هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۷، زمستان ۱۳۹۷، صص ۱۴۴-۱۲۵

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۲۳ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۲۳

نفوذ عمقی رسوب و اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در پخش سیلاب کاشمر

مجید ابوطالبی[۱]

مریم آذرخشی*[۲]

علی‌اکبر نظری سامانی[۳]

بهرام محمدی گلرنگ[۴]

چکیده

علاوه بر کـمبود بارندگی، وقوع سیلاب‌های شدیـد از ویژگـی‌های اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک است. رسوبات موجود در سیلاب‌ها موجب تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند. در این تحقیق آثار پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی و عمقی کانال‌های پخش سیلاب کاشمر بررسی شد. از اعماق ۵۰-۰ و ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متری از سطح خاک پنج کانال ابتدایی پخش سیلاب و عرصه‌ی بالادست آن به عنوان شاهد نمونه‌برداری شد. درصد شن، ماسه و رس و مقدار EC، pH، بی‌کربنات، سولفات، کلر، پتاسیم و سدیم در آزمایشگاه تعیین شد. نفوذپذیری خاک با استوانه‌های دوتایی اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری نمونه‌ها در قالب طرح بلوک تصادفی - سیستماتیک و مقایسه‌ی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. نتایج نشان داد میزان نفوذپذیری در بین کانال‌ها در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌دار دارند. به طوری که کانال‌های ۱ و ۲ با کمترین نفوذپذیری در یک گروه و کانال‌های ۳، ۴، ۵ و عرصه‌ی شاهد با نفوذپذیری زیاد در گروه

۱ـ دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

۲ـ استادیار آبخیزداری، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران (نویسنده مسئول).

Email: m.azarakhshi@torbath.ac.ir

۳ـ دانشیار آبخیزداری، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴ـ استادیار مرکز تحقیقات آبخیزداری، مشهد، ایران.

دیگری قرار گرفتند. درصد شن، سیلت و رس در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بین کانال‌های عرصه‌ی پخش و شاهد نداشتند. مقدار pH در عرصه‌ی پخش نسبت به عرصه‌ی شاهد افزایش معنی‌دار و مقدار EC، بی‌کربنات، کلر، سولفات و سدیم کاهش معنی‌دار در سطح ۱٪ داشتند. مقدار پتاسیم خاک در عرصه‌ی پخش نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ نداشت. به طور کلی پخش سیلاب، نفوذپذیری خاک کانال‌های پخش را بیشتر تحت تأثیر قرار داده است و بیشترین تغییرات فیزیکی و شیمیایی در خاک سطحی اتفاق افتاده است.

کلمات کلیدی: پخش سیلاب، نفوذپذیری، بافت خاک، آزمون دانکن و کاشمر.

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک به علت فقدان اعمال مدیریت صحیح منابع طبیعی تجدیدشونده، نه‌تنها بهره‌برداری درستی از منابع آب و خاک صورت نمی‌پذیرد بلکه حتی آب به صورت یک بلای طبیعی در آمده و همه‌ساله با جاری شدن تندآب‌ها و سیل‌ها باعث خسارات جانی و مالی فراوان می‌گردد (سررشته‌داری، ۱۳۸۳: ۸۴). مقابله با پدیده‌ی سیل به روش‌های مختلفی امکان‌پذیر است. روش‌های مورد استفاده در مهار سیلاب را می‌توان در سه گروه عمده‌ی روش‌های سازه‌ای، غیرسازه‌ای و تلفیقی که ترکیبی از روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌باشند جای داد. یکی از روش‌های تلفیقی، عملیات پخش سیلاب است. به‌طور کلی پخش سیلاب شامل عملیاتی است که موجب گسترده شدن رواناب‌های متمرکز در اراضی کم شیب با خصوصیات متناسب با اهداف مورد نظر می‌شود. این کار باعث بهبود وضعیت بهره‌برداری از منابع آب و خاک، پوشش گیاهی یا تغذیه‌ی مصنوعی آب‌های زیرزمینی می‌شود (حسنی و همکاران ۱۳۹۲: ۱). سیلاب همراه خود رسوباتی را حمل می‌کند که در محل‌های پخش سیلاب نهشته شده و به مرور زمان ممکن است خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر دهد.

