

Determination of Dispersion Coefficient of Deltamethrin in Short Transfer Intervals in Wheat Biochar Soil Columns

Omid Bahmani^{*1}  | Vahid Atlasi Pak²  | Mahyar Ghaytarani³

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan. E-mail: omid.bahmani@basu.ac.ir
2. Assistant Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Tehran. E-mail: v.atlassi@gmail.com
3. M.Sc. Graduate, Dept. of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan. E-mail: mahyarghaaf@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 12.01.2021
Revised: 02.10.2022
Accepted: 03.16.2022

Keywords:
Biochar,
Breakthrough curve,
Dispersion coefficient

ABSTRACT

Background and Objectives: Organic matter improves the physical condition of the soil and due to the increase in water holding capacity of the soil, changes the pattern of contaminant uptake and prevents them from leaching into groundwater. Dispersion is important factor affecting soil solute transport in porous media that used in the advection-dispersion equation and it is a function of the transmission distance. The aim of this study was to investigate the effect of biochar on the leaching process of deltamethrin in soil columns. During this study, the Breakthrough curve and dispersion coefficient of this pesticide in vertical soil columns were determined.

Materials and Methods: This study was carried out in soil columns with a height of 15 and 30 cm and in a period of 12, 23, 56 and 112 days and including different levels of 1.5 and 3 WP% (Weight percent) of wheat biochar and control treatment as a completely randomized factorial design. The concentration of deltamethrin used was 300 cc per thousand liters per hectare. To determine the residual concentration, the pesticide was sprayed on the surface only once with the recommended dose and according to the considered irrigation periods, the changes of the pesticide over time and at different depths of the soil columns were studied. In this study, Brigham's analytical method was used to obtain the dispersion coefficient. Analysis of variance and comparison of means in the studied treatments was performed using LSD statistical test and SAS 9.4 software.

Results: The results showed that the residual concentrations of pesticides in 1.5 and 3% of biochar treatments compared to the control were decreased 26 and 43%, at depths of 0 -15 cm and 37 and 17% at depths of 15-30 cm respectively. Based on the results, pesticide uptake and stabilization in 3% biochar treatment was more than other treatments. In the control treatment, with increasing soil depth, it was observed that the dispersion coefficient decreased, in the modified treatment with biochar 1.5%, the dispersion increased while in the biochar 3% treatment, the dispersion coefficient decreased significantly by increasing the sample length. Deltamethrin dispersion coefficient in 15 cm columns for control, biochar 1.5 and 3% treatments were 5.37, 1, 3.59 cm and in 30 cm columns 3.91, 1.27, 0.92 cm was obtained, respectively.

Conclusion: Biochar production is very convenient and cost-effective and is successful in restricting the movement and stabilization of pesticides in the soil and by increasing its weight percentage in the soil, due to the surface area of biochar can control the movement of pesticides.

Cite this article: Bahmani, Omid, Atlasi Pak, Vahid, Ghaytarani, Mahyar. 2022. Determination of Dispersion Coefficient of Deltamethrin in Short Transfer Intervals in Wheat Biochar Soil Columns. *Journal of Water and Soil Conservation*, 28 (4), 225-237.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2022.19722.3517

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تعیین ضریب انتشارپذیری آفت‌کش دلتامترین در فواصل انتقال کوتاه در ستون‌های خاک حاوی بیوجار گندم

امید بهمنی^{۱*} | وحید اطلسی پاک^۲ | مهیار قیطرانی^۳

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان. رایانامه: omid.bahmani@basu.ac.ir
۲. استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران. رایانامه: v.atlassi@gmail.com
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان. رایانامه: mahyarghaaf@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: مواد آلی سبب بهبود وضعیت فیزیکی خاک شده و با توجه به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، الگوی جذب آلاینده را تغییر داده و از آیشویی آن‌ها به آب‌های زیرزمینی جلوگیری به عمل می‌آورد. انتشارپذیری یکی از مهم‌ترین پارامترهای مورد استفاده در معادله جابجایی-انتشار است که مقدار آن می‌تواند تابع فاصله انتقال و همچنین ویژگی‌های محیط متخلخل باشد. هدف از این پژوهش بررسی روند آیشویی دلتامترین در ستون‌های خاک تحت تأثیر بیوجار بوده است و در طی این مطالعه منحنی رخنه و ضریب انتشارپذیری این آفتکش در ستون‌های عمودی خاک تعیین گردید.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵	
واژه‌های کلیدی: بیوجار، ضریب انتشارپذیری، منحنی رخنه	مواد و روش‌ها: این پژوهش در ستون‌های خاک با ارتفاع ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری و در بازه زمانی ۱۲، ۲۳، ۵۶ و ۱۱۲ روزه و شامل سطوح ۱/۵ و ۳ درصد بیوجار گندم و تیمار شاهد به صورت طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی اجرا گردید. غلظت مورد استفاده آفت‌کش دلتامترین ۳۰۰ سی‌سی در هر هزار لیتر در هر هکتار بود. جهت تعیین غلظت باقی‌مانده فقط یک بار آفت‌کش با دوز توصیه شده به سطح پاشیده شد و سپس با توجه به سیکل‌های آبیاری در نظر گرفته شده تغییرات آفت‌کش در طول زمان و در عمق‌های ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری ستون‌های خاک مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش از روش تحلیلی بریگهام برای به‌دست آوردن ضریب انتشارپذیری استفاده شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مورد بررسی با استفاده از آزمون آماری LSD و با نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد.
	یافته‌ها: نتایج نشان داد که غلظت باقی‌مانده آفت‌کش در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری تیمارهای بیوجار ۱/۵ و ۳ درصد وزنی نسبت به شاهد به ترتیب ۲۶ و ۴۳ درصد و در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب ۳۷ و ۱۷ درصد کاهش یافته است. بر اساس نتایج حاصله جذب و تثبیت

