

Effect of burning wheat straw and stubble on water repellency and some soil properties in the fields of Dezful city

Kamran Mohsenifar^{*1} , Atefeh Mohamadzadeh² 

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: mohsenifar@live.com
2. M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. E-mail: mohamadzadeh.a@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 02.27.2023
Revised: 08.28.2023
Accepted: 09.21.2023

Keywords:
Electrical conductivity,
Hydrophilicity,
Permeability,
Water drop penetration time,
Water Repellency Class

ABSTRACT

Background and Objectives: Burning plant residues is one of the most common methods of agricultural land management, but the concern about its negative environmental consequences is spreading. The purpose of this research is to investigate the effect of burning wheat straw and stubble on soil water repellency and its temporal changes in soil properties.

Materials and Methods: For this purpose, the remains and stubble left from the wheat fields were collected and placed on the surface of the field with a thickness of 0, 2, and 10 cm, and fire was carried out. Then, three times (24 hours, 10 and 30 days) after the fire, together with the Blank (before the fire), samples were taken from the 0-5 cm layer of the surface soil and some soil characteristics including soil pH, Electrical conductivity (EC), Organic matter (OM), abundance percentage of soil particles, permeability, soil water repellency were measured using molarity of ethanol droplet (MED) and water drop penetration time (WDPT). A total of 36 plots (4*3*3) were factorial designs implemented in a randomized complete block. In the WDPT method, by placing three drops of water with a medical dropper on the smooth surface of the soil, the duration of penetration and absorption of the drops by the soil was measured. To measure the amount of water infiltration into the soil, it was measured with three repetitions of the double cylinder test.

Results: Variance analysis of the effect of fire time on some soil characteristics of the studied area showed that fire affects the soil characteristics with a probability of 99% for electrical conductivity, soil pH, organic matter, sand, silt, clay, Mean Weight Diameter, phosphorus and Sodium. The results showed that after the fire, the amount of water infiltration into the soil decreased from 21.2 to 7.54 mm/h and electrical conductivity, soil reaction, phosphorus, potassium and absorbable, exchangeable sodium and silt were 29.50, respectively. 2.53, 169.84, 5.68, 9.79 and 10.48% increased and organic matter, sand, clay and MWD decreased by 16.09, 13.67, 7.11 and 45.8% respectively. The results showed that in terms of hydrophobicity, the soil of the region is in the Wettable class, after 24 hours after the fire, the WDPT reached 67.55 seconds and it turned into a soil with Slightly Water Repellency, so that with increasing depth, the number of residues and WDPT increased and reached its maximum of 67.79 seconds.

Conclusion: The burning of wheat residues in the fields of Dezful City increased soil nutrients including phosphorus, potassium, sodium and the

relative percentage of silt compared to before the fire. After the fire and the increase in soil temperature, the hydrophobicity class of the soil changed from hydrophilic to low hydrophobicity. The results showed that the water repellency caused by fire depends on the duration of time after the fire so that it returns to a lower level with the passage of time and then its changes stop. Also, burning the residues decreased the permeability of the soil so that the permeability class changed from Very rapid to medium. Fire and burning of plant remain increase soil salinity and pH, which can be effective in reducing crop efficiency.

Cite this article: Mohsenifar, Kamran, Mohamadzadeh, Atefeh. 2023. Effect of burning wheat straw and stubble on water repellency and some soil properties in the fields of Dezful city. *Journal of Water and Soil Conservation*, 30 (3), 87-105.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2023.21136.3628

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

اثر سوزاندن کاه و کلش گندم بر آب‌گریزی و برخی ویژگی‌های خاک در مزارع شهرستان دزفول

کامران محسنی فر^{۱*}، عاطفه محمدزاده^۲

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: mohsenifar@live.com
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: mohamadzadeh.a@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی	سابقه و هدف: سوزاندن بقایای گیاهی یکی از معمولی‌ترین روش مدیریت زمین‌های زراعی است ولی نگرانی در مورد پیامدهای منفی زیست‌محیطی ناشی از آن در حال گسترش است. هدف از این پژوهش بررسی اثر آتش زدن کاه و کلش گندم بر آب‌گریزی خاک و تغییرات زمانی آن بر ویژگی‌های خاک است.
تاریخ دریافت: ۰۱/۱۲/۰۸	
تاریخ ویرایش: ۰۲/۰۶/۰۶	
تاریخ پذیرش: ۰۲/۰۶/۳۰	
واژه‌های کلیدی: آب‌دوست، زمان نفوذ قطره آب، قابلیت هدایت الکتریکی، کلاس آب‌گریزی، نفوذپذیری	مواد و روش‌ها: به این منظور اقدام به جمع‌آوری بقایا و کاه کلش به‌جای مانده از مزارع گندم کرده و به ضخامت ۰، ۲ و ۱۰ سانتی‌متر روی سطح خاک مزرعه قرار گرفت و آتش‌سوزی انجام شد. سپس در سه زمان (۲۴ ساعت، ۱۰ و ۳۰ روز) پس از آتش‌سوزی همراه با شاهد (قبل از آتش‌سوزی) از لایه ۰-۵ سانتی‌متری خاک سطحی نمونه‌برداری و برخی ویژگی‌های خاک شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، مواد آلی، درصد فراوانی ذرات خاک، نفوذپذیری، آب‌گریزی خاک به روش مولاریته قطره اتانول MED و زمان نفوذ قطره آب WDPT اندازه‌گیری شد. در مجموع ۳۶ کرت (۳×۳×۴) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اجرا شد. در روش WDPT با قرار دادن سه قطره آب با قطره‌چکان پزشکی روی سطح صاف خاک مدت‌زمان نفوذ و جذب قطره‌ها توسط خاک اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری مقدار نفوذ آب به خاک از آزمایش استوانه‌های دوگانه با سه تکرار اندازه‌گیری شد.
	یافته‌ها: تجزیه واریانس اثر زمان آتش‌سوزی بر روی برخی از خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه نشان داد آتش‌سوزی روی خصوصیات خاک با احتمال ۹۹ درصد برای هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک، مواد آلی، شن، سیلت، رس، میانگین وزنی قطر، فسفر و سدیم معنی‌دار است. نتایج نشان داد که پس از انجام آتش‌سوزی مقدار نفوذ آب به خاک از ۲۱/۲ به ۷/۵۴ میلی‌متر بر ساعت کاهش یافت و هدایت الکتریکی، واکنش خاک، فسفر، پتاسیم و

قابل جذب، سدیم تبادلی و سیلت به ترتیب ۲۹/۵۰، ۲/۵۳، ۱۶۹/۸۴، ۵/۶۸، ۹/۷۹ و ۱۰/۴۸ درصد افزایش یافت و مواد آلی، شن، رس و MWD به ترتیب ۱۶/۰۹، ۱۳/۶۷، ۷/۱۱ و ۸/۴۵ درصد کاهش پیدا کرد. نتایج نشان داد از نظر آب‌گریزی خاک منطقه در کلاس آب‌دوست قرار دارد که پس از گذشت ۲۴ ساعت پس از آتش‌سوزی، WDPT به ۵۵/۶۷ ثانیه رسید و به خاک با آب‌گریزی کم تبدیل شد به طوری که با افزایش عمق، میزان بقایا و WDPT افزایش یافت و به حداکثر خود یعنی ۷۹/۶۷ ثانیه رسید.

نتیجه‌گیری: سوزاندن بقایای گندم مزارع شهرستان دزفول باعث افزایش عناصر غذایی خاک از جمله فسفر، پتاسیم، سدیم و درصد نسبی سیلت نسبت به قبل از آتش‌سوزی شد. پس از آتش‌سوزی و افزایش دمای خاک، کلاس آب‌گریزی خاک از آب‌دوست به کلاس آب‌گریزی کم تغییر کرد. نتایج نشان داد آب‌گریزی ناشی از آتش‌سوزی، بستگی به مدت‌زمان پس از آتش‌سوزی دارد به طوری که با گذشت زمان به سطح پایین‌تر برمی‌گردد و سپس تغییرات آن متوقف می‌شود. هم‌چنین سوزاندن بقایا باعث کاهش نفوذپذیری خاک شد به طوری که کلاس نفوذپذیری از کلاس خیلی سریع به متوسط تغییر یافت. آتش‌سوزی و سوزاندن بقایای گیاهان باعث افزایش شوری و pH خاک شده که می‌تواند در کاهش راندمان محصول مؤثر باشد.