مهدوی و همکاران (۱۳۹۵: ۶۸)، در پخش سیلاب‌بند علی‌خان ورامین با نمونه‌برداری از خاک پای بوته و بین بوته‌ها در منطقه‌ی پخش نشان دادند، میانگین درصد کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، رطوبت خاک اشباع و سیلت در عرصه‌ی پخش سیلاب افزایش و هدایت الکتریکی، وزن مخصوص و درصد رس کاهش یافته است. نتایج مطالعه‌ی آقائی‌افشار و بهشتی‌راد (۱۳۹۳: ۱۲)، در پخش سیلاب دهندر هشتبندی میناب حاکی از افزایش معنی‌دار میانگین درصد کربن آلی، ازت کل، میزان پتاسیم و فسفر، هدایت الکتریکی و درصد رس و کاهش معنی‌دار درصد ماسه، pH، درصد اشباع (SP) عرصه‌ی پخش نسبت به منطقه‌ی شاهد بود. پخش سیلاب دلیجان باعث کاهش اسیدیته و آهک به ترتیب در سطح یک و پنج درصد و افزایش کربن آلی، ماده آلی و هدایت الکتریکی در سطح یک درصد در لایه‌ی سطحی خاک در مناطق شاهد در مقایسه با عرصه‌ی پخش سیلاب شده است. اما در مقدار آهک تغییرات معنی‌داری مشاهده نگردید (جوادی و همکاران،۱۳۹۲: ۵۶۵). همچنین پخش سیلاب در حوضه‌ی آبخیز چنداب ورامین باعث تمرکز رسوبات ریزدانه (سیلت و رس) در بخش سطحی خاک شده و روند کاهش سرعت نفوذپذیری از ابتدای عرض باند پخش سیلاب به انتهای عرض باند و روند افزایش سرعت نفوذپذیری از ابتدای عرصه‌ی پخش سیلاب به انتهای عرصه مشاهده می‌شود (شمس‌المعالی و همکاران (۱۳۹۰: ۳۰۷)). قضاوی و همکاران[1] (۲۰۱۰: ۲۷۸۱) در پخش سیلاب حاجی طاهر نشان دادند، در عمق ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک، مقدار رس در کانال‌های اول و دوم افزایش یافته است. pH خاک، منیزیم، HCO_3^-، Cl^- و $SO4^{-2}$ در لایه‌های مختلف خاک تفاوت معنی‌داری بین منطقه‌ی پخش و منطقه‌ی شاهد نشان ندادند. EC در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر در منطقه‌ی پخش در سطح پنج درصد افزایش معنی‌داری نشان داد، ولی در لایه‌های عمیق‌تر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. K^+، Na^+ و Ca^{+2} در منطقه‌ی پخش افزایش معنی‌داری در عمق ۰ تا ۱۰ سانتی‌متر یافته است، در حالی که در لایه‌های عمیق‌تر

1- Ghazavi et al.,

تفاوتی نداشتند. سرعت نفوذپذیری در کانال‌های یک، دو و سه نسبت به منطقه‌ی شاهد کاهش معنی‌داری داشته است. در عرصه‌ی پخش سیلاب آب باریک بم متغیرهای فسفر، پتاسیم، کربن آلی، محتوای ـ نیتروژن کل خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی در مقایسه با عرصه‌ی شاهد، افزایش معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است (کمالی مسکونی و همکاران[1] ۲۰۱۴: ۲۹۳۶). بررسی اثر پخش سیلاب در بهبود مواد مغذی خاک عرصه‌ی پخش سیلاب پلدشت در طول ۱۰ سال (۲۰۰۴-۲۰۱۴) نشان داد، کربن آلی از ۰/۲۳به ۰/۳۳ و ازت کل از ۰/۰۲۷به ۰/۰۳۹ افزایش یافته و متغیرهای کربن آلی، ازت کل و فسفر در کانال اول، در سطح احتمال خطای پنج درصد بیشتر از کانال‌های پایین‌تر بود. همچنین، فسفر از ۲/۶۹ به ۵/۳۲ و پتاسیم از ۱۴۵/۹۳ به ۲۰۶/۵۲ ppm افزایش یافته است، اما افزایش پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود (سکوتی‌اسکویی و همکاران[2]، ۲۰۱۵: ۱۰۸۹).

جدی‌ترین خطری که شبکه‌های پخش سیلاب را در معرض تهدید قرار می‌دهد کاهش نفوذپذیری براثر رسوب‌گذاری است. بنابراین، مهم‌ترین مؤلفه‌ی تأثیرگذار در عملکرد سیستم‌های پخش سیلاب میزان رسوب ورودی به کانال‌های آب‌رسان گسترشی و نهشته شدن آن در سطح و تجمع در عمق عرصه‌ی پخش است که می‌تواند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عرصه را تغییر دهد. هدف کلی این پژوهش تعیین نقش عملیات پخش سیلاب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک کانال‌های پخش سیلاب کاشمر و تعیین نفوذ عمقی رسوبات و الگوی مکانی تغییرات است.