آفت‌کش در خاک به‌وسیله تیمار بیوچار ۳ درصد وزنی بیش‌تر از سایر تیمارها بوده است. در تیمار شاهد با افزایش عمق ضریب انتشارپذیری کاهش یافت، در تیمار اصلاح شده با بیوچار ۱/۵ درصد با افزایش طول نمونه ضریب انتشارپذیری افزایش پیدا کرد و در تیمار بیوچار ۳ درصد با افزایش طول نمونه‌ها ضریب انتشارپذیری کاهش چشمگیری یافت. ضریب انتشارپذیری دلتامترین در ستون‌های ۱۵ سانتی‌متری برای تیمارهای شاهد، بیوچار ۱/۵ درصد، بیوچار ۳ درصد به ترتیب ۵/۳۷، ۱، ۳/۵۹ سانتی‌متر و در ستون‌های ۳۰ سانتی‌متری به ترتیب ۳/۹۱، ۱/۲۷، ۰/۹۲ سانتی‌متر به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: تولید بیوچار بسیار راحت و مقرون به صرفه بوده و در محدود کردن حرکت و تثبیت آفت‌کش در خاک موفق بوده و با افزایش درصد وزنی آن در خاک می‌توان جذب آفت‌کش به سطح ویژه بیوچارها را افزایش داد.

استناد: بهمنی، امید، اطلسی پاک، وحید، قیطرانی، مهیار (۱۴۰۰). تعیین ضریب انتشارپذیری آفت‌کش دلتامترین در فواصل انتقال کوتاه در ستون‌های خاک حاوی بیوچار گندم. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۸ (۴)، ۲۳۷-۲۲۵.

DOI: 10.22069/jwsc.2022.19722.3517



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

در ایران هم‌چون بسیاری از کشورهای جهان استفاده از آفت‌کش‌ها به عنوان یکی از اصلی‌ترین روش‌های کنترل آفات مطرح است. علی‌رغم تمام مزایای استفاده از آفت‌کش‌ها در افزایش بهره‌وری کشاورزی استفاده بی‌رویه از آن می‌تواند مشکلات جدی زیست‌محیطی چه برای انسان و چه برای اکوسیستم منطقه ایجاد کند. یکی از عمده‌ترین مشکلاتی که آفت‌کش‌ها می‌توانند ایجاد کنند مربوط به آبشویی آفت‌کش‌ها به آبخوان منطقه است. این مسأله زمانی اهمیت خود را نشان می‌دهد که آب آبخوان جهت مصرف خانگی (به‌ویژه شرب) مورد استفاده قرار گیرد. در ایران به طور میانگین ۲۰ تا ۲۵ هزار تن آفت‌کش در سال مصرف می‌شود (۱۱). استفاده گسترده از آفت‌کش‌ها در کشاورزی تبدیل به یک معضل زیست‌محیطی شده و با توجه به توانایی بالقوه آفت‌کش‌ها در آبشویی می‌تواند سبب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی شود (۱۵ و ۱۶). با وجود مشکلات عمده بهداشتی که آفت‌کش‌ها ایجاد می‌کنند، طی دهه گذشته نرخ مصرف آفت‌کش‌ها رشد سریع ۱۹۰ درصدی را تجربه کرده (۱۸). تنها ۱/۰٪ از آفت‌کش به کار رفته به آفات هدف می‌رسند و بقیه آن وارد محیط زیست شده و بر روی اکولوژی منطقه تأثیر گذاشته و به خاک، آب و اتمسفر ورود می‌کند و در نهایت آلودگی را به بدن انسان منتقل می‌کند.

یکی از پرکاربردترین آفت‌کش‌ها که در ایران و جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد آفت‌کش دلتامترین با نام تجاری دسیس ۲/۵٪ می‌باشد. دلتامترین از گروه حشره‌کش‌های پیرتروئید بوده و دارای اثر تماسی و گوارشی می‌باشد. این ترکیب به‌صورت امولسیون (EC2.5%) طیف وسیعی از حشرات مکنده و جونده را از راسته‌های گوناگون کنترل می‌کند. این ترکیب ۱۰-۱۵ روز روی سطوح سمپاشی شده دوام دارد.

دلتامترین در خاک در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها ظرف مدت ۱ تا ۲ هفته تجزیه شده و به‌طور کلی نیمه‌عمر (DT50) آن در خاک‌های زراعی کم‌تر از ۲۳ روز است (۲۱).

بیوچار یک محصول جانبی از زیست‌توده‌های کشاورزی است که به‌صورت ذغال و در شرایط اکسیژن محدود و یا بدون اکسیژن گرما کافت (پیرولیز) به‌دست می‌آید و این ماده سرشار از کربن آلی می‌باشد (۲۰). تبدیل ضایعات کشاورزی به بیوچار از طریق پیرولیز می‌تواند حجم زیادی از کربن فعال را به کربن غیرفعال در خاک تبدیل کند. هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان یک کندکننده حرکت مواد شیمیایی و محلی برای رسوب کربن عمل کند. بیوچار به‌دلیل پتانسیل جذب و خنثی‌سازی زیاد خود در مقابل ترکیبات مضر مثل آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، هیدروکربن‌های حلقوی، عناصر سمی و کاهش آلودگی می‌تواند مفید واقع شود (۱).