استناد: محسنی‌فر، کامران، محمدزاده، عاطفه (۱۴۰۲). اثر سوزاندن کاه و کلش گندم بر آب‌گریزی و برخی ویژگی‌های خاک در مزارع شهرستان دزفول. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۳۰ (۳)، ۸۷-۱۰۵.

DOI: 10.22069/jwsc.2023.21136.3628



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

بسیاری از اختلالاتی که به‌طور طبیعی و بدون دخالت انسان رخ می‌دهد و هم‌چنین اختلال متأثر از مدیریت و دخالت انسان از جمله آتش‌سوزی‌های عمدی و غیرعمدی که در طبیعت اتفاق می‌افتد از جمله مواردی است که خصوصیات خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. آتش‌سوزی باعث می‌شود ویژگی‌های ساختمانی خاک را تحت‌تأثیر قرار دهد (۱). آب‌گریزی یک پدیده فیزیکی است که آب نمی‌تواند یا به‌سختی می‌تواند خاک را مرطوب کند (۲). وقوع و پیامدهای آب‌گریزی خاک در بسیاری از نقاط جهان گزارش شده اما مکانیسم و دلیل آن کم‌تر شناخته شده است (۳). عوامل زیادی بر ویژگی آب‌گریزی خاک مؤثر است که از جمله می‌توان به رس‌ها، کاتیون‌های تبادلی، تر و خشک شدن، میزان رطوبت خاک، نیتروژن خاک و پوشش‌های آلی آب‌گریز اشاره کرد (۴ و ۵). عوامل دیگر نیز در وقوع این پدیده نقش دارند، از جمله می‌توان به باران و خشک‌سالی (۶)، اندازه خاکدانه‌های خاک (۷)، pH خاک (۸)، وجود برخی گونه‌های قارچی در خاک (۹) و آتش‌سوزی (۱۰ و ۱۱) اشاره کرد. معمولی‌ترین پدیده در زمان خشک‌سالی خاک پدیده آب‌گریزی است (۱۲). در خاک‌ها هلند حدود ۷۵ درصد خاک‌های کشاورزی به میزان متوسط تا شدید با آب‌گریزی خاک مواجه هستند و ۹۵ درصد خاک‌های بکر، آب‌گریزی در سطح خاک را نشان می‌دهند (۱۳). آتش‌سوزی علاوه بر تغییر در خاک و شرایط محیطی باعث هدررفت عناصر غذایی از طریق تصعید، آبخوبی و افزایش فرسایش آبی می‌شود (۱۴). سوزاندن بقایای گیاهی یکی از معمولی‌ترین روش مدیریت زمین‌های زراعی است (۱۵) که در بسیاری از کشورها به‌منظور آماده کردن زمین برای کشت بعدی (۱۶)، کنترل علف‌های هرز، کاهش خطر ابتلا به آفات

و بیماری‌های گیاهی (۱۷) و آزادسازی بقایای کودهای باقی‌مانده (۱۸) استفاده می‌شود. اگرچه سوزاندن بقایای گیاهان یک روش مفید در کشاورزی است، ولی نگرانی در مورد پیامدهای منفی زیست‌محیطی ناشی از آن در حال گسترش است. از جمله آثار منطقه‌ای و اقلیم جهانی آن، کاهش کیفیت هوا و گسترش گازهای گلخانه‌ای است (۱۹) که علاوه بر آلودگی هوا و محیط‌زیست، مشکلاتی مانند هدرروی ماده آلی خاک و کاهش بلندمدت حاصلخیزی خاک را در پی دارد و باعث آلودگی خاک و آب می‌شود (۲۰). آتش‌سوزی یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار بر ایجاد و تشدید آب‌گریزی خاک است (۱۳). گرمای حاصل از آتش‌سوزی قادر است نفوذپذیری خاک به آب را کاهش دهد و گرمای ایجادشده در این شرایط باعث بخار شدن مواد آب‌گریز آلی شده و حرکت آن‌ها در لایه‌های سردتر موجب تشکیل لایه آب‌گریز در عمق مشخصی از خاک می‌گردد (۲۱).

و گل‌من و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که ماهیت آب‌گریز بودن خاک، به کمیت مواد آلی بستگی ندارد بلکه به کیفیت آن‌ها وابسته است. مواد آلی که باعث دفع آب توسط خاک می‌شوند ممکن است منابع مختلفی داشته باشند. پوشش گیاهی محلی، بسته به نوع ترکیب شیمیایی، ممکن است به ترکیبات آلی آب‌گریز کمک کند (۱۱). ژائو و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی آب‌گریزی خاک علفزارهای مغولستان، ۸۰ نمونه از عمق (۰-۱۰ سانتی‌متری) خاک سطحی جمع‌آوری و براساس زمان نفوذ قطره آب (WDPT)^۱، مقدار آب‌گریزی را اندازه‌گیری کردند و ارتباط ویژگی‌های شیمیایی خاک با آب‌گریزی موردبررسی قرار دادند، نتایج پژوهش ایشان نشان داد آب‌گریزی رابطه مستقیم با مواد آلی، نیتروژن کل و نیتروژن قابل‌جذب و نیز ارتباط ضعیفی با کربنات،

1- Water Drop Penetration Time

آب‌گریزی خاک؛ بررسی اثر سوزاندن بقایای گیاهی گندم بر آب‌گریزی و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزارع گندم مرکز تحقیقات کشاورزی دزفول انجام شد. این منطقه در شمال غرب استان خوزستان با مختصات $32^{\circ} 32'$ عرض شمالی با ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا و در فاصله ۱۲۰ کیلومتری شهر اهواز واقع است (شکل ۱). میانگین دما در فصل تابستان $31/2$ درجه سلسیوس و حداکثر آن بیش از ۵۲ درجه سلسیوس می‌رسد. میانگین دما در فصل زمستان $14/9$ درجه سلسیوس و حداقل آن گاهی تا ۵ درجه زیر صفر کاهش می‌یابد. تقریباً تمامی باران در فصل زمستان می‌بارد و میزان بارندگی استان ۲۶۵ میلی‌متر بوده و دوره خشکی هفت ماه هست. میزان تبخیر پتانسیل از تشتک تبخیر برای استان خوزستان بین ۲۰۰۰ تا ۳۵۳۶ میلی‌متر است (۲۵).

از نقاط مختلف مزرعه گندم از لایه ۰-۵ سانتی‌متری نمونه مرکب دو کیلوگرمی خاک تهیه و در کیسه پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد و برخی ویژگی اولیه خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱). بدین ترتیب که پس از خشک کردن نمونه‌ها مواد آلی از طریق به‌دست آوردن کربن آلی به روش والکلی بلاک (۲۶) و ضرب در عدد $1/72$ به‌دست آمد. قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش عصاره گل اشباع خاک به ترتیب با استفاده از EC متر و pH متر (۲۷)، پتاسیم قابل جذب و سدیم تبادلی از روش استات آمونیم یک نرمال (۲۸)، فسفر قابل جذب به روش اولسن، (۲۹)، بافت خاک به روش هیدرومتری (۳۰)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD^1) با استفاده از روش الک تر

فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و واکنش خاک در منطقه مورد مطالعه دارد (۳). لیو و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تغییرات خاصیت آب‌گریزی خاک تحت آبیاری پساب‌های تصفیه شده و در مقایسه با آب شیرین، از مدل‌های رگرسیونی استفاده کرده و نشان دادند پساب افزوده شده به خاک در مقایسه با آب شیرین آب‌گریزی بیشتری در خاک ایجاد می‌کند (۲۲). کریمیان و همکاران (۲۰۱۶) ویژگی‌های هیدرولیکی خاک‌هایی با درجات متفاوت آب‌گریزی خاک را مورد بررسی قرار داده و به روش زمان نفوذ قطره آب (WDPT) آب‌گریزی در تیمارهای مختلف لجن فاضلاب اندازه‌گیری کردند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد آبیاری با لجن فاضلاب باعث افزایش آب‌گریزی خاک می‌شود (۲۳). اعظمی و پوره‌اشم زهی (۲۰۱۸) در بررسی آثار آتش‌های عمدی بخش کشاورزی بر محیط‌زیست مشخص کردند که آتش‌سوزی باعث کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش فرسایش آبی و بادی، نابودی ریزجانداران بسیار مفید و آلودگی‌های هوا، کاهش نفوذ آب باران، ایجاد رواناب‌های سطحی، افزایش تبخیر و نیاز به آبیاری بیش‌تر می‌شود (۲۴).