مواد و روش

ـ منطقه‌ی مورد مطالعه

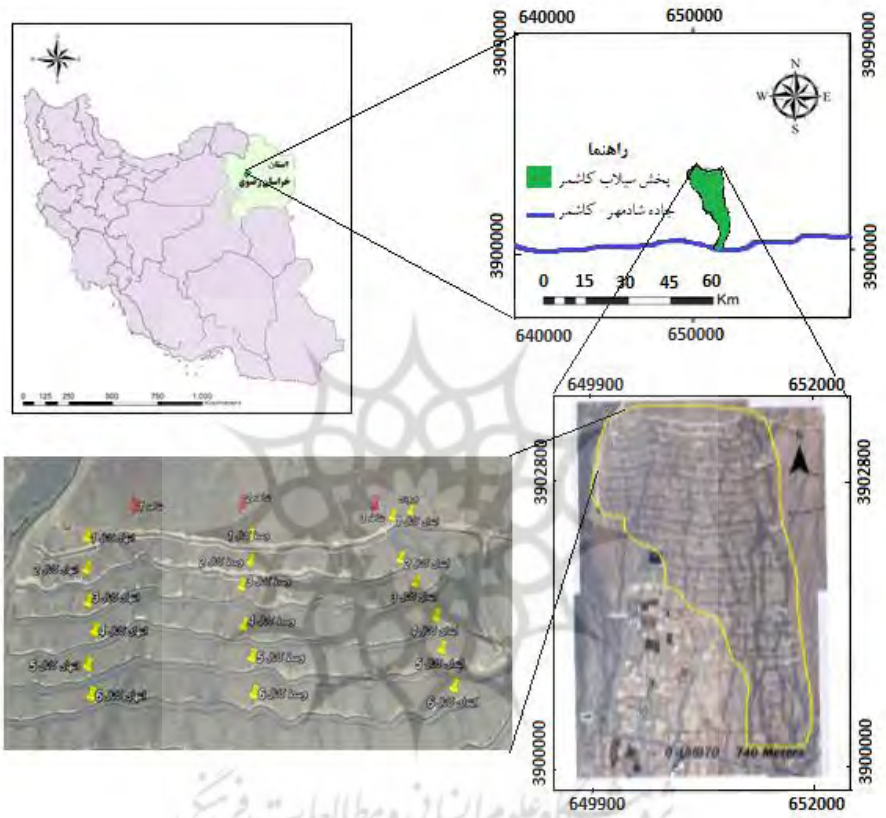
ایستگاه پخش سیلاب کاشمر در ۱۷ کیلومتری شرق کاشمر، در محدوده‌ی طول

1- Kamali Maskooni et al.
2- Sokouti Oskoee et al.

جغرافیایی ´۳۸ °۵۸ تا ´۴۰ °۵۸ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۵ تا ´۳۹ °۳۵ شمالی واقع شده است (شکل ۱). این تحقیق در فاز ۱ پخش سیلاب کاشمر انجام شده است. فاز یک این سایت از سیلاب‌های حوضه‌ی آبخیز نای با مساحت ۵۶۸۲ هکتار و حجم متوسط سالانه ۶/۸ میلیون مترمکعب رواناب سالانه تغذیه می‌شود. شیب متوسط دشت ۴٪ و جهت شیب اصلی شمال به جنوب است. منطقه‌ی مورد مطالعه به‌لحاظ تقسیم‌بندی زون‌های زمین‌شناسی ایران جزو ناحیه‌ی ایران مرکزی می‌باشد و از رسوبات آبرفتی کواترنری Qt_1 و Qt_2 پوشیده شده است. جنس سنگ‌های حوضه‌ی آبخیز بالادست عمدتاً شامل گرانیت، کنگلومرا و ماسه سنگ است. میانگین دمای سالانه و بارندگی متوسط دوره‌ی ۲۳ ساله (۱۳۶۶-۱۳۸۹) آن به‌ترتیب ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۸۸ میلی‌متر است.