از آن‌جایی که کاشت گندم در کشور بیش‌تر سایر محصولات می‌باشد و سالانه صدها هزار تن کاه و کلش گندم در کشور یا دور ریخته می‌شود آتش زده می‌شود و باعث آلودگی هوا، محیط زیست و از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مفید خاک به خاطر حرارت می‌شود یا به عنوان علوفه برای دام مورد استفاده قرار می‌گیرد از این‌رو کاه و کلش گندم قابل‌دسترس‌تر از سایر پسماندهای غلات می‌باشد و برای ساخت بیوچار می‌تواند بیش‌تر مورد استفاده قرار گیرد. استفاده شدید از آفت‌کش‌ها در کشاورزی مدرن بر سلامت انسان، موجودات زنده، عملکرد اکوسیستم، کیفیت آب و غیره تأثیر گذاشته است. ریگی و فرحبخش (۱۳۹۶) با اضافه کردن مواد آلی به خاک و تأثیر آن بر جذب علف‌کش متری بیوزین دریافتند که افزایش مواد آلی در دو نوع خاک سبب افزایش نگهداری آفت‌کش در خاک می‌شود (۱۹). آبشویی و

جهت جریان بودند مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد که با افزایش اندازه ذرات در خاک ماسه‌ای همگن ضریب انتشار آلاینده افزایش می‌یابد (۲۲). مطالعات مختلف نشان‌دهنده تأثیر نوع محیط و طول مسیر بر فرآیند انتقال املاح در طی زمان و همچنین نوع روش مورد استفاده برای محاسبه پارامترهای مؤثر بر انتقال بوده است و انتشارپذیری آفت‌کش‌ها با توجه به اهمیت آن‌ها در آلودگی محیط زیست تاکنون مورد توجه و بررسی قرار نگرفته است، بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تأثیر فواصل انتقال در خاک بر حرکت آفت‌کش دلتامترین و ضریب انتشارپذیری آن و روند آبشویی دلتامترین در ستون‌های خاک تحت تأثیر سطوح مختلف بیوپچار در طول زمان آزمایش بوده است.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های تیمارها و ستون‌های خاک: پژوهش حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۲ فاکتور و ۳ تکرار در سال ۹۷ در دانشگاه بوعلی‌سینا همدان انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل شاهد (بدون اصلاح‌کننده)، بیوپچار ۱/۵ درصد و بیوپچار ۳ درصد در دو عمق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری بود. ستون‌های خاک استفاده شده در این پژوهش از جنس لوله‌های پلی‌اتیلن با دو ارتفاع ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۶ سانتی‌متر بوده و کف آن‌ها به جهت جلوگیری از خروج املاح با فیلتر ژئوتکستال مناسب مسدود گردید. جهت افزایش شیب هیدرولیکی و سهولت حرکت جریان کف ستون‌ها را به ارتفاع یک سانتی‌متر گراول‌ریزی می‌شود و جهت آبیاری هرچه راحت‌تر و جلوگیری از ریزش آب از سطح لوله بالای هر لوله ۵ سانتی‌متر خالی گذاشته شد. از روش هیدرومتری برای تعیین بافت خاک استفاده شد. مشخصات خاک مورد مطالعه در پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

جذب آفت‌کش‌ها به شدت وابسته به توانایی نگهداری آن‌ها توسط مواد آلی می‌باشند. بررسی اثر کاربرد بیوپچار تولید شده از کود را در دو نوع خاک و در دو سطح صفر و ۲ درصد وزنی خاک خشک به مدت ۹۰ روز نشان داد کاربرد بیوپچار سبب شکل‌گیری خاکدانه‌ها و بهبود ساختمان خاک‌ها گردید. در اثر کاربرد بیوپچار مقدار رطوبت اشباع خاک افزایش و رطوبت باقی‌مانده در خاک کاهش یافت که سبب تغییر منحنی مشخصه آب خاک گردید (۱۷). گمیزو همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که مقدار جذب قارچ‌کش‌های تبوکنازول و متالاکسیل در خاک‌های اصلاح نشده کم‌تر از خاکی است که در آن بیوپچار لحاظ شده و مقدار جذب در خاکی که با رس احیا شده بیش‌تر از سایر خاک‌هاست (۹). سلیس و همکاران (۱۹۹۸) بیان داشتند که کربن آلی استخراج شده از لجن فاضلاب سبب کاهش جذب آترازین در خاک شده که احتمالاً دلیل آن جذب آترازین توسط کربن آلی موجود در سطح خاک است (۴). در مطالعه‌ای اثر اندازه اجزای مواد آلی بر تحرک پرومترین در خاک بررسی شد که نتایج نشان داد افزودن اجزای مواد آلی به خاک، سبب کاهش جذب و افزایش واجذب پرومترین می‌گردد (۶).

فراستی و سیدیان (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی اثر ضخامت‌های مختلف در انتشارپذیری محلول کلرید سدیم خاک‌های ماسه‌ای پرداختند. آن‌ها جهت تعیین ضریب انتشارپذیری از مدل بریگهام جهت شبیه‌سازی حرکت کلرید سدیم استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد انتشارپذیری مستقل از ضخامت خاک و مقدار آن فارغ از ضخامت‌های تحت بررسی تقریباً ثابت است و با افزایش متوسط فاصله انتقال مقدار انتشارپذیری خاک افزایش می‌یابد (۸). در پژوهش دیگری، انتقال متیل، ترت، بیوتیل اتر (MTBE) در سه نوع خاک ماسه‌ای همگن (درشت، متوسط و ریز) و شش خاک لایه‌ای ماسه‌ای که دارای دو لایه عمود بر

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table 1. Physical and chemical properties of soil.