از پدیده‌هایی که بر محیط‌زیست و به‌ویژه خاک، آثار نامطلوبی دارد و در ایران گسترش زیادی دارد آتش‌سوزی گیاهان خشکیده از دوره کشت قبلی است که عموماً در ابتدای فصل تابستان و در مناطق گرمسیری جنوب کشور از اواسط اردیبهشت‌ماه انجام می‌شود. هدف اصلی از آتش‌سوزی مزارع، آن است که کشاورز زمین را برای کشت دوم یا کشت تابستانه آماده کند و این آتش‌سوزی‌ها به‌صورت عمدی انجام می‌شود و حتی در برخی نقاط کشور دیده‌شده که برای مقابله با لارو حشرات نیز از روش سوزاندن بقایای گیاهی استفاده می‌کنند. با در نظر گرفتن آثار نامطلوب آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک، هم‌چنین توجه کم‌تر پژوهش‌گران به موضوع اثرات آن بر

1- Mean Weight Diameter

با سری الک‌های با قطر سوراخ ۴، ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و نوسان ۱/۳ سانتی‌متر و مدت زمان ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد (۳۱).
۰/۰۵ میلی‌متر با سرعت ۳۰ نوسان در دقیقه با فاصله

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های اولیه خاک منطقه مورد مطالعه.

Table 1. Some of the first characteristics of the soil in the study area.

رس	سیلت	شن	مواد آلی	سدیم	پتاسیم	فسفر	واکنش خاک	قابلیت هدایت الکتریکی
Clay	Silt	Sand	OM	Na	K	P	pH	EC
	%		meq/100gS.		mg/kg			dS/m
27.97	49.00	23.03	1.88	1.6	176	1.96	7.56	3.36

برای اندازه‌گیری مقدار نفوذ آب به خاک از آزمایش استوانه‌های دوگانه به قطر داخلی استوانه خارجی ۶۰ سانتی‌متر قبل و پس از آتش‌سوزی با سه تکرار در مزرعه انجام شد (۳۳). به این صورت که در طی انجام آزمایش زمانی که طول می‌کشید تا ۲ سانتی‌متر آب به خاک نفوذ کند یادداشت و این کار تا زمان اشباع خاک از آب ادامه یافت. در کل زمان آزمایش ارتفاع آب روی سطح خاک در داخل استوانه ۱۰ سانتی‌متر ثابت نگه‌داشته شد. قرائت میزان نفوذ از روی خط‌کش مدرج در ۱۰ دقیقه ابتدای آزمایش بافاصله زمانی ۱ دقیقه و سپس بافاصله ۱۰ دقیقه‌ای انجام پذیرفت. در برخی موارد که سرعت نفوذ بالا بود در فواصل زمانی کوتاه‌تر نیز قرائت انجام شد و براساس جدول ۲ مقدار نفوذ آب به خاک مشخص گردید.

برای انجام آزمایش اقدام به جمع‌آوری بقایای کاه و کلش گندم از سطح مزارع شد. روی سطح خاک به ضخامت ۰، ۲ و ۱۰ سانتی‌متر بقایای گندم قرار گرفت و برای آتش‌سوزی اولیه از مشعل گازی استفاده شد (۱۷). آزمایش تا سوختن کل بقایای گیاهی ادامه یافت (حدود ۴۰ دقیقه) (۳۲) و در زمان‌های ۲۴ ساعت، ۱۰ و ۳۰ روز پس از آتش‌سوزی از لایه ۰-۵ سانتی‌متری سطح خاک سه نمونه مرکب از هر کرت برداشت و پس از مخلوط کردن و عبور از الک دو میلی‌متری ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شد (۳۲) در مجموع ۳۶ کرت (۳*۳*۴) به ابعاد ۱*۱ متر بافاصله بین کرت‌ها یک متر، در قسمتی از مزرعه به ابعاد ۱۴۴ مترمربع انجام گرفت.

جدول ۲- طبقه‌بندی توصیفی مقادیر سرعت نفوذ نهایی خاک (استاندارد وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو).

Table 2. Descriptive of soil final infiltration rate value (Standard of Ministry of Jihad, Agriculture and Ministry of Energy).

مقدار عددی (mm/h)	مقدار توصیفی نفوذپذیری خاک	ردیف
Numerical value	Descriptive value of soil permeability	Row
>20	خیلی سریع Very rapid	1
10-20	سریع Rapid	2
5-10	متوسط Medium	3
2-5	کند Slow	4
<2	خیلی کند Very slow	5

جذب قطره‌ها توسط خاک هست. کلاس آب‌گریزی^۱ خاک نیز براساس تقسیم‌بندی بیستام (۱۹۹۳) تعیین گردید (جدول ۲) (۳۴).

از روش WDPT برای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک استفاده شد که شامل قرار دادن سه قطره آب (توسط قطره‌چکان پزشکی) حدود ۵ میلی‌لیتری روی سطح صاف خاک و اندازه‌گیری مدت‌زمان نفوذ و

جدول ۳- کلاس آب‌گریزی خاک بر اساس زمان نفوذ قطره آب (۳۴).

Table 3. Water repellency class of soil based on water drop penetration time (34).

کلاس آب‌گریزی Water Repellency Class	زمان نفوذ قطره آب (ثانیه) WDPT (S)	آب‌گریزی Water Repellency
1	≤5	آب‌دوست Wettable
2	5-60	آب‌گریزی کم Slightly Water Repellency
3	60-600	آب‌گریزی زیاد Strongly Water Repellency
4	600-3600	آب‌گریزی شدید Severely Water Repellency
5	≥3600	آب‌گریزی خیلی شدید Extremely Water Repellency

سری از محلول‌های آب و الکل با درصد حجمی ۰ تا ۳۶ درصد الکل که دارای کشش سطحی متفاوت هستند برای تعیین شدت آب‌گریزی استفاده شدند. هرچه غلظت اتانول در محلول بیش‌تر باشد کشش سطحی کاهش می‌یابد. شدت آب‌گریزی خاک در این روش در جدول ۴ ذکر شده است.

هم‌چنین روش دوم برای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک استفاده از روش مولاریته قطره اتانول^۲ (MED) بود که توسط واتسن و لتی (۱۹۷۰) ارائه شده بود (۳۵). ایشان در این روش کشش سطحی محلولی را که خاک با آن خیس می‌شود به‌عنوان شاخص آب‌گریزی خاک پیشنهاد دادند. در این روش یک

جدول ۴- کلاس آب‌گریزی آب به روش مولاریته قطره اتانول (۳۵).

Table 4. Water repellency class by Molarity of Ethanol Droplet (MED) method (35).

آب‌گریزی Water repellency							توصیف Describe
بی‌نهایت Extremely	شدید Very Strongly	قوی Strongly	نسبتاً قوی Less Strongly	متوسط Moderately	جزئی Slightly	آب‌دوست Wettable	
36	24	18	13	5.8	5	0	درصد اتانول Ethanol percent
6	5	4	3	2	1	0	کلاس آب‌گریزی Repellency class

1- Water Repellency Class

2- Molarity of Ethanol Droplet

آتش‌سوزی روی همه خصوصیات خاک اندازه‌گیری شده با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار است. در خصوص ضخامت بقایای گیاهی هدایت الکتریکی، شن، سیلت، رس، پتاسیم، ازت و نفوذپذیری با احتمال ۹۹ درصد و میانگین وزنی قطر با احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار است. اثرات متقابل ضخامت و زمان آتش‌سوزی برای هدایت الکتریکی، شن، سیلت، رس، فسفر و نفوذپذیری با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۵).

