

The Effect of Using of The Two Types of Agricultural and Marine Waste Biochar on Some Characteristics of a Sandy Soil

R. Moshtagh¹, N. Moradi^{2*}, H. Gholami³

1. MSc Graduate of Desert Control Management, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
 2. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
 3. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Natural Resources and Agriculture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
- * Corresponding Author: nvz.moradi@hormozgan.ac.ir

Received date: 14/10/2022

Accepted date: 24/12/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.563479.1398](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.563479.1398)

Abstract

The abundance of agricultural waste and fishing is one of the environmental issues in various regions. Converting these wastes to biochar and using them in the soil is a way to enhance diverse ecosystems and plays a vital role in environmental sustainability. In the present study, the effect of shrimp (*Fenneropenaeus merguensis*) and eggplant (*Solanum melongena*) biochar suspension on certain chemical characteristics of sandy soil was investigated. For this purpose, samples of sandy soil from the agricultural lands around Bandar Abbas were collected intact in PVC columns with a height of 25, and diameter of 20 cm. Then the prepared suspension of shrimp and eggplant biochar was added to the soil in a completely random design in three concentrations of 0, 4, and 8 g/l in three replications. After adding the different soil treatments into columns, they were incubated for 100 days at a humidity range of field capacity and 50% of it was kept in nursery condition. Next, some soil chemical properties including of pH, EC, N, K, Ca, Mg, and Na were measured. Statistical analysis and comparison of means at $P < 0.05$ between various treatments were performed using a one-way analysis of variance and the Duncan's test in SPSS16. The results of ANOVA showed that the application of both types of biochar had a significant effect on the chemical properties of sandy soil, so that the application of shrimp and eggplant waste biochar caused a significant increase in the amount of K, N, and pH, and a decrease in EC, Na, and Ca compared to the control treatment. The maximum value of K was related to the concentration of 8 g/l of shrimp and eggplant biochar and the maximum value of N was obtained by applying 8 g/l of shrimp biochar. In addition, the increase in the concentration of the two types of biochar indicates an increase in K and N values. The lowest CE value was obtained by applying 8 g/l of eggplant biochar. Based on the results obtained, shrimp and eggplant biochar waste are suggested in the sand soil amendment.

Keywords: Eggplant; Shrimp; Suspension; Chemical properties; Biochar





تأثیر کاربرد دو نوع بیوچار ضایعات کشاورزی و دریایی بر برخی ویژگی‌های خاک شنی

رضوان مشتاق^۱، نوازله مرادی^{۲*}، حمید غلامی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲. استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳. دانشیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

* نویسنده مسئول: nvz.moradi@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

doi: [10.22034/JDMAL.2022.563479.1398](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.563479.1398)

چکیده

فراوانی ضایعات محصولات کشاورزی و شیلاتی یکی از معضله‌های محیط‌زیستی در مناطق مختلف است. تبدیل این ضایعات به بیوچار و کاربرد آنها در خاک یکی از روش‌های بهبود زیست بوم‌های مختلف و نقش مهمی در پایداری آنها دارد. در پژوهش حاضر تأثیر تعلیقه (سوسپانسیون) بیوچار میگو و بادمجان بر برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک شنی مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور نمونه‌های خاک با بافت شنی از اراضی کشاورزی اطراف بندرعباس به صورت دست نخورده در ستون‌هایی از جنس پلیکا به ترتیب با ارتفاع و قطر ۲۵ و ۲۰ cm جمع‌آوری شد. سپس تعلیقه‌های تهیه شده از بیوچار میگو (*Fenneropenaeus merguensis*) و بادمجان (*Solanum melongena*) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه غلظت ۰، ۴ و ۸ g/l در سه تکرار به خاک اضافه و به مدت ۱۰۰ روز در شرایط رطوبتی ظرفیت زراعی و ۵۰٪ آن در نهالستان نگهداری شد. در ادامه، ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل pH، EC، N، K، Ca، Mg و Na اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری و مقایسه میانگین داده‌ها در سطح ۵٪ بین تیمارهای مختلف بر اساس تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن انجام شد. نتایج نشان دهنده تأثیر معنی‌دار بیوچار میگو و بادمجان بر ویژگی‌های شیمیایی خاک شنی است. کاربرد بیوچار ضایعات میگو و بادمجان موجب افزایش معنی‌دار مقدار N، K، pH و کاهش EC، Ca و Na نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین مقدار K مربوط به غلظت ۸ g/l بیوچار میگو و بادمجان و بیشترین مقدار N نیز مربوط به تیمار ۸ g/l بیوچار میگو بود. افزایش غلظت هر دو نوع بیوچار روند افزایشی در مقدار K و N نشان داده است. کمترین مقدار EC هم مربوط به غلظت ۸ g/l بیوچار بادمجان بود. با توجه به نتایج به دست آمده کاربرد بیوچار ضایعات میگو و بادمجان در اصلاح خاک شنی پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: بادمجان؛ میگو؛ تعلیقه؛ ویژگی‌های شیمیایی؛ ضایعات