ـ روش تحقیق

در این تحقیق در عرصه‌ی شاهد سه شبکه‌ی مطالعاتی به موازات ابتدا، میانه و انتها در بالادست عرصه‌ی پخش در نظر گرفته شد و در هر شبکه سه نقطه به عنوان تکرار آزمایش انتخاب و پروفیل‌هایی به عمق یک متر حفر شد. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که در سیلاب‌های مختلف بیشترین آبگیری توسط کانال‌های اولیه انجام می‌گیرد بنابراین پنج کانال اول آبگیری برای نمونه‌گیری در نظر گرفته شده و به سه شبکه‌ی مطالعاتی (ابتدا، میانه و انتها) تقسیم شد. در هر شبکه سه نقطه‌ی مطالعاتی به عنوان تکرار آزمایش جهت حفر نیمرخ خاک در نظر گرفته شد. در هر پروفیل از عمق‌های ۵۰-۰ و ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متر نمونه‌های خاک برداشت گردید (شکل ۱). به این ترتیب ۱۸ نمونه خاک از عرصه‌ی شاهد و۹۰ نمونه از عرصه‌های پخش برداشت گردید. نفوذ پذیری خاک در محل نمونه‌برداری با استفاده از روش استوانه‌های دوتایی تعیین شد.



شکل(۱) موقعیت جغرافیایی و محل‌های نمونه‌برداری خاک در عرصه‌ی پخش سیلاب ایستگاه کاشمر

نمونه‌های خاک در آزمایشگاه، پس از خشک‌شدن در هوای آزاد و عبور از الک ۲ میلی‌متری جهت بررسی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی آماده گردید. بافت خاک (درصد رس، سیلت و شن) به روش هیدرومتر تعیین شد. مقدار پارامترهای شیمیایی خاک شامل اسیدیته‌ی خاک (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، بی‌کربنات (HCO_3^-)، سولفات ($SO4^{-2}$)، کلر (Cl^-)، پتاسیم (K^+) و سدیم (Na^+) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. بررسی اثر پخش سیلاب در عرصه‌ی پخش بر ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی

خاک کانال‌های پخش در قالب طرح بلوک تصادفی سیستماتیک صورت پذیرفت. در این پژوهش عامل کانال و عامل عمق نمونه‌ها جهت بررسی اثر پخش سیلاب بر روی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک مدنظر قرار گرفت. در هر یک از عامل‌ها (عامل کانال و عامل عمق) شش تیمار در نظر گرفته شد، که پنج تیمار در عرصه‌ی پخش سیلاب (هر یک از کانال‌ها در عرصه‌ی پخش یک تیمار در نظر گرفته شد) و عرصه‌ی شاهد، تیمار ششم در نظر گرفته شد. در هر تیمار، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی ذکر شده اندازه‌گیری شد و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، مقایسه میانگین داده‌ها بررسی شد. جهت انجام کلیه‌ی امور آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ استفاده شد.

بحث و نتایج

در جدول (۱) نتایج نفوذپذیری و آنالیز بافت خاک در منطقه‌ی شاهد و عرصه‌ی پخش سیلاب آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بافت متوسط خاک در عرصه‌ی شاهد از نوع لومی و در عرصه‌ی پخش از نوع لومی شنی می‌باشد. با توجه به نتایج جدول (۱)، خاک عرصه‌ی شاهد و کانال‌های ۴،۳ و ۵ از نفوذپذیری بالایی برخوردار بوده و از نظر هیدرولوژیکی جزء گروه A محسوب می‌شوند. اما خاک‌های کانال‌های ۱و ۲ جزو گروه هیدرولوژیکی B محسوب شده و نفوذپذیری آنها نسبت به خاک عرصه‌ی شاهد کاهش قابل توجهی داشته است.

در جدول (۲) نتایج ویژگی‌های شیمیایی خاک در عرصه‌ی شاهد و پخش سیلاب در دو عمق اول (۵۰-۰) سانتی‌متری و عمق دوم (۱۰۰-۵۰) سانتی‌متری ارائه شده است.

در جدول (۳) نتایج تجزیه واریانس اثر پخش سیلاب بر نفوذپذیری خاک کانال‌ها آمده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری بین نفوذپذیری خاک در کانال‌های ۱ تا ۵ و عرصه‌ی شاهد وجود دارد. ولی تفاوت