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	چگالی ظاهری (gr.cm ⁻³)	هدایت الکتریکی	ماده آلی (%)	اسیدیته	بافت خاک
Clay	Silt	Sand	Bulk Density	EC (ds/m)	Organic Matter	pH	Texture
10	30	60	1.32	3.1	1.1	7.7	Sandy Loam

از الک نیم میلی متری عبور داده شد تا به صورت کامل یک دست شود و سپس به خاک افزوده شد. جهت افزایش یکنواختی اختلاط بیوچار و خاک در هر گلدان، از چند بخش نمودن خاک و متناظر بیوچار استفاده شد و پس از اختلاط هر بخش، در نهایت همه ترکیب شده و در گلدان ریخته شدند.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی بیوچار مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۲ نشان داده شده است.

خصوصیات آفت کش: در پژوهش حاضر آفت کش دلتامترین ۲/۵٪ امولسیون مورد استفاده قرار گرفت که دارای نیمه عمر ۲۳ روز بود و دوز توصیه شده آفت کش دلتامترین ۳۰۰ سی سی در هر هزار لیتر در هر هکتار می باشد (۲۱).

بیوچار: بیوچار استفاده شده در این پژوهش از کاه و کلش گندم در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به روش پیرولیز آهسته به دست آمده است و بیوچار خرد شده

جدول ۲- مشخصات بیوچار.

Table 2. Properties of biochar.

خاکستر (%)	کربن آلی (%)	چگالی ظاهری (gr.cm ⁻³)	pH	EC (ds.m ⁻¹)
Ash	Organic Carbon	Bulk Density		
57.5	52	0.2	7.42	12.8

در این پژوهش از روش تحلیلی بریگهام برای به دست آوردن ضریب انتشارپذیری استفاده شد. برای تعیین ضریب انتشارپذیری در محیط متخلخل، منطبق ترین خط بر داده ها رسم می شود و با استفاده از معادله زیر انتشارپذیری هیدرودینامیک (D) به دست می آید. این معادله بیانگر رابطه مستقیم شیب خط با ضریب انتشار است.

$$D = \frac{V_x L}{8} (J_{0.84} - J_{0.16})^2 \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{D - D^*}{V_x} \quad (2)$$

که در آن، L طول نمونه، V_x سرعت حرکت آب در خاک، J_{0.84} برابر است با مقدار عبارت $\frac{U-1}{U^{0.5}}$ زمانی که مقدار غلظت نسبی (C/C₀) برابر ۰/۸۴ باشد که C₀

آفت کش با دوز توصیه شده فقط یک بار به سطح نمونه ها پاشیده شد، سپس با توجه به دور آبیاری در نظر گرفته شده، ستون های خاک آبیاری شدند تا آفت کش شروع به نفوذ در خاک نماید. در نهایت تغییرات آفت کش در طول زمان آزمایش و در عمق های مختلف ستون های خاک مورد مطالعه قرار گرفت.

رسم منحنی رخنه و به دست آوردن ضریب انتشارپذیری: در ابتدا ستون خاک به طور کامل اشباع و به صورت عمودی نصب گردید. در این آزمایش جریان بار ثابت روی خاک ایجاد شد. برای تعیین منحنی رخنه، نمونه برداری ها از ستون های خاک به ترتیب ۱۲، ۲۳، ۵۶ و ۱۱۲ روز پس از تزریق آفت کش صورت گرفت که این بازه های زمانی با توجه به نیمه عمر آفت کش تعیین شده است.

شیب تند منحنی رخنه در تیمارهای بیوچار می‌تواند به علت نقش ناچیز فرآیندهای پخشیدگی و پراکنش ناشی از توزیع یکنواخت اندازه منافذ در ساختمان خاک و توزیع یکنواخت سرعت حرکت و البته نگه‌داشت آفت‌کش توسط بیوچار در شرایط اشباع باشد.

بیش‌ترین مقدار ضریب انتشارپذیری مربوط به تیمار شاهد ۱۵ سانتی‌متری بود و کم‌ترین مقدار انتشارپذیری در تیمار بیوچار ۳ درصد وزنی با طول ستون ۳۰ سانتی‌متری مشاهده گردید (جدول ۳). بیش‌ترین زمان رسیدن به تعادل بین غلظت ورودی و خروجی مربوط به بیوچار ۳ درصد وزنی با طول ۳۰ سانتی‌متری بوده که حدود ۱۸۰ دقیقه طول کشید و کم‌ترین زمان تعادل مختص بیوچار ۳ درصد وزنی با طول ۱۵ سانتی‌متری بوده که حدود ۶۰ دقیقه بوده و علت آن افزایش خلل و فرج خاک توسط بیوچار می‌باشد. به دلیل کوتاه بودن طول ستون خاک، آفت‌کش فرصت کافی برای جذب در سطوح ویژه بیوچار را پیدا نمی‌کند که در نتیجه ضریب انتشارپذیری بیش‌تری نسبت به نمونه ۳۰ سانتی‌متری دارا می‌باشد. چالوب و همکاران (۲۰۱۳) طی آزمایش‌هایی که بر روی مواد آلی متفاوت انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با افزایش مواد آلی انتشارپذیری کاهش می‌یابد (۵).