■ مقدمه

فعالیت‌های انسانی در نواحی شهری و روستایی و افزایش جمعیت و تغییر سبک زندگی نوین و استانداردهای ناشی از توسعه اقتصادی و افزایش شهرنشینی سبب افزایش تصاعدی سرعت تولید پسماندها می‌شود (۴، ۳۴). از طرفی مدیریت نامناسب بقایای گیاهی نظیر سوزاندن کاه و کلش و بقایای آلی، باعث کاهش مواد آلی خاک و بی‌نصیب شدن از اثرگذاری مثبت مواد آلی می‌شود (۳۷، ۱۵). عوارض نامطلوب و مشکلات محیط زیستی فراوانی ایجاد می‌کند. افزودن مواد زائد جامد آلی نابالغ و ناپایدار به خاک منجر به بی‌حرکتی و عدم تعادل مواد مغذی لازم برای گیاهان و مهار رشد گیاه می‌شود (۱۹، ۳۶). استفاده از فناوری‌های بیوشیمیایی مناسب یکی از راه‌ها جهت بازیابی مواد مغذی مورد استفاده گیاهان در مزارع کشاورزی است (۳۴، ۱۰). در سال‌های اخیر استفاده از مواد زائد به‌عنوان اصلاح‌کننده‌های خاک با هدف دو منظوره کاربردهای زراعی و پروژه‌های احیای خاک لحاظ می‌شود. بر این اساس، اجرای یک استراتژی مدیریتی مناسب و سازگار با محیط‌زیست برای پسماندهای جامد به‌عنوان یک نیاز فوری جهت کاهش فشار بر محیط‌زیست در سراسر جهان شناخته می‌شود (۲۶). از راهکارهای استفاده از این بقایا اعمال فرآیند پیرولیز مواد آلی و تبدیل آنها به بیوپچار یا کاربرد کمپوست به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار (۹) برای بازگرداندن کربن و نیتروژن آلی به خاک و بهبود شرایط خاک (۵) به‌عنوان راهی مؤثر برای مدیریت ضایعات است (۲۰). در سال‌های اخیر بررسی‌های زیادی در ارتباط با تأثیر بیوپچار بر رشد گیاهان انجام شده و گسترش کشاورزی ارگانیک از یک‌سو و آلودگی‌های جوی از طرف دیگر باعث شده تا استفاده از آن در سطح جهان گسترش یابد (۳). به همین منظور با توجه به شرایط، استفاده از بیوپچار به‌عنوان یک اصلاح‌کننده جهت تأمین مواد آلی و بهبود ویژگی‌های خاک و محیط رشد گیاه در اراضی کشاورزی می‌تواند رونق زیادی پیدا کند (۲۵). قابلیت این ماده برای افزایش عملکرد خاک‌های کشاورزی غالباً وابسته به ویژگی‌های شیمیایی آن است که خود نیز تابعی از کیفیت مواد خام، دمای محیط در زمان

تولید، مکانیسم و چگونگی اکسیژن‌رسانی و نیز کیفیت مواد اصلاحی به کار گرفته در خاک است (۲۳). کاربرد بیوپچار می‌تواند به عنوان منبعی مستقیم برای عناصر K، Ca و P و فراهمی عناصر غذایی بر اثر افزودن بیوپچار به خاک شود و می‌تواند pH و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش دهد (۱۱، ۱۸). استفاده از سطوح مختلف بیوپچار اصلاح‌شده باگاس نیشکر (*Saccharum officinarum L.*) و زئولیت پتاسیمی بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نشان داد که اثر دو سطح ۲ و ۵ گرم بیوپچار بر کیلوگرم خاک در سطح ۹۵٪ بر تخلخل کل، رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی، کربن آلی، P قابل جذب، N کل، EC، جرم مخصوص ظاهری و pH خاک معنی‌دار بوده است (۳۲، ۱۵). در پژوهش دیگر افزودن بقایای یونجه (*Medicago sativa L.*) و دو نوع بیوپچار تولیدی از یاگاس نیشکر و پوست گردو (*Juglans regia L.*) به تنهایی و ترکیبی با گچ و سولفات آلومینیم مورد استفاده شده و نتایج نشان داده که استفاده از بقایای آلی سبب کاهش مقدار pH و افزایش EC شده است (۲۶). کاربرد بیوپچار ضایعات خرده چوب نراد به صورت اسیدی و ساده در سطوح ۲/۵ و ۵٪ به خاک با بافت لوم رسی سبب کاهش EC، نسبت جذب سدیم، میزان Na، Ca و K محلول خاک یک خاک شور سدیمی شده است (۲۹). کاربرد ضایعات میگو و ماهی بر مقدار روغن گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) اثر مثبت نشان داده و استفاده آنها به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی پیشنهاد شده است (۳۱). با توجه به بررسی‌های انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که تولید و مصرف بیوپچار پتانسیل زیادی در مدیریت ضایعات گیاهی و حیوانی داشته است. همچنین با افزودن مواد اصلاحی آلی به خاک قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی و ظرفیت تولید اراضی داری محدودیت را افزایش پیدا کرده است. از طرفی قابلیت دسترسی به مواد غذایی و بهبود شرایط رشد گیاه می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر پایداری خاک و جلوگیری از تخریب (۲۲) و فرسایش خاک داشته باشد. بنابراین انجام پژوهش حاضر از این جهت اهمیت داشت که کشت گیاه بادمجان (*Solanum melongena L.*) در سطح وسیعی از اراضی استان هرمزگان ضایعات بدون

در کوره الکتریکی در دمای 450°C به مدت سه ساعت قرار گرفت. علت انتخاب دمای 450°C به این دلیل بوده که بر اساس نتایج پژوهشگران محدوده دمایی تولید بیوچار بین دمای 300°C تا 750°C است و در دمای کمتر از 300°C تبدیل تمامی ضایعات مواد آلی به بیوچار انجام نمی‌شود و در دمای بالاتر از 750°C هم عملکرد بیوچار کم می‌شود (۲۱). از آن جا که اندازه ذرات بیوچار در ویژگی‌های خاک اثر گذار است (۳۲)، با توجه به هدف اولیه طرح، بیوچار تولیدی به وسیله آسیاب برقی، آسیاب و از الک $0/25\text{mm}$ عبور داده شد.

اعمال تیمارها

برای اعمال تیمار، از بیوچارهای عبور داده شده از الک $0/25\text{mm}$ تعلیقه‌هایی با غلظت ۴ و 8g/l در لیتر بیوچار با آب مقطر تهیه شده و برحسب وزن مخصوص ظاهری و مقدار تخلخل خاک به هر ستون خاک در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه غلظت ۴، 8g/l در سه تکرار اضافه شد و به مدت ۱۰۰ روز در رطوبت بین ظرفیت زراعی تا حدود ۵۰٪ ظرفیت زراعی در نهالستان نگهداری شد. تیمارها به مدت یک ماه با پلاستیک پوشانده شدند تا تبخیر از سطح گلدان کم و شرایط رطوبتی برای واکنش پذیری ماده اصلاحی با ذرات خاک وجود داشته باشد و اثرگذاری بیوچار با ذرات خاک بیشتر شود. بعد از اتمام دوره انکوباسیون و نمونه‌برداری از خاک‌های تیمار شده بعد از هوا خشک شدن و کوبیدن از الک 2mm عبور داده شد و با عصاره گیری از گل اشباع ویژگی‌های pH، EC، N کل با استفاده از روش کجدال، Ca و Mg با روش تیتراسیون عصاره اشباع، K و Na با دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد (۲۸). برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده نرم‌افزار SPSS16 بر اساس تجزیه واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام شد.