در این پژوهش از روش نمونه‌برداری تصادفی استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال یک و پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها نیز با Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: تجزیه واریانس اثر زمان آتش‌سوزی بر روی برخی از خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه نشان داد

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر زمان آتش‌سوزی بر ویژگی‌های خاک.

Table 5. Variance analysis of the effect of fire time on soil characteristics.

میانگین مربعات Mean of square											درجه آزادی Df	منابع تغییرات S.O.V
نفوذپذیری	سدیم	پتاسیم	فسفر	میانگین وزنی قطر	رس	سیلت	شن	مواد آلی	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی		
In	Na	K	P	MWD	C	Si	S	OM	pH	EC		
347.47**	0.15**	174.60**	19.16**	0.001**	7.57**	50.99**	19.30**	0.176**	0.064**	1.93**	3	زمان آتش‌سوزی Time of fire
16.18**	0.18**	236.49**	15.43**	0.001*	1.47**	13.05**	6.53**	0.011	0.005	0.034**	2	ضخامت بقایا Depth of
0.012	0.01*	30.25	0.079	0.000	0.324**	0.135	0.686**	0.001	0.002	0.004*	2	تکرار Replication
2.76**	0.06**	44.76	1.83**	0.000	0.241**	1.89**	0.881**	0.009	0.004	0.006**	6	T*D
0.184	0.02	25.04	0.122	0.000	0.045	0.136	0.109	0.012	0.009	0.001	22	خطا Error

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** Respectively significant at the 5 and 1 percent probability level

خصوصیات اندازه‌گیری شده نسبت به تیمارهای آتش‌سوزی اختلاف معنی‌دار دارد (جدول ۶).

آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار تیمارهای آتش‌سوزی نشان داد، تیمار شاهد (بدون آتش‌سوزی) با تمام

جدول ۶- نتایج آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) برای تیمار آتش‌سوزی.

Table 6. Results of least significant difference (LSD) test for fire treatment.

In	MWD	C	Si	S	OM	Na meq/ 100S.	K	P	pH	EC	تیمار
											آتش‌سوزی
تفاوت میانگین‌ها											
Mean Difference											
13.51**	0.012*	1.99**	-5.14**	3.15**	0.23**	-0.16**	-4.51	-3.33**	-0.19**	-0.99**	t ₁
12.72**	0.011*	1.88**	-4.85**	2.97**	0.30**	-0.16**	-10.00**	-2.78**	-0.13**	-0.95**	t ₂ B
9.83**	0.020**	1.46**	-3.99**	2.53**	0.29**	-0.11**	-8.11**	-1.92**	-0.05	-0.79**	t ₃
-13.51**	-0.012*	-1.99**	5.14**	-3.15**	-0.23**	0.16**	4.51	3.33**	0.19**	0.99**	B
-0.79**	-0.00	-0.10	0.28	-0.18	0.08	0.00	-5.49*	0.54**	0.07	0.04*	t ₂ t ₁
-3.68**	0.01	-0.53**	1.15**	-0.61**	0.06	0.42**	-3.60	1.41**	0.14*	0.20**	t ₃
-12.72**	-0.01*	-1.88**	4.85**	-2.97**	-0.31**	0.16**	10.00**	2.78**	0.13**	0.95**	B
0.79**	0.00	0.10	-0.28	0.18	-0.08	-0.00	5.49*	-0.54**	-0.07	-0.04*	t ₁ t ₂
-2.89**	0.01	-0.43**	0.86**	-0.43*	-0.02	0.04**	1.89	0.87**	0.07	0.16**	t ₃
-9.83**	-0.02**	-1.46**	3.99**	-2.53**	-0.29**	0.11**	8.11**	1.92**	0.05	0.79**	B
3.68**	-0.01	0.53**	-1.15**	0.61**	-0.06	-0.04**	3.60	-1.41**	-0.14**	-0.20**	t ₁ t ₃
2.89**	-0.01	0.43**	-0.86**	0.43*	0.02	-0.41**	-1.89	-0.87**	-0.07	-0.16**	t ₂

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** Respectively significant at the 5 and 1 percent probability level

مقدار اسیدیته خاک را درازمدت با جانشین کردن هیدروژن و آلومینیوم جذب‌شده بر کلئیدهای خاک افزایش دهند (۳۹).

قابلیت هدایت الکتریکی (EC): در خاک شاهد پیش از آتش‌سوزی ۳/۳۶ دسی‌زیمنس بر متر بود که میانگین آن پس از اعمال آتش‌سوزی به ۴/۳۵ dS/m افزایش یافت (شکل ۲ ب). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد آتش‌سوزی باعث افزایش قابلیت هدایت الکتریکی شده و از نظر آماری معنی‌دار است. پس از آتش‌سوزی قابلیت هدایت الکتریکی خاک افزایش معنی‌داری یافت و پس از گذشت یک ماه به ۴/۱۴ dS/m رسید که همواره بیش‌تر از شاهد است. احتمالاً به دلیل سوختن مواد آلی باعث آزاد شدن یون‌ها در خاک و افزایش قابلیت هدایت الکتریکی می‌شود. این یافته مشابه نتایج لبرون و همکاران (۲۰۱۲) است (۴۰).

pH خاک: میانگین مقدار pH برای شاهد پیش از آتش‌سوزی ۷/۶۵ بود که پس از آتش‌سوزی به ۷/۸۴ افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان می‌دهد که پس از انجام آتش‌سوزی کاه و کلش مقدار pH نسبت به شاهد افزایش پیدا کرده و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (شکل ۱ الف).

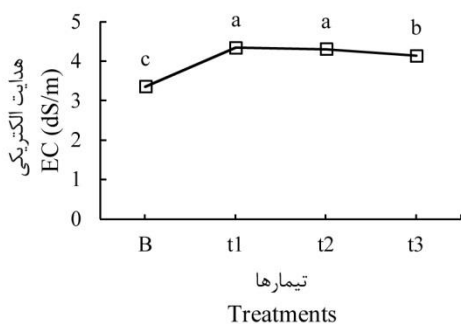
پوشش گیاهی تحت‌تأثیر اسیدیته خاک است، کاتیون‌های هیدروژن و آلومینیوم عامل تعیین‌کننده اسیدیته خاک است. جانشینی این کاتیون‌ها با عناصر دیگر می‌تواند روی اسیدیته خاک تأثیر به‌سزایی داشته باشد (۳۶). احتمالاً دلیل افزایش نسبی pH پس از آتش‌سوزی سوختن مواد آلی است که موجب آزاد شدن کاتیون‌های بازی شده و pH خاک را افزایش می‌دهد. این نتایج مشابه یافته‌های ماکو و همکاران (۲۰۱۹) و اینبار و همکاران (۲۰۱۴) می‌باشد (۳۷)، (۳۸). آروسنا و اپو (۲۰۰۳) اشاره کردند که افزایش کلسیم، منیزیم، پتاسیم آزادشده از خاکستر می‌تواند

اکسیدها و هیدروکسیدهای آلومینیوم و به‌ویژه سیلیس را که در طی تخریب کائولین ایجاد می‌شوند، عامل سیمانی شدن ذرات شن و تشکیل خاکدانه‌ها را بیان کردند.