معنی‌داری در نفوذپذیری خاک در قسمت‌های ابتدا، میانه و انتهای کانال وجود نداشت. در پخش سیلاب کاشمر ابتدا کانال اول پر شده و چنانچه جریان بیشتر از ظرفیت کانال اول باشد، مازاد جریان به کانال دوم سرریز می‌شود و این شرایط برای کانال‌های دیگر نیز وجود دارد. بنابراین وقتی آب در یک کانال باقی می‌ماند از نظر رسوبگذاری در ابتدا و میانه و انتهای کانال تفاوتی مشاهده نمی‌شود. نتایج مقایسه‌ی میانگین نفوذپذیری حاصل از آزمون دانکن نشان داد کانال‌ها در دو گروه قرار می‌گیرند، به طوری که کانال ۱ و ۲ در یک گروه (گروه a: میانگین نفوذ کمتر) و کانال‌های ۳، ۴، ۵ و شاهد در گروه دیگری (گروه b: میانگین نفوذ بیشتر) قرار گرفتند، یعنی نفوذپذیری کانال ۱ و ۲ با کانال‌های ۳، ۴، ۵ و عرصه‌ی شاهد در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار دارد (جدول ۴).

جدول (۱) نتایج اندازه‌گیری بافت خاک در عرصه‌ی شاهد

عرصه	نفوذپذیری(Cm/h)	عمق (Cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
شاهد	۲۲/۵۳	اول	۵۲/۷۷	۳۵/۰۰	۱۲/۲۲
		دوم	۶۱/۶۶	۲۹/۹۹	۸/۳۴
کانال۱	۵/۴۷	اول	۶۲/۲۲	۲۷/۳۳	۱۰/۴۵
		دوم	۶۱/۶۶	۲۷/۷۷	۱۰/۵۷
کانال۲	۵/۱۳	اول	۵۹/۶۶	۲۸/۱۱	۱۲/۲۳
		دوم	۶۳/۷۷	۲۶/۵۵	۹/۶۸
کانال۳	۲۰/۹۳	اول	۵۸/۹۹	۲۸/۴۴	۱۲/۵۵
		دوم	۶۵/۵۵	۲۵/۴۴	۹/۰۰
کانال۴	۱۶/۹۳	اول	۶۲/۶۶	۲۷/۶۶	۹/۶۷
		دوم	۶۸/۶۶	۲۳/۷۷	۷/۵۶
کانال۵	۲۱/۶	اول	۶۵/۳۳	۲۷/۶۶	۷
		دوم	۷۱/۱۰	۲۱/۶۶	۷/۲۲