استفاده فراوانی تولید کرده که در اغلب موارد سوزانده می‌شود. از طرفی وجود پوسته میگو به عنوان ضایعات شیلاتی مناطق بندری که حدود یک‌سوم از وزن میگو را تشکیل می‌دهد و غالباً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. بنابراین تبدیل این ضایعات به مواد قابل استفاده و اصلاح کننده خاک در این مناطق لازم به نظر می‌رسد. از آن جا که مطالعه‌ای در این زمینه صورت نگرفته در پژوهش حاضر کاربرد سوسپاسیون ضایعات بادمجان و میگو در خاک‌های دارای محدودیت در شرایط طبیعی و دست‌نخورده با هدف بررسی اثر این ترکیبات بر برخی پارامترهای شیمیایی یک خاک شنی مناطق خشک مورد استفاده قرار گرفت. امید است که یافته‌های این بررسی برای اصلاح خاک‌های مناطق خشک و بیابانی مورد توجه قرار گیرد.

■ مواد و روش

نمونه‌های مورد آزمایش

در پژوهش حاضر اثر بیوچار میگو (*Fenneropenaeus merguensis L.*) و بادمجان (*Solanum melongena L.*) بر روی نمونه‌های خاک دست نخورده با بافت شنی با مشخصات بیان شده در جدول ۱، که از اطراف بندرعباس جمع‌آوری شده مورد بررسی قرار گرفت. جهت نمونه‌برداری خاک، از لوله‌های پلیکای فشار قوی به ارتفاع ۲۵ و قطر ۲۰ cm که تا ارتفاع ۲۰ cm از خاک پر شده استفاده شد؛ و سپس نمونه‌های خاک تهیه شده به محل اعمال تیمارها در نهالستان باغو بندرعباس منتقل شد.

تهیه بیوچارهای مورد استفاده

ضایعات میگو و بوته‌های بادمجان جمع‌آوری شده از بازار ماهی‌فروشان و مزارع اطراف بندرعباس پس از شستشو و هوا خشک نمودن به قطعات ریز تبدیل نموده، سپس برای تولید بیوچار در شرایط با محدودیت اکسیژن

جدول ۱. نتایج تجزیه ویژگی‌های خاک نمونه شاهد

EC (ds/m)	pH	N (%)	K (mg/kg)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	BD (g/cm ³)	Texture
۳/۹۱۷	۸/۰۲۳	۰/۰۱۴	۱۳۰	۳۲/۰۳۳	۵/۵۳۳	۴/۵۳۳	۱/۴۹	شنی

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف آماری معنی‌دار (۰/۱) بین همه ویژگی‌های مورد ارزیابی تحت تأثیر تیمارهای مختلف بیوپچار (pH, EC, Ca, Mg, K, Na و N) نشان داده است (جدول ۲).

تأثیر بیوپچار بر میزان هدایت الکتریکی خاک

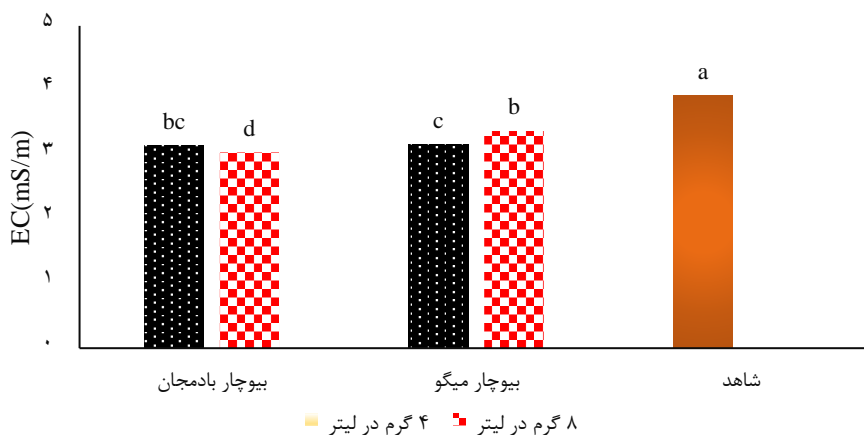
کاربرد غلظت‌های مختلف بیوپچار در همه تیمارها باعث کاهش هدایت الکتریکی (EC) شد (شکل ۱). از بین غلظت‌های مختلف مواد اصلاحی کمترین مقدار EC مربوط به تعلیقه با غلظت ۸g/l بیوپچار بادمجان به مقدار ۳/۰۳mS/cm بود که مقدار آن نسبت تیمار شاهد بدون هرگونه ماده اصلاحی ۲۲/۳٪ کاهش نشان داده است. این اثر کاهش در تمامی تیمارهای بیوپچار نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان داده است (شکل ۱). افزایش غلظت بین هر دو ماده اصلاحی بیوپچار میگو و بادمجان روند یکسانی نشان نداده است، به طوری که در بیوپچار بادمجان موجب کاهش و در بیوپچار میگو روند افزایشی EC نشان داد و بین غلظت‌های مختلف بیوپچار