غلظت اولیه و C غلظت اندازه‌گیری شده، U تعداد حجم منافذ مایع و 0.16 برابر است با مقدار عبارت $\frac{U-1}{U^{0.5}}$ زمانی که مقدار غلظت نسبی (C/C_0) برابر 0.16 باشد و D^* ضریب پخشیدگی مولکولی است که برای دلتامترین $10^{-6} \times 1/24$ سانتی‌مترمربع بر ثانیه می‌باشد (۱۲).

آنالیز آماری: پژوهش حاضر به صورت طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی بوده و جهت مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مورد بررسی از آزمون آماری LSD استفاده شد. ارور بارهای به‌دست آمده برای تیمارها standard deviations می‌باشد که با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 به‌دست آمده است.

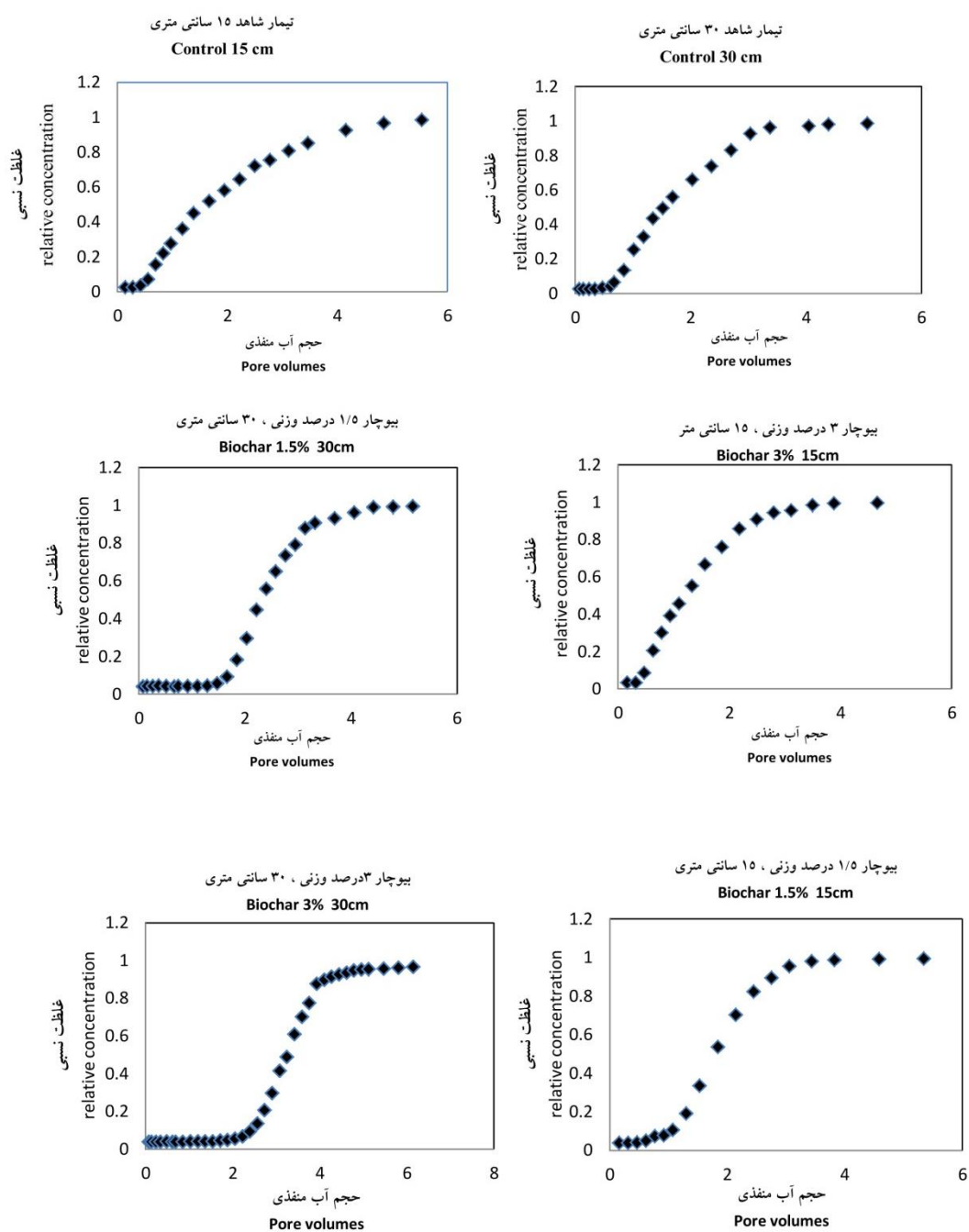
نتایج و بحث

ضریب انتشارپذیری و منحنی رخنه: مقادیر انتشارپذیری هیدرودینامیک (D) و ضریب انتشارپذیری (α) آفت‌کش دلتامترین برای تیمارهای مختلف و ستون‌های آزمایشگاهی شامل اعماق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری با استفاده از مدل تحلیلی بریگهام محاسبه شد (جدول ۳). با توجه به شکل ۱ و آزمایش‌های صورت گرفته بر روی ستون‌های خاک مشاهده می‌شود که بیوچار جذب آفت‌کش را بیش‌تر می‌کند. طبق نتایج حاصل شده سرعت آب در منافذ این خاک دارای تفاوت کمی هستند که احتمالاً دلیل مهم، نزدیک بودن به جریان‌های پیستونی و موئینه‌ای است.

جدول ۳- مقادیر ضریب انتشارپذیری، ضریب انتشار و سرعت حرکت املاح در تیمارها با استفاده از روش بریگهام.

Table 3. Values of Dispersion coefficient, Hydrodynamic dispersion and velocity of solutes in treatments using Brigham's method.