جدول (۲) ویژگی‌های شیمیایی خاک در عرصه‌ی شاهد

عرصه	عمق	موقعیت درکانال	pH	EC (ds/m)	HCO_3^- (ppm)	CL^- (ppm)	$SO4^{-2}$ (ppm)	Na^+ (ppm)	K^+ (ppm)
شاهد	اول		۸	۰/۶۸	۲/۱۹	۳/۳۶	۱/۱۳	۱/۰۹	۰/۲۴
	دوم		۸/۰۲	۰/۵۷	۲/۲۹	۲/۴۸	۰/۹۱	۱/۰۲	۰/۲۲
کانال۱	اول	ابتدا	۸/۲۰	۰/۴۲	۱/۵۶	۱/۷۶	۰/۴۶	۰/۸۶	۰/۱۳
		میانه	۸/۲۰	۰/۴۰	۱/۴۶	۲/۰۳	۰/۵۳	۰/۸۶	۰/۱۰
		انتها	۸/۰۶	۰/۵۳	۱/۸۶	۲/۵۳	۰/۹۰	۰/۸۶	۰/۱۳
	دوم	ابتدا	۸/۱۰	۰/۳۷	۱/۳۶	۲/۰۳	۰/۵۰	۰/۷۶	۰/۱۶
		میانه	۸/۲۶	۰/۴۱	۱/۵۳	۱/۴۶	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۱۳
		انتها	۸/۰۶	۰/۴۳	۱/۵۶	۱/۵۶	۱/۰۰	۰/۶۰	۰/۱۰
کانال۲	اول	ابتدا	۸/۱۰	۰/۴۷	۱/۶۶	۲/۰۶	۰/۹۶	۰/۷۰	۰/۱۰
		میانه	۸/۳۰	۰/۳۷	۱/۲۶	۱/۵۶	۰/۶۳	۰/۷۶	۰/۱۰
		انتها	۸/۰۶	۰/۴۵	۲/۱۳	۱/۶۶	۰/۵۶	۰/۶۶	۰/۱۳
	دوم	ابتدا	۸/۱۰	۰/۳۷	۱/۳۶	۲/۰۳	۰/۵۰	۰/۷۶	۰/۱۶
		میانه	۸/۲۶	۰/۴۱	۱/۵۳	۱/۴۶	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۱۳
		انتها	۸/۰۶	۰/۴۳	۱/۵۶	۱/۵۶	۱/۰۰	۰/۶۰	۰/۱۰
کانال۳	اول	ابتدا	۸/۰۳	۰/۳۸	۱/۳۳	۱/۶۳	۰/۷۰	۰/۷۶	۰/۱۳
		میانه	۸/۰۶	۰/۳۷	۱/۲۶	۱/۹۳	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۱۰
		انتها	۸/۰۳	۰/۳۹	۱/۳۶	۲/۱۳	۰/۳۶	۰/۸۶	۰/۱۶
	دوم	ابتدا	۸/۱۳	۰/۳۴	۱/۲۶	۱/۱۶	۰/۸۰	۰/۶۳	۰/۲۰
		میانه	۸/۱۶	۰/۳۸	۱/۳۶	۱/۳۳	۰/۹۳	۰/۷۰	۰/۱۶
		انتها	۸/۱۶	۰/۳۷	۱/۳۳	۲/۰۳	۰/۵۶	۰/۸۰	۰/۱۰
کانال۴	اول	ابتدا	۸/۰۳	۰/۶۳	۲/۱۶	۳/۳۰	۰/۹۳	۱/۲۰	۰/۲۰
		میانه	۸/۰۶	۰/۵۴	۲/۲۳	۲/۱۳	۰/۸۳	۱/۱۶	۰/۲۰
		انتها	۸/۰۰	۱/۰۳	۲/۷۶	۵/۸۳	۱/۷۶	۱/۵۶	۰/۲۰
	دوم	انتها	۸/۰۰	۱/۰۳	۲/۷۶	۵/۸۳	۱/۷۶	۱/۵۶	۰/۲۰
		ابتدا	۷/۹۶	۰/۷۲	۲/۵۶	۳/۵۳	۰/۷۶	۱/۲۶	۰/۱۶
		میانه	۸/۲۰	۰/۵۰	۱/۹۳	۲/۵۳	۰/۵۳	۰/۹۶	۰/۱۰
کانال۵	اول	ابتدا	۷/۹۳	۰/۹۴	۲/۴۰	۳/۸۳	۱/۹۰	۲/۰۳	۰/۱۶
		میانه	۸/۰۰	۰/۶۷	۲/۰۶	۳/۴۶	۰/۹۷	۱/۱۶	۰/۱۶
		انتها	۷/۹۶	۰/۹۴	۲/۴۶	۵/۱۰	۱/۵۳	۱/۶۰	۰/۱۳
	دوم	ابتدا	۸/۰۳	۰/۷۶	۱/۹۰	۳/۷۶	۱/۴۶	۱/۳۶	۰/۱۰
		میانه	۸/۰۶	۰/۶۴	۲/۲۰	۳/۳۶	۰/۶۶	۱/۰۶	۰/۱۰
		انتها	۸/۰۶	۰/۸۰	۲/۵۰	۴/۰۳	۱/۲۶	۱/۴۳	۰/۱۶

جدول (۳) تجزیه واریانس اثر پخش سیلاب بر نفوذپذیری خاک کانال‌ها

منبع تغییرات	df	میانگین مربعات
کانال	۵	۰/۰۱۴**
طول کانال	۲	۰/۰۰۲ns
خطا	۱۷	

: معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ns: غیر معنی‌دار

جدول (۴) مقایسه‌ی میانگین نفوذپذیری خاک در کانال‌های عرصه‌ی پخش سیلاب و شاهد با آزمون دانکن

کانال	میانگین نفوذپذیری (cm/hr)
۱	۵/۴۷a
۲	۵/۱۳a
۳	۲۰/۹۳b
۴	۱۶/۹۳b
۵	۲۱/۶b
شاهد	۲۲/۵۳b

میزان نفوذپذیری خاک در کانال‌های پخش ۱ و ۲ نسبت به شاهد، ۴/۳ برابر کاهش داشته است. بیشترین میزان نفوذ در عرصه‌ی شاهد (۲۲/۵۳ سانتی‌متر بر ساعت) و کمترین میزان آن در کانال‌های پخش ۱ و ۲ (۵/۴۷ و ۵/۱۳ سانتی‌متر بر ساعت) است. پس از جمع‌آوری داده‌ها برای مشخص شدن تغییرات شن، سیلت و رس در کانال‌های مختلف و منطقه‌ی شاهد آزمون تجزیه واریانس انجام شد و نتایج نشان داد در کانال‌های ۱ تا ۵ و منطقه‌ی شاهد اختلاف معنی‌داری در مقدار شن، سیلت و رس وجود ندارد (جدول ۵). مسلمی و همکاران (۱۳۹۵ :۷۸) در پخش سیلاب هشتبندی نشان دادند به دلیل وجود مواد ریزدانه در عرصه‌ی پخش سیلاب، درصد رس و سیلت در عرصه‌ی پخش افزایش معنی‌دار و درصد شن کاهش معنی‌داری در سطح ۱٪ داشته است. اما در پخش سیلاب کاشمر با توجه به جنس سازندهای بادست که عمدتاً مقاوم به فرسایش بوده و رسوب ریزدانه کمی تولید می‌کنند تفاوت معنی‌داری از نظر بافت خاک مشاهده نشد.