میگو و بادمجان اختلاف معنی‌دار وجود داشت. کاهش EC در خاک مورد مطالعه به این دلیل است که کاربرد بیوپچار در خاک مربوطه با تشکیل خاکدانه‌های پایدار سبب بهبود توزیع اندازه منافذ خاک شده (۲۲). از آنجا که در پدیده انتقال املاح فرایندهای انتقال توده‌ای، پخشیدگی و انتشاری موثر است. عواملی مثل ویژگی‌های هندسی منافذ، شیب غلظتی محلول و تغییرات میکروسکوپی سرعت جریان در منافذ در انتقال املاح نقش داشته (۱) و کاربرد تعلیقه بیوپچار در ابتدای آزمایش به مقدار حجم منفذی ستون خاک و افزودن آب در دوره آزمایش موجب انحلال و انتقال نمک و کاهش شوری خاک شده است. در همین زمینه بررسی‌های انجام شده توسط برخی از محققان نشان داده که افزودن بیوپچار کمپوست مرغی به خاک در طول زمان دو سال موجب کاهش شوری خاک شده است (۱۶). در بررسی مشابه دیگر نیز استفاده از تعلیقه بیوپچار میگو و بادمجان در خاک شنی آلوده به فلز سنگین کادمیم در شرایط ستون خاک مقدار هدایت الکتریکی خاک کاهش داده است (۲).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس میانگین برخی ویژگی‌های شیمیایی تحت تأثیر بیوپچار میگو و بادمجان

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
Na	N	K	Ca	Mg	EC	pH		
۱/۱۵۷**	۰/۰۰۰۰۶**	۲۷۴/۲۶۷**	۲۸/۸۷۵**	۰/۹۵۴**	۰/۳۷۵**	۰/۰۷۹**	۴	تیمار
۰/۱۳۲	۰/۰۰۰۰۴**	۵/۵۳۳	۱/۲۵۳	۰/۱۱۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۱۰	خطا
۱۰/۳۸	۰/۰۲۳	۱/۶۱	۳/۹۲	۶/۴۲	۱/۶۴۵	۰/۵۴		ضریب تغییرات

ns, *, ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱٪



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف غلظت بیوپچار بر هدایت الکتریکی خاک

افزایش pH حضور بارهای منفی مثل گروه‌های کربوکسیل و هیدروکسیل بر روی سطح بیوپچار است (۱۲). از طرفی غلظت ترکیبات هم می‌تواند بر مقدار pH اثر داشته باشد. از آنجا که خاک شنی خاصیت بافری کمی دارد بنابراین کاربرد بیوپچار pH خاک را افزایش داده است. مطالعات انجام شده برخی از پژوهشگران نیز حاکی از تغییر فعالیت میکروارگانیسم‌های درون خاک به علت افزایش pH خاک در اثر کاربرد بیوپچار است (۸، ۱۴). علاوه بر این در بررسی‌های مشابه در رابطه با افزودن انواع بیوپچارهای ضایعات گیاهی نظیر ذرت (*Zea mays L.*)، بلوط (*Quercus brantii L.*)، اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis L.*)، ضایعات چمن (*Poa trivialis L.*) و کودهای دامی به خاک pH خاک را افزایش داده است (۷، ۱۵).

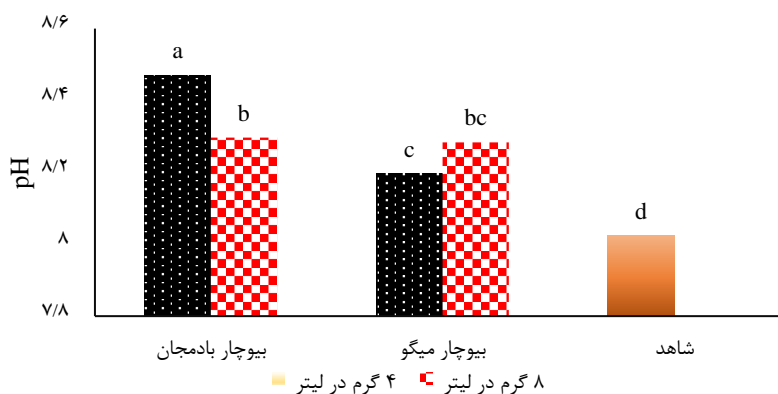
تأثیر نوع و سطوح مختلف بیوپچار بر مقدار پتاسیم خاک کاربرد سطوح مختلف بیوپچار در همه تیمارها مقدار K خاک افزایش داده است (شکل ۳)؛ و بیشترین مقدار K خاک مربوط به تعلیق با غلظت ۸g/l بیوپچار میگو و بادمجان بود که نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارها افزایش معنی‌داری ($P < 0.05$) نشان داده است. به طوری که نسبت به شاهد ۱۸٪ افزایش داشته است. با افزایش غلظت تعلیق بیوپچار میگو و بادمجان از ۴ به ۸g/l مقدار K محلول خاک به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. با این حال بین غلظت‌های مشابه هر دو نوع بیوپچار تفاوت معنی‌داری بین مقدار k خاک مشاهده نشده است (شکل ۳).

افزایش شوری خاک در اثر کاربرد بیوپچار نیز توسط برخی از محققین گزارش شده است (۲۴، ۶، ۳۳). در مطالعه دیگر کاربرد بیوپچار نراد در غلظت ۲/۵ و ۵٪ سبب کاهش شوری در خاک با بافت لوم رسی شده است (۲۸). که با مطالعه حاضر همخوانی داشت. در برخی از مطالعات دیگر نیز کاربرد بیوپچار در شرایط شوری آب و خاک اثر منفی شوری در رشد گیاه کاهش داده و رشد گیاه را بهبود بخشیده است (۱۳، ۳۵) که بررسی کاربردهای جدید بیوپچار را برای کاهش تأثیر شوری در خاک‌های کشاورزی، شهری و آلوده پیشنهاد می‌شود.