بیوچار ۳ درصد وزنی Biochar 3%		بیوچار ۱/۵ درصد وزنی Biochar 1.5%		شاهد Control		تیمار Treatment
30	15	30	15	30	15	طول نمونه (cm) Soil column length
0.92	3.59	1.27	1	3.91	5.37	ضریب انتشارپذیری α (cm) Dispersion coefficient
0.92	4.19	1.41	1.57	3.96	5.57	انتشارپذیری هیدرودینامیک D (cm^2/min) Hydrodynamic dispersion
1.1	1.16	1.1	1.14	1	1.04	سرعت حرکت املاح V (cm/min) velocity



شکل ۱- منحنی رخنه تیمارهای مورد مطالعه در ستون‌های ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری.

Figure 1. The Breakthrough curves of the studied treatments in 15 and 30 cm columns.

پژوهش‌های صورت گرفته وابستگی انتشارپذیری و فاصله انتقال در خاک‌های ماسه‌ای تأیید شده است (۲)، اما در برخی دیگر نوسان مقادیر انتشارپذیری در محدوده قابل قبول ناشی از خطاهای آزمایشی و عوامل دیگر دانسته شده است (۱۴).

در ستون‌های ۳۰ سانتی‌متری علی‌رغم افزایش تخلخل مشاهده می‌گردد که زمان تعادل بیشتر از سایر تیمارها است که می‌تواند بیانگر سطح تماس بیشتر آفت‌کش با سطوح بیوچار و افزایش جذب توسط سطوح ویژه بیوچار باشد. در برخی

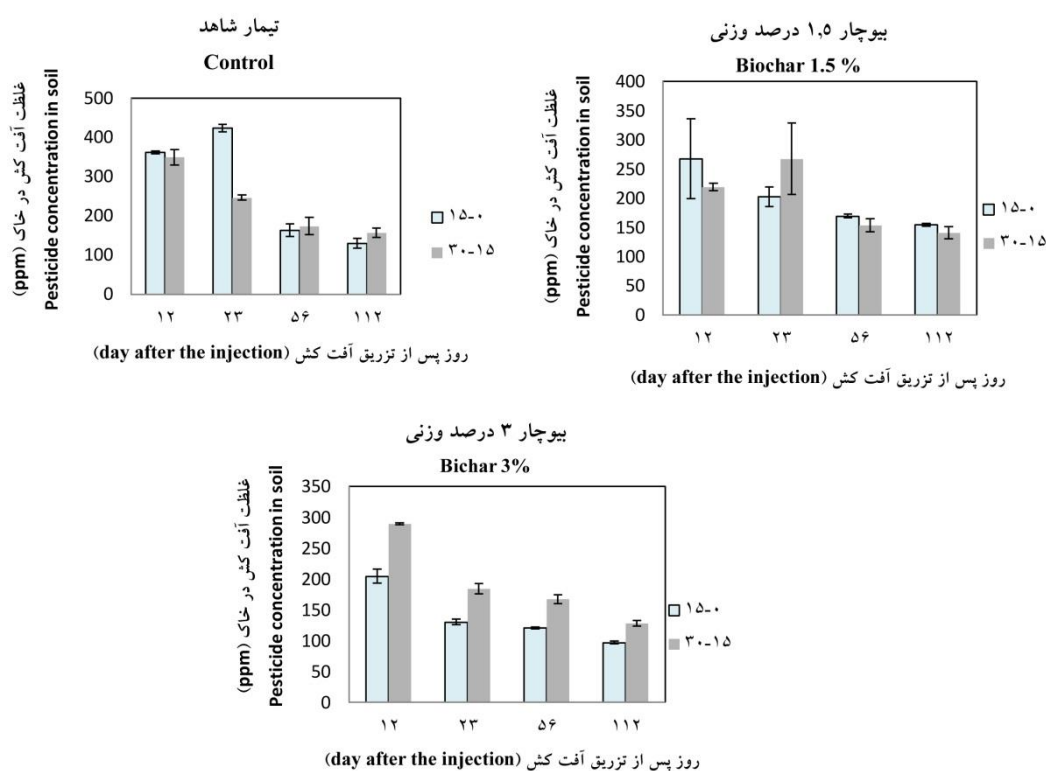
غلظت باقی‌مانده آفت‌کش در ستون‌های خاک:
حضور ماده اصلاح‌کننده بیوچار در خاک نشان‌دهنده ایجاد تغییرات بر باقی‌مانده غلظت آفت‌کش در تیمارهای مختلف بوده است و همچنین بازه‌های زمانی هم اثر مشابهی بر روی غلظت باقی‌مانده آفت‌کش در خاک دارد و به این معنی است که غلظت‌ها در طول زمان تغییرات معنی‌داری با یکدیگر داشتند.

در تیمارهای بیوچار به دلیل سطح ویژه بالای آن مقدار جذب بیش‌تری است (۳). طبق نتایج تا حدود دو برابر مدت زمان نیمه عمر آفت‌کش، مقدار زیادی از آن در سطح خاک تثبیت می‌شود و با اعمال آبیاری به مرور بخشی از آن به اعماق پایین‌تر نفوذ می‌کند. همچنین بین جذب آفت‌کش و درصد بیوچار همبستگی وجود دارد (۷)، به طوری که هرچه مقدار بیوچار اعمال شده در خاک بیش‌تر شود میزان جذب آفت‌کش به صورت غیرخطی افزایش می‌یابد (۱۳). تیمارهای بیوچار پس از دوره زمانی دوم دارای اختلاف معنی‌دار نبوده و به این معنی است که زودتر به تعادل می‌رسند و غلظت را در حد ثابتی به مدت طولانی‌تری در خاک حفظ می‌کنند.