جدول (۵) تجزیه واریانس اثر پخش سیلاب بر بافت خاک

منبع تغییرات	Df	میانگین مربعات		
		Sand	Silt	Clay
کانال	۵	۰/۷۲^{ns}	۰/۲۹^{ns}	۱/۹۴^{ns}
عمق	۱	۲/۷۱^{ns}	۱/۷۸^{ns}	۳/۷۶*
کانال×عمق	۵	۰/۱۵^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۴۰^{ns}
خطا	۳۵			

***: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ns : غیر معنی‌دار**

جدول (۶) مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک با آزمون دانکن

کانال	متغیرها		
	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)
۱	۶۱/۹۵^{a}	۲۷/۵۵^{a}	۱۰/۵۰^{b}
۲	۶۱/۷۲^{a}	۲۷/۳۴^{a}	۱۰/۹۴^{b}
۳	۶۲/۲۸^{a}	۲۶/۹۵^{a}	۱۰/۷۷^{b}
۴	۶۵/۶۷^{a}	۲۵/۷۲^{a}	۸/۶۱^{ab}
۵	۶۸/۲۲^{a}	۲۴/۶۷^{a}	۷/۱۱^{a}
شاهد	۵۷/۲۲^{a}	۳۲/۵۰^{a}	۱۰/۲۸^{ab}

نتایج تجزیه واریانس برای عامل عمق نشان داد تغییرات رس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است و پخش سیلاب باعث افزایش مقدار رس در خاک سطحی کانال‌ها نسبت به منطقه‌ی شاهد شده است. اثر متقابل عامل کانال×عمق برای متغیرهای شن، سیلت و رس اختلاف معنی‌داری نداشتند. برای نشان دادن تأثیر پخش سیلاب بر بافت خاک (مقدار رس، سیلت و شن) در کانال‌های مختلف مقایسه‌ی میانگین کانال‌ها با آزمون دانکن انجام شد (جدول ۶). در کانال اول درصد رس کاهش یافته، در کانال‌های دوم و سوم شبیه نمونه‌های شاهد است اما در کانال چهارم و پنجم مجدداً مقدار رس کاهش یافته است. با توجه به تعداد بیشتر آبگیری در کانال اول، بیشترین ترسیب رسوب و بیشترین آب‌شویی رسوبات ریزدانه در این کانال انجام می‌شود که باعث

افزایش میزان رس خاک عمقی شده است. لذا آب با رسوبات معلق کمتری به کانال‌های بعدی می‌رسد که باعث کاهش میزان رس خاک سطحی نسبت به شاهد شده است.

پخش سیلاب تأثیر معنی‌داری روی بافت خاک در کانال‌های مختلف نداشته است و تنها باعث افزایش میزان رس در کانال‌های ابتدایی شده است که این مقدار خیلی اندک است. این نتایج مشابه نتایج فاضل‌پور عقدایی و همکاران (۱۳۹۵: ۹۸۹) در پخش سیلاب بافق و مخالف نتایج ایشان در پخش سیلاب مهریز می‌باشد. نتایج تجزیه‌ی واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک (جدول ۷) نشان داد که اختلاف بین کانال‌ها برای کلیه‌ی متغیرها به جزء پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است و تمامی متغیرهای شیمیایی مورد بررسی بجز پتاسیم تغییر معنی‌داری در کانال‌های مختلف داشته است.