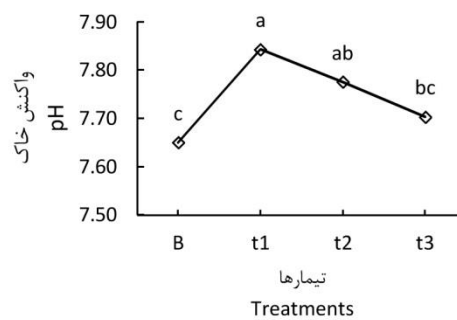
نفوذ آب به خاک: قبل از آتش‌سوزی مقدار نفوذ آب به خاک ۲۱/۲ میلی‌متر بر ساعت به‌دست آمد که براساس طبقه‌بندی استاندارد وزارت جهاد کشاورزی جزء خاک‌های با نفوذپذیری خیلی سریع است (جدول ۲). پس از انجام آتش‌سوزی نفوذ آب به خاک به ۷/۵۴ میلی‌متر بر ساعت کاهش یافت و باگذشت ۳۰ روز مقدار نفوذ افزایش یافت و به ۱۱/۲۱ میلی‌متر بر ساعت رسید (شکل ۱- ه). نفوذ آب به خاک یکی از مهم‌ترین اجزای چرخه آب در طبیعت است. این ویژگی خاک به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی هیدرولیکی خاک بوده و بیانگر توانایی خاک در انتقال آب به‌صورت عمودی در نیمرخ خاک است (۴۴). انجام آتش‌سوزی و سوزاندن بقایا باعث کاهش نفوذ از خیلی سریع به متوسط شد که با گذشت زمان سرعت نفوذ به سریع رسید. نتایج مشابه (۴۵) که در اندازه‌گیری نفوذ اولیه و نهایی خاک نشان داد در اثر آتش‌سوزی شدید نفوذپذیری خاک از ۳/۹۵ به ۲/۴۵ سانتی‌متر بر دقیقه کاهش یافت. آتش بر روی خاک سطحی اثر می‌گذارد و باعث تغییر ویژگی‌های ساختمانی خاک از جمله تراکم، وزن مخصوص ظاهری و تجمع ذرات خاک می‌شود که این ویژگی‌ها مستقیماً با نفوذپذیری خاک در ارتباط هستند (۴۶).

مواد آلی: میانگین مقدار مواد آلی خاک برای شاهد پیش از آتش‌سوزی برابر با ۱/۸۸ درصد بود که پس از آتش‌سوزی به ۱/۶۵ درصد رسید (شکل ۱ ج). نتایج مقایسه میانگین‌ها برای درصد ماده آلی خاک نشان می‌دهد که این کاهش از نظر آماری معنی‌دار است و توسط پژوهش‌گران دیگر نیز نتایج مشابه گزارش شده است (۳۷، ۳۸). تغییرات زمانی تا یک ماه پس از آتش‌سوزی نشان می‌دهد، مواد آلی خاک به حالت اولیه برنگشته و نسبت به تیمار شاهد مقدار کم‌تری دارد و از نظر آماری تغییرات معنی‌دار است.

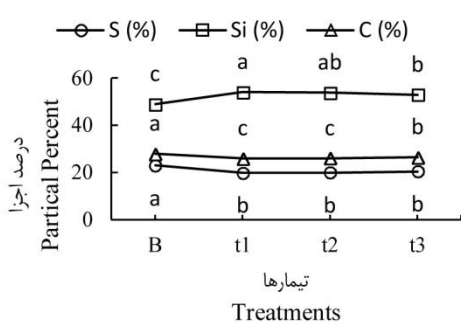
بافت خاک: بافت خاک منطقه مورد مطالعه لوم رسی است که پس از انجام آتش‌سوزی درصد رس و شن کاهش پیدا کرد ولی درصد سیلت افزایش یافت و بافت خاک به لوم سیلتی تغییر کرد که از نظر آماری هم این تغییرات معنی‌دار است (شکل ۱ د). این تغییرات در بافت خاک ممکن است ناشی از عوامل زیر باشد: برهمکنش میان ذرات رس بر اثر آب‌گریزی ناشی از آتش‌سوزی کانی‌های ۲:۱ که باعث کاهش ذرات رس و افزایش ذرات سیلت می‌شود. ترک خوردن و خرد شدن ذرات شن بر اثر گرمادهی باعث افزایش درصد ذرات سیلت می‌شود (۳۷). باگذشت زمان (تیمار t_1 تا t_3) تغییرات جزئی در درصد اجزاء رخ داد ولی بافت خاک تغییر نکرد و از نظر آماری هم معنی‌دار نشد. پژوهش‌های زیادی در خصوص تغییر بافت خاک بر اثر آتش‌سوزی گزارش شده است (۴۱، ۴۲، ۴۳) که به چسبیدن ذرات شن به دلیل



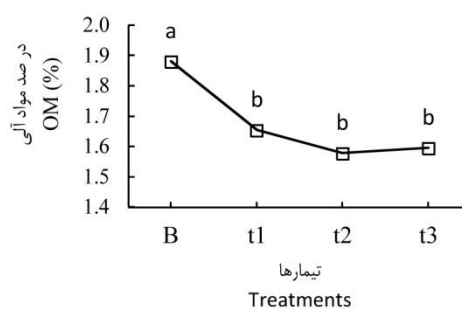
ب



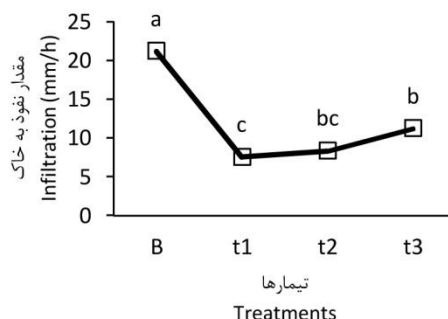
الف



د



ج



B: پیش از آتش‌سوزی، t1: ۲۴ ساعت، t2: ۱۰ روز، t3: ۳۰ روز پس از آتش‌سوزی

B: before fire, t1: 24 hours, t2: 10 days and t3: 30 days after fire

شکل ۱- تغییر واکنش خاک، هدایت الکتریکی، مواد آلی و درصد ذرات خاک پیش و پس از آتش‌سوزی بقایای گندم.

Figure 1. Changes in soil reaction, electrical conductivity, organic matter and percentage of soil particles before and after wheat residue fire.

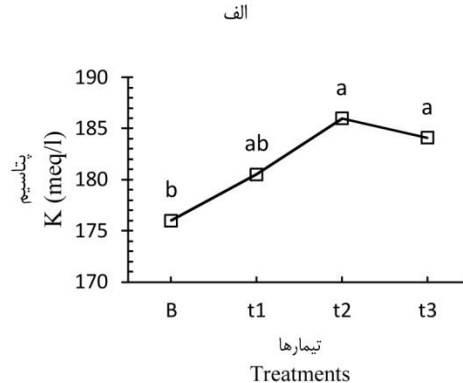
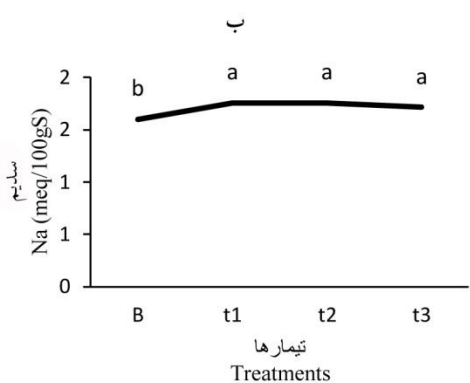
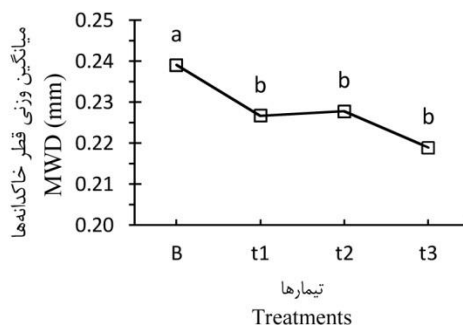
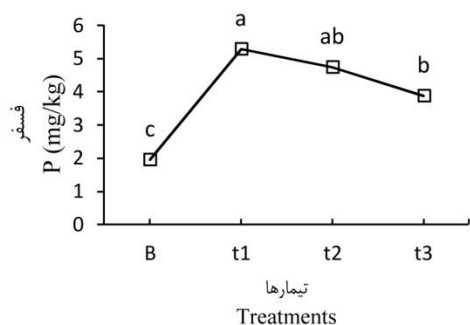
الف). دلیل کاهش MWD دمای بالا ناشی از آتش‌سوزی، تخریب خاکدانه‌ها و کاهش مواد آلی خاک است (۴۷).

