, F., Rezaei, A., 2007. Study of the diversity and correlation of morphological and phenological characteristics in mung bean at different planting dates. *Iranian Agricultural Sciences* 31(1), 147-158. (In Persian)
- Gee, G.W., Bauder, J.W. 1994. Particle-size analysis. In Klute A (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 3rd Ed. SSSA and ASA, Madison, 377-382.
- Ibrahim, R., Al-Wable, M.L., Nadeem, M., Ok, Y.S., Al-omran A., 2017. Effects of conocarpas biochar on hydranlic properties of calcacous sandy soil. influence of particle size and application depth. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(2), 185-197.
- Lasat, M.M., 2002. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. *Environmental Quality* 31, 109-120.
- Mackie, K.A., Marhan, S., Ditterich, F., Schmidt, H.P., Kandeler, E., 2015. The effects of biochar and compost amendments on copper immobilization and soil microorganisms in a temperate vineyard. *Agriculture Ecosystem Environment* 201, 58-69.
- Marschner, H., Kirkby, E.A., Cakmak, I., 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot—root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Experimental Botany* 47, 1255-1263
- Maynard, D.N, Barker, A.V., Minolti, P.L., 1976. Nitrate Accumulation in Vegetables. *Advancement Agronomy* 28, 71-118.
- Moameri, M., Jafaree, M., Taveelee, A., Motashare Zadeh, B., Zarechahooke, M.A., 2015. Assessing the potential of rangeland plants for plant and soil treatment of lead and zinc contaminated soils (Case study: rangeland lands around Zanjan lead and zinc company. *Rangeland* 9(1), 29-42.
- Mobaser, H. R., and Mousavi Nick, M., 2010. *Legumes Crops*. 1st Edition, Islamic Azad University of Zahedan Publishers, pp. 65-67.
- Peyvast Gh., Abbassi, M. 2006. Effect of commercial compost on yield and nitrate content of Chinese cabbage. *Hort. Environ. Biotech* 47(3), 123-125.
- Peyvast, GH., Olfati, J.A., Ramezani-Kharazi, P., Tahernia, S., Shabani, H., 2008. Effect of organic fertilizers on nitrate accumulation by vegetable. *Korean Soc. for Horticulture Science* 1, 58-62.
- Rees, F., Simonnot, M.O., Morel, J.L., 2014. Short-term effects of biochar on soil heavy metal mobility are controlled by intra-particle diffusion and soil pH increase. *European Soil Science*, 65(1), 149-161.
- Roohi, R., Jafari, M., Jahantab, E., Saffari Amand, M., Moamerie, M., Zare, S., 2019. Application of artificial neural network model for the identification the effect of municipal waste compost and biochar on phytoremediation of contaminated soils *Geochemical Exploration*.
- Saba, G., Parizanganeh, A.H., Zamani, A., Saba, J., 2015. PhytoremeDiation of heavy metals in contaminated environments: Screening for native accumulator plants in Zanjan-Iran. *Environmental Research* 9(1), 309-16.
- Samih, M.A., Taleb, R.A., Alzu`bi, Y.A., Ammari, T., Tahboub, A.B., 2010. Nitrate accumulation in spinach (*Spinacia oleracea* L.) tissues under different fertilization regimes. *Food Agriculture Environment* 8(2), 778-780.
- Shuman, L.M., Dudka, S., and Das, K., 2002. Cadmium forms and plant availability in compostamended soil. *Commun Soil Science Plant Analyzis* 33(5-6), 737-748.
- Thomas, S.C., Frye, S., Gale, N., Garmon, M., Launchbury, R., Machado, N., Melamed, S., Murray, J., Petroff, A., Winsborough, C., 2013. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *Environmental Management* 129, 62-68.

- Vimala, P., Melor, R., Ahmad Shokri, O., Balasubramaniam, P., 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, yield and nutrient content of bird chilli (*Capsicum frutescence*). Tropical Agriculture Food Science 35(1), 29-40.
- Vimala, P., Mohamad Roff, M.N., Ahmad Shokri, O., and Lim, A.H., 2010. Effect of organic fertilizer on the yield and nutrient content of leaf-mustard (*Brassica juncea*) organically grown under shelter. Tropical Agriculture and Food Science 38(2), 153-160.
- Xu, G., Zhang, Y., Sun, J., Shao, H., 2016. Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. Science Total Environment 568, 910-915.