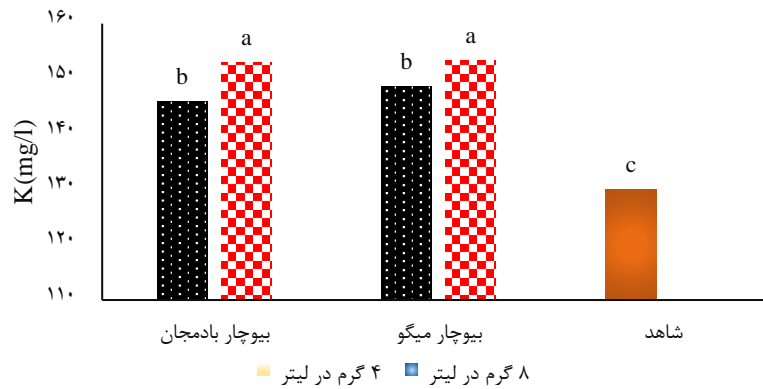
تأثیر نوع و مقدار بیوپچار بر pH خاک

کاربرد غلظت‌های مختلف بیوپچار میگو و بادمجان موجب افزایش معنی‌داری ($P < 0.05$) مقدار pH خاک نسبت به شاهد شد (شکل ۲). بیشترین مقدار pH خاک مربوط به بیوپچار ۴g/l بادمجان ۸/۴۷ بود که تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) با تمامی تیمارهای مورداستفاده داشته است. افزایش غلظت تعلیق در بیوپچار بادمجان موجب کاهش معنی‌دار مقدار pH شده در حالی که در بیوپچار میگو افزایش اندکی نشان داده هر چند این تغییرات معنی‌دار نبوده است.

از طرفی بین غلظت‌های مشابه بیوپچار بادمجان و میگو فقط در غلظت ۴g/l اختلاف معنی‌دار مشاهده شده است. بررسی‌ها نشان داده که pH بیوپچار اثر مستقیم بر pH خاک دارد؛ و به شرایط دمایی و نوع ماده‌ای که بیوپچار از آن تهیه شده بستگی مستقیمی دارد. عامل دیگر برای



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف غلظت بیوپچار بر pH خاک (مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلافی ندارند)

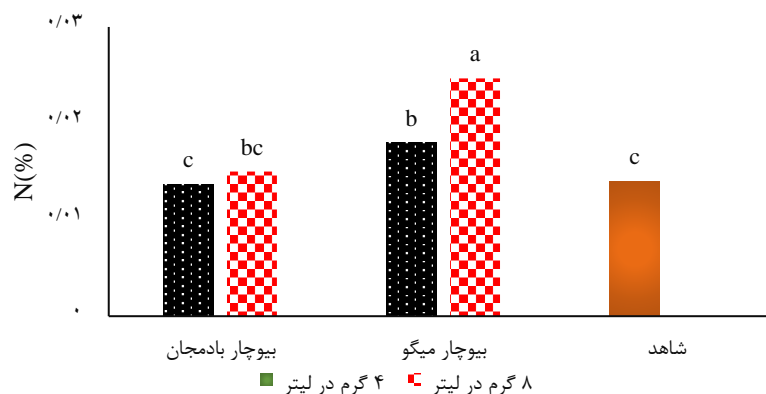


شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر مقدار پتاسیم محلول خاک (مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلافی ندارند)

بیوچار خرده نراد سبب کاهش K محلول خاک و بیوچار نراد اسیدی سبب افزایش K محلول یک خاک لوم رسی شده است (۲۹).

تأثیر نوع و سطوح مختلف بیوچار بر مقدار N خاک
 نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد تعلیقه بیوچار میگو و بادمجان بر مقدار N خاک نشان داده است که افزودن بیوچار ضایعات میگو سبب افزایش معنی دار ($P < 0.05$) مقدار N خاک نسبت به تیمار شاهد بدون هرگونه ماده اصلاحی شده است. درحالی که بیوچار بادمجان تأثیری بر مقدار N خاک نشان نداده است. بیشترین مقدار N خاک مربوط به تعلیقه 8g/l بیوچار میگو است که افزایش ۷۱٪ نسبت به تیمار شاهد نشان داده و تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ با تمامی تیمارهای اصلاحی داشت (شکل ۴).

افزایش مقدار K به عنوان یک عنصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه مناطق خشک و خاکهای دارای بافت شنی با افزودن بیوچار ضایعات میگو و بادمجان می توان به عنوان یک مزیت مواد اصلاحی در نظر گرفت که سبب افزایش مقاومت در برابر تنش های خشکی در مناطق خشک و بیابانی می شود. افزایش K خاک در حضور بیوچار توسط سایر پژوهشگران نیز تایید شده است. در این زمینه کاربرد بیوچار کاه و کلش گندم در یک خاک با بافت لوم شنی شور و همراه با کشت گندم، در پایان برداشت گندم مقدار K خاک اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که با افزودن بیوچار کاه کلش گندم به خاک مقدار K خاک افزایش یافته است (۲۹). در پژوهش دیگر نیز اثر کاربرد بیوچارهای حاصل از کاه گندم، کاه ذرت و سبوس برنج در خاک آهکی با بافت لوم رسی بررسی شد که در این حالت نیز مقدار K خاک افزایش پیدا کرده است (۲۳). در مطالعه دیگر کاربرد

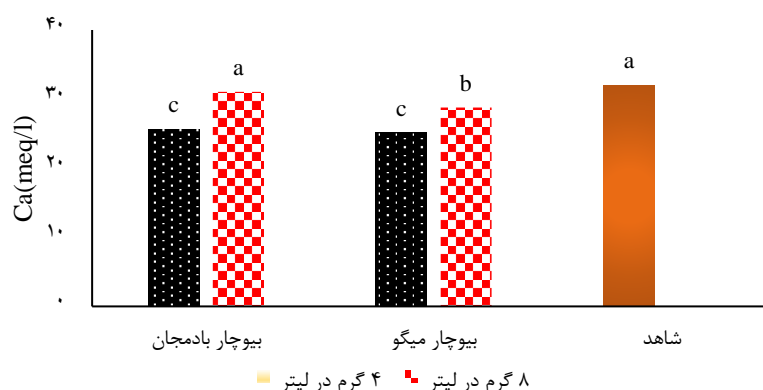


شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف غلظت بیوچار بر مقدار N خاک (مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلافی ندارند)