مقایسه میانگین‌ها برای پتاسیم، فسفر و سدیم خاک پیش و پس از آتش‌سوزی افزایش معنی‌دار را

میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها: نتایج نشان می‌دهد میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در پیش از آتش‌سوزی نسبت به تیمارهای آتش‌سوزی به‌طور معنی‌داری بیشتر است و پس از آتش‌سوزی با گذشت زمان تا یک ماه MWD به حالت اولیه برنمی‌گردد (شکل ۲

که سوزاندن بقایای گیاهی سبب افزایش فسفر خاک به‌ویژه در لایه سطحی خاک می‌شود دلیل افزایش پتاسیم پس از آتش‌سوزی را می‌توان ناشی از سوختن مواد آلی و آزاد شدن کاتیون‌های موجود در آن دانست (۵۰). آلوزیس و همکاران (۲۰۰۴) نیز گزارش نمودند که دو ماه پس از آتش‌سوزی مقدار پتاسیم خاک در عرصه سوخته افزایش یافت (۵۱). چون سوختن مواد آلی باعث آزاد شدن یون‌ها از جمله یون سدیم در خاک می‌شود.

نشان می‌دهد به‌طوری‌که در اثر آتش‌سوزی به‌ویژه تیمارهای حاوی بقایای گیاهی عناصر غذایی آزاد شده و باعث افزایش آن‌ها در خاک می‌شود و باگذشت زمان به حالت اولیه برنمی‌گردد (شکل ۲). این نتایج مشابه یافته‌های صادقی‌فر و همکاران (۲۰۱۷) می‌باشد (۴۸). آتش‌سوزی اسیدیته خاک را تغییر می‌دهد و آن را به سمت خشتی هدایت می‌کند بنابراین اثر مثبتی بر میزان فسفر قابل‌استفاده خاک گذاشته و فسفر غیرقابل‌استفاده خاک را به فرم قابل‌جذب (ارتوفسفات) تبدیل می‌کند (۴۹). پژوهش‌های زیادی نشان می‌دهد



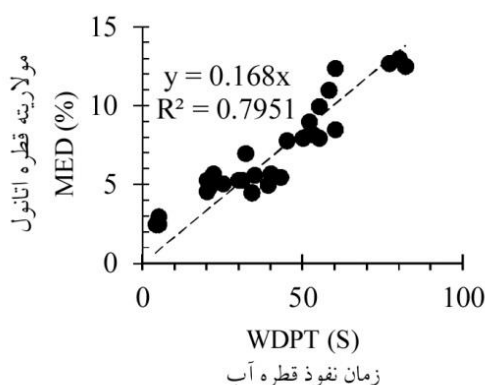
ج
ب: پیش از آتش‌سوزی t1: ۲۴ ساعت t2: ۱۰ روز t3: یک ماه پس از آتش‌سوزی
د
B: before fire, t1: 24 hours, t2: 10 days and t3: 30 days after fire

شکل ۲- تغییر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و غلظت عناصر فسفر، سدیم و پتاسیم در خاک پیش و پس از آتش‌سوزی بقایای گندم.

Figure 2. Changes in MWD, P, K and Na before and after wheat residue fire.

استفاده می‌شود. حتی در صورت استفاده از روش‌های دیگر برای تعیین آب‌گریزی خاک، روش WDPT نیز به علت سادگی در کنار آن مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ و قادر به جداسازی خاک‌ها از نظر آب‌گریزی بودن یا نبودن است (۵۲).

آب‌گریزی خاک بر اثر آتش‌سوزی: نتایج دو آزمون آب‌گریزی خاک WDPT و MED نشان داد رابطه خطی و مستقیم بین دو آزمون وجود دارد به طوری که ضریب تعیین ۰/۹۷ به دست آمد (شکل ۳). با توجه به سادگی روش WDPT و همبستگی بالا با سایر روش‌ها، در اغلب مطالعات بیشتر از این روش



شکل ۳- رابطه رگرسیونی بین زمان نفوذ قطره آب و مولاریته قطره اتانول.

Figure 3. Regression relationship between MED and WDPT.

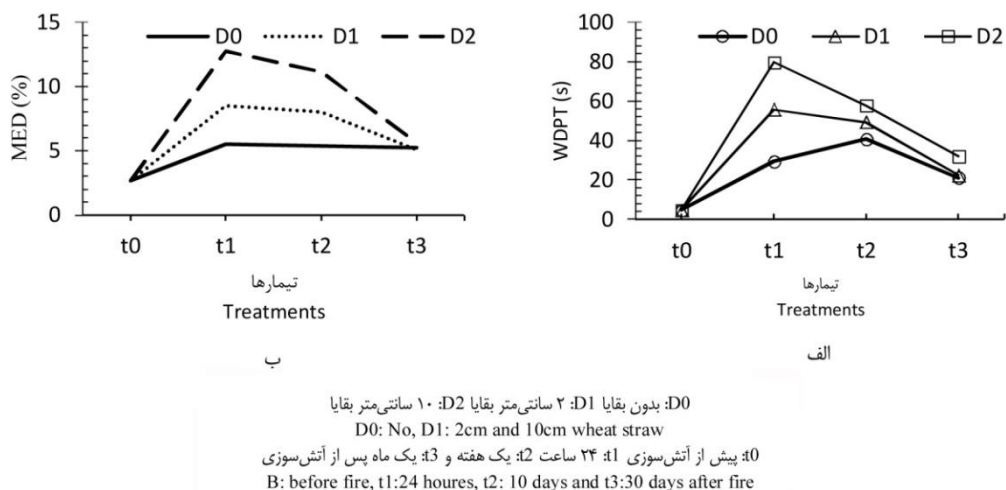
شد. احتمالاً به دلیل ایجاد گرما و زمان بیشتر آتش‌سوزی، WDPT افزایش پیدا کرد و به حداکثر خود یعنی ۷۹/۶۷ ثانیه رسید (شکل ۳). روند آزمون آب‌گریزی WDPT نشان می‌دهد به طوری که پس از آتش‌سوزی بقایای گندم، آب‌گریزی خاک افزایش پیدا می‌کند اما با گذشت زمان آب‌گریزی خاک کاهش یافت ولی تا یک ماه پس از آتش‌سوزی به حالت اولیه باز نگشت (شکل ۴ الف).

نتایج نشان داد اندازه‌گیری آب‌گریزی به روش MED مشابه روش WDPT (شکل ۳ ب) است و با آتش‌سوزی خاک آب‌گریز شده به طوری که پیش از آتش‌سوزی کلاس آب‌گریزی براساس جدول ۲ از آب‌دوست به آب‌گریزی متوسط تغییر یافت. آب‌گریزی خاک پس از آتش‌سوزی یکی از عوامل اصلی تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

براساس جدول ۲ زمان نفوذ قطره آب به طور میانگین WDPT در خاک منطقه مورد مطالعه کم‌تر از ۵ ثانیه است و در کلاس آب‌دوست قرار می‌گیرد؛ اما پس از گذشت ۲۴ ساعت پس از آتش‌سوزی به ۵۵/۶۷ ثانیه رسید که کلاس آب‌گریزی خاک به آب‌گریزی کم تغییر کرد. پژوهش‌گران دیگر نیز بیان کردند که آتش‌سوزی و سوزاندن بوته‌ها باعث آب‌گریزی در خاک می‌شود. چون در حین سوزاندن بوته‌ها مواد آب‌گریزی تشکیل می‌شوند که در لایه رویی خاک به شدت متراکم می‌شوند و باعث تشکیل لایه‌های دفع‌کننده آب می‌شوند (۲۱، ۵۳). با گذشت زمان و پس از یک ماه، آب‌گریزی خاک کاهش یافت و به ۲۲/۳۳ ثانیه رسید ولی کلاس آب‌گریزی تغییری نکرد. در مورد ضخامت کاه کلش گندم در سطح زمین نتایج نشان داد که هرچه ضخامت کاه و کلش بیشتر

می‌باشد (۵۴). نتایج دو روش اندازه‌گیری آب‌گریزی همبستگی نسبتاً خوبی با یکدیگر داشتند به طوری که دارای ضریب تعیین ۰/۷۹ بودند (شکل ۴) که با نتایج پژوهش‌های جیمینز و همکاران (۲۰۱۹) و گربر و همکاران (۲۰۰۶) نیز همخوانی دارد (۵۵، ۵۶). نتایج پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد آب‌گریزی ناشی از آتش‌سوزی بستگی به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و شدت و مدت آتش‌سوزی دارد که با گذشت زمان به سطح پایین‌تر برمی‌گردد و بعد تغییرات آن

متوقف می‌شود (۴۹). در روش MED نیز ضخامت بقایا در ایجاد آب‌گریزی مؤثر می‌باشد و با افزایش ضخامت بقایا، آب‌گریزی خاک نیز بیش‌تر می‌شود به طوری که از ۵/۵۳ در تیمار بدون کاه کلش گندم به ۱۲/۷۳ در عمق ۱۰ سانتی‌متر بقایای گندم پس از ۲۴ ساعت آتش‌سوزی افزایش یافت (شکل ۴). نتایج مشابهی توسط مارتینز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است (۵۷).