در شکل ۲ در تیمار شاهد مشاهده شد که در زمان برداشت اول غلظت دو عمق نسبتاً به هم نزدیک بوده که نشان‌دهنده پخشیدگی آفت‌کش در اعماق خاک می‌باشد و خلل و فرج خاک پر از آفت‌کش دلتامترین شده و جذب اندکی در سطح خاک صورت گرفته است. در روز ۱۲۳م پس از انجام آزمایش نتایج آنالیز غلظت آفت‌کش در خاک نشان داد که آفت‌کش پخش شده در خاک همراه با جریان موئینه آب آبیاری به سمت بالا صعود کرده و در سطح خاک تجمع می‌یابد. اما با آبیاری مجدد آفت‌کش وارد شده به خاک با جریان نفوذ عمقی از خاک زهکش شده که

در ۵۶ و ۱۱۲ روز پس از شروع آزمایش غلظت آفت‌کش باقی‌مانده در خاک کاهش یافته و مشاهده می‌شود آفت‌کش در اعماق خاک بیش‌تر از سطح آن بوده و خاک بدون ماده اصلاح‌کننده نقشی در جذب آفت‌کش نداشته است.

در مراحل اولیه نمونه‌برداری غلظت آفت‌کش در خاک همراه با اصلاح‌کننده بیوچار کم‌تر است. پژوهش‌های صورت گرفته توسط جیوری و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد بیوچار سبب افزایش جذب آفت‌کش شده و محدودکننده تحرک آن در خاک می‌گردد (۱۰) و همچنین پژوهش‌های دنگ و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشت با افزایش درصد وزنی بیوچار در خاک جذب آفت‌کش در خاک افزایش یافته و به دنبال آن غلظت آفت‌کش در خاک کاهش می‌یابد (۷). در تیمار بیوچار ۱/۵ درصد وزنی در روز ۱۱۲م پس از شروع آزمایش، آفت‌کش در سطح خاک تجمع یافته و به مرور زمان به اعماق خاک انتقال می‌یابد ولی در تیمار بیوچار ۳ درصد وزنی مشاهده می‌شود که غلظت آفت‌کش در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری بیش‌تر شده است. با افزایش عمق انتشارپذیری کاهش یافته و جذب آفت‌کش توسط سطوح بیوچار بیش‌تر می‌شود به طوری که بیش‌ترین جذب آفت‌کش در خاک در تیمار بیوچار سه درصد وزنی مشاهده می‌شود. تیمار بیوچار ۱/۵ درصد وزنی سبب شده که در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر خاک ۲۶ درصد و در عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری ۳۷ درصد غلظت کم‌تری آفت‌کش در خاک باقی‌مانده و در تیمار بیوچار ۳ درصد وزنی در عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متری خاک حدود ۴۳ درصد و عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر حدود ۱۷ درصد غلظت آفت‌کش کم‌تری در خاک وجود داشته باشد که با نتایج ضرایب انتشارپذیری همخوانی دارد.



شکل ۲- تغییرات غلظت آفت کش خاک برای تیمارها.

Figure 2. Changes in soil pesticide concentration for treatments.

تجزیه زیستی از نقطه نظر اقتصادی و زیست محیطی بهترین راهکار برای حذف آلاینده‌های دیرپا از محیط زیست می‌باشد. بیوچار به علت سطح ویژه بالایی که دارد نقش بسیار زیادی در زمینه جذب آب و مواد شیمیایی دارد. از سوی دیگر تولید بیوچار بسیار راحت و مقرون به صرفه بوده و موادی که از آن در تولید بیوچار استفاده می‌شود قابل دسترس بوده و غالباً به عنوان دور ریز و پسماند می‌باشند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان به ترتیب از دانشگاه بوعلی سینا همدان و پیام‌نور جهت حمایت مالی و مساعدت در اجرای آزمایش‌ها، تقدیر و تشکر می‌نمایند.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که ضریب انتشارپذیری در ستون‌های ۱۵ سانتی متری برای تیمارهای شاهد، بیوچار ۱/۵ درصد، بیوچار ۳ درصد به ترتیب: ۵/۳۷، ۱ و ۳/۵۹ سانتی متر به دست آمد. همچنین ضریب انتشارپذیری در ستون‌های ۳۰ سانتی متری برای تیمارهای شاهد، بیوچار ۱/۵ و بیوچار ۳ درصد وزنی به ترتیب: ۳/۹۱، ۱/۲۷ و ۰/۹۲ سانتی متر به دست آمد. شکل منحنی رخنه به نوع ترکیب تیمار بستگی دارد. همچنین شرایط خاک، سرعت جریان آب، توزیع سرعت املاح منحنی رخنه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

به منظور کاهش آشویی آلاینده‌ها از جمله آفت‌کش‌ها و سایر آلاینده‌های قطبی در بخش کشاورزی می‌توان از مواد آلی در خاک استفاده کرد.

داده‌ها و اطلاعات

مبنای داده‌ها و اطلاعات مقاله حاضر، پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد نویسنده سوم است که در تیر سال ۱۳۹۸ به اتمام رسیده است.

مشارکت مهیار قطرانی به عنوان نویسنده سوم مقاله مدلسازی آزمایشگاهی، داده‌برداری، تفسیر و تحلیل داده‌های مقاله می‌باشد.