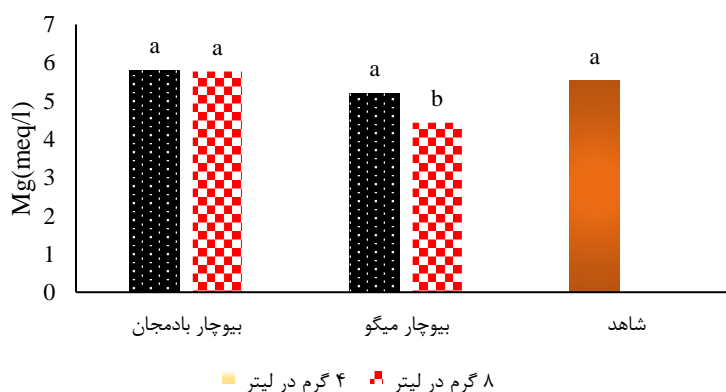
تیمارها مقدار Ca خاک کاهش داده است (شکل ۵)؛ و غلظت ۴g/l بیوپچار میگو و بادمجان کمترین مقدار Ca خاک داشته‌اند؛ که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با سایر تیمارها و تیمار شاهد (۳۲meq/l) نشان داده است (شکل ۵). با این حال افزایش غلظت از ۴ به ۸g/l در هر دو بیوپچار بادمجان و میگو با افزایش غلظت تعلیقه مقدار Ca محلول خاک افزایش معنی‌داری نشان داده است (شکل ۵). کاربرد غلظت‌های مختلف بیوپچار میگو و بادمجان روند یکنواختی در مقدار Mg خاک نشان نداده است به طوری که اثر تعلیقه بیوپچار بادمجان در هر دو غلظت مقدار Mg افزایش پیدا کرده است. هر چند این افزایش نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبوده در حالی که با افزایش غلظت بیوپچار میگو مقدار Mg خاک کاهش پیدا کرده است؛ و در غلظت ۸g/l بیوپچار میگو نسبت به تیمار شاهد از نظر آماری کاهش معنی‌دار ۱۷٪ نشان داده است (شکل ۶).

مقایسه غلظت‌های مشابه ۴ و ۸g/l دو نوع بیوپچار نشان داده است که بیوپچار میگو به ترتیب افزایش ۳۲ و ۶۴٪ نسبت به تعلیقه بیوپچار بادمجان از نظر مقدار N نشان داده است (شکل ۴). بر اساس نتایج به دست آمده‌ی سایر مطالعات کاربرد بیوپچار باگاس نیشکر نیز سبب افزایش N در خاک شده است (۶). در مطالعه حاضر نیز در تیمار بیوپچار میگو این افزایش بیشتر بوده است؛ از آنجا که مواد آلی به عنوان منبع بارزی جهت فراهمی نیتروژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌های موجود در خاک و تأمین نیاز گیاهی این مناطق محسوب می‌شود، استفاده از بیوپچار در اصلاح خاک‌های مناطق خشک و بیابانی که دارای مواد آلی و در نتیجه N کمی هستند ارزشمند است.

تأثیر نوع و سطوح مختلف بیوپچار بر مقدار Ca و Mg خاک نتایج مقایسه میانگین کاربرد سطوح مختلف بیوپچار بر مقدار Ca و Mg خاک مورد مطالعه نشان داده که در همه



شکل ۵. تأثیر سطوح مختلف غلظت بیوپچار بر مقدار Ca خاک



شکل ۶. تأثیر سطوح مختلف غلظت بیوپچار بر مقدار Mg خاک (مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلافی ندارند)

انتشار بیشتری دارند(۱). کاربرد تعلیقه بیوچار در ابتدای آزمایش به مقدار حجم منفذی ستون خاک و افزودن آب در طی دوره آزمایش سبب آبسویی و کاهش مقدار Na خاک شده است. دلیل دیگری که می‌توان برای این موضوع بیان کرد ذرات بیوچار موجود در خاک به دلیل ساختار متخلخل خاص خود و وجود گروه‌های عاملی دارای بار منفی و سطح ویژه بالا (۶) با توجه به بافت شنی مورد مطالعه با افزایش جذب Na محلول توسط بارهای منفی بیوچار سبب کاهش مقدار Na محلول در شرایط مورد مطالعه شده است. در بررسی مشابه دیگر در رابطه با کاربرد بیوچار نراد اسیدی در خاک لوم رسی مقدار Na محلول خاک کاهش داده است (۲۹).

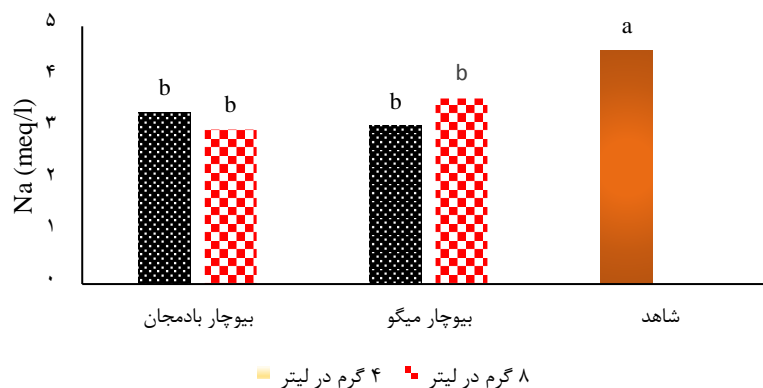
نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی کاربرد بیوچار ضایعات میگو و بادمجان در خاک مورد مطالعه موجب تغییرات ویژگی‌های اندازه‌گیری شده است. به‌طوری‌که موجب افزایش قابل‌توجه N، K، pH و کاهش EC، Na و Ca شده است. بیوچار میگو از نظر مقدار افزایش نیتروژن خاک ارجحیت بیشتری نسبت به بیوچار بادمجان داشته است و مقدار pH خاک کاهش بیشتری نسبت به بیوچار بادمجان داشته است. کاربرد هر دو نوع بیوچار به علت بهبود شرایط ساختاری آبسویی املاح را افزایش داده و مقدار Ca، Na و به دنبال آن هدایت الکتریکی خاک را کاهش داده است.