شکل ۴- برهمکنش مقدار بقایا و زمان آتش‌سوزی زمان نفوذ قطره آب (الف) و مولاریته قطره اتانول (ب).

Figure 4. The interaction of residue amount and fire time, WDPT(a) and MED (b).

درصد نسبت به شاهد شد و به کلاس آب‌گریزی کم رسید. گذشت زمان بعد از سوزاندن کاه و کلش، سبب بازگشت خصوصیت آب‌گریزی خاک شد ولی هیچ‌گاه به مقدار اولیه خود نرسید. ضخامت بقایا نیز بر آب‌گریزی خاک مؤثر بود و با افزایش عمق آن به دلیل تولید گرمای بیش‌تر، آب‌گریزی خاک بیش‌تر شد. نتایج نشان داد آتش زدن بقایای گیاهی در مزرعه در ابتدا باعث زودتر فراهم شدن بستر کشت و آزاد شدن برخی عناصر غذایی می‌شود ولی این کار علاوه بر آلودگی‌های زیست‌محیطی باعث کاهش نفوذپذیری خاک، کاهش مواد آلی و افزایش

آزمون آب‌گریزی WDPT مشابه MED نشان داد که پس از آتش‌سوزی خاک‌های آب‌دوست رسی، حالت آب‌گریز به خود گرفته ولی این حالت موقتی بوده و با گذشت زمان سطح آن کاهش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش اثر سوزاندن کاه و کلش گندم بر آب‌گریزی خاک و برخی خصوصیات خاک و تأثیر آن در زمان موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد آتش‌سوزی تمام خصوصیات اندازه‌گیری شده را تغییر داد و باعث افزایش آب‌گریزی خاک به میزان ۹۸/۷۵

کارشناسی‌ارشد نویسنده دوم است که با مکاتبه با نویسنده مسئول قابل دسترسی می‌باشند.

تعارض منافع

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

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: استاد راهنما پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، طرح تحقیق و روش‌شناسی، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله، آنالیزها و ارسال مقاله و دسترسی به داده‌ها انجام شده است.

نویسنده دوم: اجرای پروژه، داده‌برداری، آماده‌سازی داده‌ها و آنالیز اولیه داده‌ها صورت پذیرفته است.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید نویسندگان است.

حمایت مالی

این پژوهش حمایت مالی توسط ارگان یا مؤسسه برخوردار نبوده و کاملاً از هزینه شخصی تأمین شده است.

آب‌گریزی خاک مزرعه و افزایش هزینه‌های تولید خواهد شد. در این شرایط می‌توان بقایای گیاهی را در زیرخاک مدفون کرد یا با بریدن و جمع‌آوری بقایای گیاهی و انتقال به مزرعه، ماده آلی و کود کمپوست تولید نمود و سپس کمپوست را به‌عنوان کود آلی به خاک اضافه کرد که این کار سبب بازگشت مواد غذایی و افزایش نفوذپذیری خاک خواهد شد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از داوران این مقاله که با نظرات خود موجب بهبود متن حاضر شده‌اند تشکر می‌نمایند. این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد صورت گرفته است و نویسندگان از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز که موجبات تسهیل انجام این پژوهش را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌ها و اطلاعات در پژوهش حاضر از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز استخراج شده است. نمونه‌های خاک و بقایای گیاه گندم و آزمایش‌ها در مزارع شهرستان دزفول انجام شد و به آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز منتقل و اندازه‌گیری‌ها انجام شد. در ضمن داده‌های این پژوهش مربوط به پایان‌نامه

منابع

1. Robichaud, P. (2000). Fire Effects on Infiltration Rates After Prescribed Fire in Northern Rocky Mountain Forests, USA. *Journal of Hydrology*. 231-232, 220-9.
2. Wallach, R., & Jortzick, C. (2008). Unstable finger-like flow in water-repellent soils during wetting and redistribution - The case of a point water source. *Journal of Hydrology*. 351 (1-2), 26-41.
3. Gao, Y., Lin, Q., Liu, H., Wu, H., & Alamus. (2018). Water repellency as conditioned by physical and chemical parameters in grassland soil. *CATENA*. 160, 310-20.
4. Müller, K., Mason, K., Strozzi, A. G., Simpson, R., Komatsu, T., Kawamoto, K., et al. (2018). Runoff and nutrient loss from a water-repellent soil. *Geoderma*. 322, 28-37.

5. Valeron, B., & Meixner, T. (2010). Overland flow generation in chaparral ecosystems: Temporal and spatial variability. *Hydrological Processes*. 24 (1), 65-75.
6. Robinson, D. A., Lebron, I., Ryel, R. J., & Jones, S. B. (2010). Soil Water Repellency: A Method of Soil Moisture Sequestration in Pinyon-Juniper Woodland. *Soil Science Society of America Journal*. 74 (2), 624-634.
7. McHale, G., Newton, M. I., & Shirtcliffe, N. J. (2005). Water-repellent soil and its relationship to granularity, surface roughness and hydrophobicity: a materials science view. *European Journal of Soil Science*. 56 (4), 445-52.
8. Schaumann, G. E., Braun, B., Kirchner, D., Rotard, W., Szewzyk, U., & Grohmann, E. (2007). Influence of biofilms on the water repellency of urban soil samples. *Hydrological Processes*. 21 (17), 2276-84.
9. Wahl, N. A. (2008). Variability of water repellency in sandy forest soils under broadleaves and conifers in north-western Jutland/Denmark. S155-S64 p.
10. Lichner, L., Dlapa, P., Doerr, S. H., & Mataix-Solera, J. (2006). Evaluation of different clay minerals as additives for soil water repellency alleviation. *Applied Clay Science*. 31 (3), 238-48.
11. Vogelmann, E., Reichert, J. M., Prevedello, J., Barros, C., Quadros, F., & Mataix-Solera, J. (2012). Soil hydro-physical changes in natural grassland of southern Brazil subjected to burning management. Pp: 465-72.
12. Lozano, E., Jiménez-Pinilla, P., Mataix-Solera, J., Arcenegui, V., Bárcenas, G., M., González-Pérez, J. A., et al. (2013). Biological and chemical factors controlling the patchy distribution of soil water repellency among plant species in a Mediterranean semiarid forest. *Geoderma*. 207-208 (1), 212-20.
13. Goebel, M. O., Bachmann, J., Reichstein, M., Janssens, I., & Guggenberger, G. (2011). Soil water repellency and its implications for organic matter decomposition - is there a link to extreme climatic events? *Global Change Biology*. 17 (8), 2640-56.
14. Cawson, J. G., Nyman, P., Smith, H. G., Lane, P. N. J., & Sheridan, G. J. (2016). How soil temperatures during prescribed burning affect soil water repellency, infiltration and erosion. *Geoderma*. 278, 12-22.
15. Zhou, L., Baker, K. R., Napelenok, S. L., Pouliot, G., Elleman, R., O'Neill, S. M., et al. (2018). Modeling crop residue burning experiments to evaluate smoke emissions and plume transport. *Science of The Total Environment*. 627, 523-33.
16. Verma, S., Dar, J. A., Malasiya, D., Khare, P. K., Dayanandan, S., & Khan, M. L. (2018). A MODIS-based spatiotemporal assessment of agricultural residue burning in Madhya Pradesh, India. *Ecological Indicators*. 105: 496-504.
17. Rye, C. F., & Smettem, K. R. J. (2017). The effect of water repellent soil surface layers on preferential flow and bare soil evaporation. *Geoderma*. 289, 142-9.
18. Korontzi, S., McCarty, J., Loboda, T., Kumar, S., & Justice, C. (2006). Global distribution of agricultural fires in croplands from 3 years of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data. *Global Biogeochemical Cycles*. 20, 2.
19. Vadrevu, K. P., Ellicott, E., Badarinath, K. V. S., & Vermote, E. (2011). MODIS derived fire characteristics and aerosol optical depth variations during the agricultural residue burning season, north India. *Environmental Pollution*. 159 (6), 1560-9.
20. Ma, M., Bai, K., Qiao, F., Shi, R., & Gao, W. (2018). Quantifying impacts of crop residue burning in the North China Plain on summertime tropospheric ozone over East Asia. *Atmospheric Environment*. 194, 14-30.
21. Madsen, M. D., Zvirzdin, D. L., Petersen, S. L., Hopkins, B. G., Roundy, B. A., & Chandler, D. G. (2011). Soil water repellency within a burned pinon-juniper woodland: spatial distribution, severity, and ecohydrologic implications. *Forest, Range & Wildland Soils*. 75 (4), 1543-1553.