تعارض منافع

در این مقاله، تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این مقاله به شرح زیر است:

مشارکت امید بهمنی به عنوان نویسنده مسئول مقاله، نظارت و راهنمایی بر روند مدلسازی، بررسی و کنترل نتایج و ویرایش نهایی متن مقاله می‌باشد.

مشارکت وحید اطلسی پاک به عنوان نویسنده دوم مقاله تأمین امکانات و تفسیر و تحلیل آماری داده‌های مقاله می‌باشد.

حمایت مالی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه اتمام یافته مقطع کارشناسی ارشد می‌باشد که تحت حمایت مالی دانشگاه بوعلی سینا همدان در قالب گرنت دانشجویی و گرنت استاد راهنما انجام گردیده است.

منابع

- Ahmad, M., Rajapaksha, A.U., Lim, J.E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S.S., and Ok, Y.S. 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere*. 99: 19-33.
- Al-Tabbaa, A., and Ayotamuno, J.M. 2000. One dimensional solute transport in stratified sands at short travel distances. *Journal of Hazardous Materials*. 73: 1-15.
- Cabrera, A., Cox, L., Spokas, K.A., Celis, R., Hermosín, M.C., Cornejo, J., and Koskinen, W.C. 2011. Comparative sorption and leaching study of the herbicides fluometuron and 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid (MCPA) in a soil amended with biochars and other sorbents. *Journal of agricultural and food chemistry*. 59(23): 12550-12560.
- Celis, R., Barriuso, E., and Houot, S. 1998. Sorption and desorption of atrazine by sludge-amend soil: Dissolved organic matter effects. *Journal of Environmental Quality*. 27: 1348-1356.
- Chalhoub, M., Coquet, Y., and Vachier, P. 2013. Water and Bromide Dynamics in a Soil Amended with Different Urban Composts. *Vadose Zone Journal*. 12 (1): 1-11.
- Chen, G., Lin, C., Chen, L., and Yang, H. 2010. Effect of size-fractionation dissolved organic matter on the mobility of prometryne in soil. *Chemosphere*. 79: 1046-1055.
- Deng, H., Feng, D., He, J.X., Li, F., Yu, H., and Ge, C. 2017. Influence of biochar amendments to soil on the mobility of atrazine using sorption-desorption and soil thin-layer chromatography. *Ecological Engineering*. 99: 381-390.
- Farasati, M., and Seyedian, S. 2013. Effect of Scale on NaCl Dispersivity by HYDRUS 2D. *Water and Soil*. 27(4): 823-831. doi: 10.22067/jsw.v0i0.28204 (In Persian)
- Gámiz, B., Pignatello, J.J., Cox, L., Hermosín, M.C., and Celis, R. 2016.

- Environmental fate of the fungicide metalaxyl in soil amended with composted olive-mill waste and its biochar: an enantioselective study. *Science Total Environment*. 541: 776-783.
10. Giori, F.G., Tornisielo, V.L., and Regitano, J.B. 2014. The role of sugarcane residues in the sorption and leaching of herbicides in two tropical soils. *Water Air Soil Pollution*. 225: 1935-1938.
 11. Heidari, A. 2014. A Review on the Position of the Carcinogenic Hazards of pesticides Registered in Iran. *Journal of Novel Researches on Plant Protection*. 6(1): 16-1. (In Persian)
 12. Pickens, J.F., and Grisak, G.E. 1981. Scale-dependent dispersion in a stratified granular aquifer. *J. Water Resource Reseach*. 17(4): 1191-1211.
 13. Manna, S., and Singh, N. 2015. Effect Of Wheat and rice straw biochars on pyrazosulfuronethyl sorption and persistence in a sandy loam soil". *environmental science and health, Part B*. 50: 463-472.
 14. Maroufpour, E., Kashcoli, H., and Moazed, H. 2006. Study of thickness dependence dispersion in unsaturated homogeneous soils of sand. *Science Journal of Shahid Chamran University*. 14: 13-23.
 15. Moore, A., and Waring, C.P. 2001. The effects of a synthetic pyrethroid pesticide on some aspects of reproduction in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquatic toxicology*. 52(1): 1-12.
 16. Mudhoo, A., and Garg, V.K. 2011. Sorption, transport and transformation of atrazine in soils, minerals and composts: a review. *Pedosphere*. 21 (1): 11-25.
 17. Ouyang, L., Wang, F., Tang, J., Yu, L., and Zhang, R. 2013. Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. *Journal of soil science and plant nutrition*. 13(4), 991-1002.
 18. Rigotto, R.M., Vasconcelos, D.P., and Rocha, M.M. 2014. Pesticide use in Brazil and problems for public health. *Cadernos de Saúde Pública*. 30: 1360-1362.
 19. Rigi, M., and Farahbakhsh, M. 2017. Effects of Dissolved Organic Matter on Sorption of Metribuzin Herbicide by Two Different Soils. *Water and Soil*. 31(5): 1313-1324. doi: 10.22067/jsw.v31i5.57650 (In Persian)
 20. Thies, J.E., and Rillig, M.C. 2009. Characteristics of biochar: biological properties. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. pp. 85-105.
 21. Weston, D.P., Ding, Y., Zhang, M., and Lydy, M.J. 2013. Identifying the cause of sediment toxicity in agricultural sediments: the role of pyrethroids and nine seldom-measured hydrophobic pesticides. *Chemosphere*. 90: 958-964.
 22. Zhang, X., and Wu, Y. 2016. Laboratory experiments and simulations of MTBE transport in layered heterogeneous porous media. *Environmental Earth Sciences*. 75(9): 1-10.