در مجموع به نظر می‌رسد افزایش بیوچار میگو و بادمجان سبب کاهش Ca شده است. در همین زمینه کاربرد پوسته میگو به خاک مقدار Ca و Mg خاک را افزایش داده است (۱۶) که با مطالعه انجام شده هم‌خوانی نداشته است. به نظر می‌رسد تغییر شکل ساختار میگو از حالت معمولی به بیوچار موجب تغییر شرایط عناصر غذایی شده است. از طرفی تغییر شرایط انجام طرح از وزنی به تعلیقه نیز در این حالت می‌تواند نقش داشته باشد و دلایل بیان شده در رابطه با فرایندهای انتقال املاح در بحث هدایت الکتریکی در این جا نیز صادق است.

تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر میزان Na خاک

کاربرد غلظت‌های مختلف بیوچار در همه تیمارها موجب کاهش مقدار Na خاک نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۷). کمترین مقدار Na خاک مربوط به تعلیقه ۸g/l بیوچار بادمجان است؛ که مقدار Na محلول خاک را به میزان ۳۲/۷٪ کاهش داده است. بیشترین مقدار Na خاک مربوط به تیمار شاهد بدون هرگونه ماده اصلاحی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با تمامی تیمارهای اصلاحی داشت (شکل ۷). از طرفی بین غلظت‌های مختلف تعلیقه بیوچارهای میگو و بادمجان هیچ اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده نشده است. از آنجا که در پدیده انتقال املاح فرایندهای انتقال توده‌ای، پخشیدگی و انتشار موثر است. عواملی مثل ویژگی‌های هندسی منافذ، شیب غلظتی محلول و تغییرات میکروسکوپی سرعت جریان در منافذ در انتقال املاح نقش داشته و کاتیونهای تک ظرفیتی ضریب



شکل ۷. تأثیر سطوح مختلف بیوچار بر مقدار سدیم خاک (مقادیر دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ اختلافی ندارند)

حاصلخیزی خاک و بهبود شرایط رشد گیاهان شد. از طرفی از گسترش مواد زائد که سبب آلودگی محیط زیست می‌شود نیز جلوگیری کرد.

بر اساس بررسی‌های انجام شده می‌توان گفت تولید و استفاده از بیوچار به عنوان یک فناوری مطمئن در بهبود خاک به عنوان محل رشد گیاهان در مناطقی که دارای مشکل هستند مورد استفاده قرار داد و تا حدودی موجب

■ References

1. Abbasi, F. (2015). *Advanced Soil Physics*. University of Tehran Press. Tehran, Iran, 320 pp. (in Farsi)
2. Alavi, Saber. (2022). *Effect of biochar suspension from fishery and agricultural wastes on some vegetative characteristics and concentration of heavy metals in Sporobolus arabicus in a soil contaminated with metals*. Master's. Thesis. Hormozgan of University. (in Farsi)
3. Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T., & Haeefe, S. (2013). The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot-grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica Chinensis*). *Agronomy*, 3(2), 404-418. Doi: 10.3390/agronomy3020404
4. Chen, P., Xie, Q., Addy, M., Zhou, W., Liu, Y., Wang, Y., Cheng, Y., Yanling, C., & Ruan, R. (2016). Utilization of municipal solid and liquid wastes for bioenergy and bioproducts production. *Bioresource Technology*, 215, 163–172. Doi: 10.1016/j.biotech.2016.02.94
5. Choudhary, M., Panday, S.C., Meena, V.S., Singh, S., Yadav, R.P., Mahanta, D., Mondal, T., Mishra, P.K., Bisht, J.K., & Pattanayak, A. (2018). Long-term effects of organic manure and inorganic fertilization on sustainability and chemical soil quality indicators of soybean-wheat cropping system in the Indian mid-Himalayas. *Agriculture Ecosystems Environment*. 257, 38–46. Doi: 10.1016/j.agee.2018.01.029
6. 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. *Irrigation Sciences and Engineering*, 40(1), 63-72. Doi: 10.22055/JISE.2017.12667. (in Farsi)
7. Fang, J., Gao, B., Chen, J., & Zimmerman, A. R. (2015). Hydro-chars derived from plant biomass under various conditions, Characterization, and potential applications and impacts. *Chemical Engineering Journal*, 267, 253–259. Doi: 10.1016/j.cej.2015.01.026
8. Farrell, M., Kuhn, T.K., Macdonald, L.M., Maddern, T.M., Murphy, D.V., Hall, P.A., Singh, B.P., Baumann, K., Krull, E.S., & Baldock, J.A. (2013). Microbial utilisation of biochar-derived carbon. *Science of the Total Environment*, 465, 288–297. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.090
9. Gai, X., Liu, H., Liu, J., Zhai, L., Wang, H., Yang, B., Ren, T., Wu, S., & Lei, Q. (2019). Contrasting impacts of long-term application of manure and crop straw on residual nitrate-N along the soil profile in the North China Plain. *Science of the Total Environment*, 650, 2251–2259. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.275
10. Garg, V., Kaushik, P., & Dilbaghi, N. (2006). Vermi conversion of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing *Eisenia foetida*. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 65(3), 412–419. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2005.03.002
11. Guiley, A., Mousavi, A.A., & Kamgar Haghghi, A.A. (2016). Effect of Cattle Manure Biochar and Drought Stress on the Growth characteristics and Water Use Efficiency of Spinach under Greenhouse Conditions. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30(2), 243-259. (in Farsi)