22. Liu, Z., Rahav, M., & Wallach, R. (2019). Spatial variation of soil water repellency in a commercial orchard irrigated with treated wastewater. *Geoderma*. 333, 214-24.
23. Karimian, N., Ghorbani, S., & Tabatabaei, H. (2016). Hydraulic properties under different water repellency levels. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. 6 (1), 75-86.
24. Aazami, J., & Pourhashemzahi, S. (2018). The effect of arson in agriculture on the environment (case study: Esfahan province). *Human & Environment*. 16 (43), 113-24.
25. NoName. (2001). Statistics. Safiabad Meteorological Information Office, Dezful:8. [in Persian]
26. Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*. 37, 29-38.
27. Regional Salinity, L. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture. 312p.
28. Knudsen, D., Peterson, G. A., & Pratt, P. F. 1983. Lithium, Sodium, and Potassium. *Methods of Soil Analysis*. p. 225-46.
29. Watanabe, F. S., & Olsen, S. R. (1965). Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Soil Science Society of America Journal*. 29 (6), 677-8.
30. Gee, G. W., & Or, D. (2002). Particle-size analysis. in *Methods of Soil Analysis*. 383-411 p.
31. Yoder, R. E. (1936). A Direct Method of Aggregate Analysis of Soils and a Study of the Physical Nature of Erosion Losses. *Agronomy Journal*. 28 (5), 337-51.
32. Stoof, C. R., Wesseling, J. G., & Ritsema, C. J. (2010). Effects of fire ash on soil water retention. *Geoderma*. 159 (34), 276-85.
33. Bouwer, H. 1986. Intake Rate: Cylinder Infiltrometer. *Methods of Soil Analysis*. p. 825-44.
34. Bisdom, E. B. A., Dekker, L. W., & Schoute, J. F. T. (1993). Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. *Geoderma*. 56 (1), 105-18.
35. Watson, C. L., & Letey, J. (1970). Indices for characterizing soil-water repellency based upon contact angle-surface tension relationships. *Soil Science Society of America Journal*. 34 (6), 841-4.
36. Granged, A. J. P., Jordán, A., Zavala, L. M., Muñoz-Rojas, M., & Mataix-Solera, J. (2011). Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). *Geoderma*. 167-168, 125-34.
37. Amoako, E. E., & Gambiza, J. (2019). Effects of anthropogenic fires on soil properties and the implications of fire frequency for the Guinea savanna ecological zone, Ghana. *Scientific African*. 6, e00201.
38. Inbar, A., Lado, M., Sternberg, M., Tenau, H., & Ben-Hur, M. (2014). Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semiarid Mediterranean region. *Geoderma*. 221-222, 131-8.
39. Arocena, J. M., & Opio, C. (2003). Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. *Geoderma*. 113 (1), 1-16.
40. Lebron, I., Robinson, D. A., Oatham, M., & Wuddivira, M. N. (2012). Soil water repellency and pH soil change under tropical pine plantations compared with native tropical forest. *Journal of Hydrology*. 414-415, 194-200.
41. Ulery, A. L., & Graham, R. C. (1993). Forest Fire Effects on Soil Color and Texture. *Soil Science Society of America Journal*. 57 (1), 135-40.
42. Ketterings, Q. M., Bigham, J. M., & Laperche, V. (2000). Changes in Soil Mineralogy and Texture Caused by Slash-and-Burn Fires in Sumatra, Indonesia. *Soil Science Society of America Journal*. 64 (3), 1108-17.

43. Hubbert, K. R., Preisler, H. K., Wohlgenuth, P. M., Graham, R. C., & Narog, M. G. (2006). Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA. *Geoderma*. 130 (3-4), 284-98.
44. Feki, M., Ravazzani, G., Ceppi, A., Milleo, G., & Mancini, M. (2018). Impact of Infiltration Process Modeling on Soil Water Content Simulations for Irrigation Management. *Water*. 10 (7), 850.
45. Jafarian, Z., & Sepehri, Z. (2018). Effect of Fire Intensity on Infiltration Components of Soil In Different Seasons (Case Study: Rangeland Charat sub Watershed in Mazandaran Province). *Journal of watershed management research*. 9 (17), 206-15.
46. González-Pelayo, O., Andreu, V., Campo, J., Gimeno-García, E., & Rubio, J. L. (2006). Hydrological properties of a Mediterranean soil burned with different fire intensities. *CATENA*. 68 (2), 186-93.
47. Norouzi, M., Ramezanpour, H., Rabiei, B., & Asadi, H. (2013). Effects of Flooding and Fire on Aggregate Stability: A Case Study in the Soils of Lakan Nursery in Guilan Province. *Iranian Journal of Soil Research*. 27 (3), 415-26.
48. Sadeghifar, M., Beheshti Al Agha, A., & Pourreza, M. (2017). Variability of Soil Nutrients and Aggregate Stability in Different Times after Fire in Zagros Forests (Case Study: Paveh Forests). *Journal Ecology of Iranian Forests*. 4 (8), 19-27.
49. Mohammadzadeh, A. (2016). The effect of fire on some soil chemical properties of Bankool forests in Ilam province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*. 23 (3), 69-88.
50. Fynn, R. W. S., Haynes, R. J., & O'Connor, T. G. (2003). Burning causes long-term changes in soil organic matter content of a South African grassland. *Soil Biology and Biochemistry*. 35 (5), 677-87.
51. Alauzis, M. A. V., Mazzarino, M. A. J., Raffaele, E., & Roselli, L. A. (2004). Wildfires in NW Patagonia: long-term effects on a Nothofagus forest soil. *Forest Ecology and Management*. 192 (2), 131-42.
52. Letey, J., Carrillo, M. L. K., & Pang, X. P. (2000). Approaches to characterize the degree of water repellency. *Journal of Hydrology*. 231-232, 61-5.
53. Mataix-Solera, J., Arcenegui, V., Tessler, N., Zornoza, R., Wittenberg, L., Martínez, C., et al. (2013). Soil properties as key factors controlling water repellency in fire-affected areas: Evidences from burned sites in Spain and Israel. *CATENA*. 108, 6-13.
54. Doerr, S. H., Shakesby, R. A., & Walsh, R. P. D. (2000). Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*. 51 (1), 33-65.
55. Jiménez-de-Santiago, D. E., Yagüe, M. R., & Bosch-Serra, À. D. (2019). Soil water repellency after slurry fertilization in a dryland agricultural system. *CATENA*. 174, 536-45.
56. Graber, E. R., Ben-Arie, O., & Wallach, R. (2006). Effect of sample disturbance on soil water repellency determination in sandy soils. *Geoderma*. 136 (1), 11-9.
57. Martínez-Zavala, L., & Jordán-López, A. (2009). Influence of different plant species on water repellency in Mediterranean heathland soils. *CATENA*. 76 (3), 215-23.