12. Gul, S., Whalen, J. K., Thomas, B. W., Sachdeva, V., & Deng, H. (2015). Physico Chemical Properties and Microbial Responses in Biochar-amended Soils: Mechanisms and Future Directions. *Journal of Agriculture, Ecosystems & Environment*, 206, 46-59. Doi: 10.1016/j.agee.2015.03.015
13. Huang, M., Zhang, Z., Zhu, C., Yaming Zhai, Y., & Lu, P. (2019). Effect of biochar on sweet corn and soil salinity under conjunctive irrigation with brackish water in coastal saline soil. *Scientia Horticulturae*, 250, 405-413. Doi: 10.1016/j.scienta.2019.02.077
14. Iren, O., & Ediene, V. (2021). Soil pH and Microbial Properties as Affected by Integrated Use of Biochar, Poultry Manure, and Urea. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 24(1), 90-98. Doi: 10.3923/pjbs.2021.90.98
15. khadem, A., Raeisi, F., & Besharati, H. (2017). Review of Biochar Effects on Soil Physical, Chemical, and Biological Properties. *Land Management Journal*. 5(1), 13-30. (in Farsi). Doi: 10.22092/lmj.2017.113291
16. Lara Mártez, J., and Acosta, N. (1992). Shrimp shell amendment, soil fertility, and tomato growth. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 76(1), 21–27. Doi: 10.46429/jauprv76i1.4117
17. Lashari, M.S., Liu, Y., Li, L., Pan, W., Fu, J., Pan, G., Zheng, J., Zheng, J., Zhang, X., & Yu, X. (2013). Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain. *Field Crops Research*, 144, 113-118. Doi: 10.1016/j.fcr.2012.11.015
18. Mahmoodian Choplou, A., Niknahad Gharmakher, H., & Yousefi, H. (2020). Biochar production from peach trees pruned foliage and its qualitative properties at different temperatures, *Journal of Water and Soil Conservation*, 27(3), 105-124. (in Farsi). Doi: 10.22069/JWSC.2020.17476.3294
19. Malinska, K., Golańska, M., Caceres, R., Rorat, A., Weisser, P., & Słezak, E. (2017). Biochar amendment for integrated composting and vermicomposting of sewage sludge—The effect of biochar on the activity of *Eisenia fetida* and the obtained vermicompost. *Bioresource Technology*, 225, 206–214. Doi: 10.1016/j.biortech.2016.11.049
20. Marezi, M., Farahbakhsh, M., & Kheial, S. (2016). Kinetics and Isotherm of Nitrate Sorption from Aqueous Solution Using Biochar, *Water and Soil Science*, 26(1-1), 145-158. (in Farsi)
21. Miri, F., & Zamani babgohari, J. (2020). Effects of pyrolysis temperatures on some properties of Biochar of pistachio waste. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)*, 43(1), 87-101. (in Farsi). Doi: 10.22055/AGEN.2020.31328.1514
22. Moshtagh R, Moradi N., & Gholam H. (2022). Investigation of the role of biochar from eggplant plant residues and shrimp waste on some soil stability characteristics. *Environmental Erosion Research*, 12 (1), 1-17. (in Farsi)
23. Najafi Ghiri, M., and Boustani, H. (2017). Effect of application of crop and licorice root residues and their biochars on potassium status of a calcareous soil, *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(3), 77-93. (in Farsi). Doi: 10.22069/JWST.2017.12722.2741.
24. Najafi-Ghiri, M. (2015). Effect of Different Biochars Application on Some Soil Properties and Nutrients Availability in a Calcareous Soil, *Iranian Journal of Soil Research*, 29(3), 352-358. (in Farsi). Doi: 10.22092/ILSR.2014.103501
25. Nevo, E., and Chen, G. (2010). Drought and salt tolerances in wild relatives for wheat and barley improvement. *Plant, Cell and Environment*, 33(4), 670-685. Doi: 10.1111/j.1365-3040.2009.2107.x

26. Noori Z, Delavar M A., & Safari Y. (2021). Applying Biochar and Mineral Amendments to Remediate the Chemical Properties of a Saline-Sodic Soil. *Water Soil Science*, 24 (4),21-36. Doi: 10.47176/jwss.24.4.41391
27. Oliveira, L.S., Oliveira, D.S., Bezerra, B.S.; Pereira, B.S., & Battistelle, R.A.G. (2017). Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 155, 229–237. Doi: 10.1016/j.jclepro.2016.08.093
28. Page, A.L., Miller, R.H., & Keeney, D.R. (1982). Methods of soil Analysis, Part 2, second edition, *American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, USA*, 1159p.
29. parichehre, M., SadeghZadeh, F., Behmanyar, M., & Ghajar Sepanlu, M. (2017). Effects of Rice Straw and Dicer Biochars on Chemical Characteristics of Clay-Loam, Saline-Sodic Soil. *Water and Soil Science*, 27(4), 49-61. (in Farsi)
30. Rezaie, N., Razzaghi, F., Sepaskhah, A., & Moosavi, S. (2018). Effect of biochar and irrigation water salinity on soil chemical properties after wheat harvest. *Water and Soil Conservation*, 25(4), 291-305. (in Farsi). Doi: 10.22069/JWSC.2018.14807.2987.
31. Salehi, M., & Safaiee, M. (2019). 'The effect of applying organic fertilizer with fish and shrimp origin on some quantitative and qualitative traits of *Carthamus tinctorius* L. *Crop Production*. 11(4), 135-146. (in Farsi). Doi: 10.22069/EJCP.2019.14716.2106
32. Shaabani Roofchae A, Abrishamkesh S, Shabanpour Shahrestani M, & Fazeli Sangani M. (2020). Effect of olive kernel biochar suspension on physical properties and loss of an erosion-prone soil. *Environmental Erosion Research*. 10 (3),74-95. (in Farsi)
33. Soltani Mohammadi, A., khodarahmi, Y., boroomand nasab, S., & Nasser, A. (2019). Evaluation of Modified biochar and Zeolite Effect on Some Physical and Chemical Properties of loamy Soil, *Water and Soil Resources Conservation*, 8(4), 87-102. (in Farsi)
34. Soobhany, N. (2019). Insight into the recovery of nutrients from organic solid waste through biochemical conversion processes for fertilizer production: A review. *Cleaner Production*., 241, 118413. Doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118413
35. Thomas, S.C., Frye, S., Gale, Nigel., 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. Doi: 10.1016/j.jenvman.2013.05.057
36. Wang, Q., Wang, Z., Awasthi, M.K., Jiang, Y., Li, R., Ren, X., Zhao, J., Shen, F., Wang, M., & Zhang, Z. (2016). Evaluation of medical stone amendment for the reduction of nitrogen loss and bioavailability of heavy metals during pig manure composting. *Bioresource. Technology*. 220, 297–304. Doi: 10.1016/j.biortech.2016.08.081
37. Zhang, L., and Sun, X. (2014). Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. *Bioresource Technology*, 171, 274-284. Doi: 10.1016/j.biortech.2014.08.079