تغییرات برای هیچ‌کدام از متغیرها در عامل عمق و عامل اثر متقابل عمق×کانال اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، که نشان می‌دهد پخش سیلاب در سیستم پخش سیلاب مورد مطالعه باعث تغییر در خصوصیات شیمیایی در عمق خاک نشده است. برای بررسی تغییرات ویژگی‌های شیمیایی خاک در کانال‌های مختلف و عرصه‌ی شاهد آزمون مقایسه میانگین دانکن انجام شد که نتایج آن در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول (۷) تجزیه واریانس ویژگی‌های شیمیایی خاک

منبع تغییرات	df	میانگین مربعات						
		pH	EC	HCO_3^-	Cl^-	$SO4^{-2}$	Na^+	K^+
کانال	۵	۲/۸۸**	۵/۹۹**	۵/۳۵**	۵/۲۰**	۳/۲۵**	۵/۹۰**	۱/۹۷^{ns}
عمق	۱	۰/۸۴^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۰/۳۹^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۰/۳۰^{ns}
کانال×عمق	۵	۱/۰۵^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۷۵^{ns}
خطا	۳۵							

****، *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و پنج درصد، ns : غیر معنی‌دار**

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول (۸)، میزان pH در کانال‌های ۱، ۲ و ۳

بیشترین مقدار را دارا بود و در یک گروه قرار گرفتند و کانال‌های ۴، ۵ و عرصه‌ی شاهد با کمترین مقدار در گروه دیگری قرار گرفتند. با توجه به نتایج به دست آمده برای بررسی اثر پخش سیلاب روی نفوذپذیری خاک مشخص شد که در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری بین نفوذپذیری خاک در کانال‌های ۱ تا ۵ و عرصه‌ی شاهد وجود دارد. کاهش نفوذپذیری به دلیل نهشته شدن رسوبات ریزدانه در کانال اول و نفوذ آن به داخل خاک است. نتایج مشابهی توسط قضاوی و همکاران (۲۰۱۰: ۲۷۸۱) در پخش سیلاب حاجی طاهر و شمس‌المعالی و همکاران (۱۳۹۰ :۳۰۷) در پخش سیلاب چنداب به دست آمده است. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری در نفوذپذیری خاک در قسمت‌های ابتدا، میانه و انتهای کانال وجود نداشت. دلیل این موضوع می‌تواند این باشد که در پایان هر دوره پخش سیلاب، مواد ریزدانه سیلاب‌ها مثل رس بر روی سطح خاک بطور یک دست ته‌نشین می‌شود. در نتیجه‌ی نفوذپذیری در قسمت‌های ابتدایی، میانی و انتهایی کانال‌های پخش سیلاب تغییر نمی‌کند. اما (شمس‌المعالی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱۴) نشان دادند نفوذپذیری در طول کانال‌ها از ابتدا به انتها به علت رسوبزایی سازندهای حساس قرمز بالایی و آورد سیلاب‌ها کاهش می‌یابد.

جدول (۸) مقایسه‌ی میانگین ویژگی‌های شیمیایی خاک

متغیرها							
کانال	pH	EC	HCO_3^-	Cl^-	$SO4^{-2}$	Na^+	K
۱	۸/۱۲^{bc}	۰/۴۵^{b}	۱/۶۶^{b}	۲/۲۴^{bc}	۰/۵۵^{a}	۰/۸۶^{b}	۰/۱۲^{a}
۲	۸/۱۴^{c}	۰/۴۱^{ab}	۱/۵۸^{ab}	۱/۷۲^{ab}	۰/۷۳^{ab}	۰/۷۱^{a}	۰/۱۲^{a}
۳	۸/۰۹^{bc}	۰/۳۷^{a}	۱/۳۱^{a}	۱/۷۰^{a}	۰/۶۶^{ab}	۰/۷۳^{a}	۰/۱۴^{ab}
۴	۸/۰۳^{ab}	۰/۷۱^{cd}	۲/۳۲^{c}	۳/۴۳^{de}	۱/۲۱^{bc}	۱/۲۷^{cd}	۰/۱۶^{ab}
۵	۸/۰۰^{a}	۰/۷۹^{d}	۲/۲۵^{c}	۳/۹۲^{e}	۱/۲۹^{c}	۱/۴۳^{d}	۰/۱۳^{ab}
شاهد	۸/۰۱^{a}	۰/۶۲^{c}	۲/۲۴^{c}	۲/۹۲^{cd}	۱/۰۲^{bc}	۱/۰۵^{c}	۰/۲۳^{b}

نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان داد کانال‌ها از نظر نفوذپذیری خاک در دو گروه قرار می‌گیرند و نفوذپذیری کانال ۱ و ۲ با کانال‌های ۳، ۴، ۵ و عرصه‌ی شاهد در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار دارد. در عرصه‌ی پخش سیلاب کاشمر به طور متوسط سالی یکبار سیل‌گیری در کانال‌های پخش سیلاب صورت می‌گیرد و بیشترین حجم سیلاب نیز از زمان تأسیس تا کنون حدود ۶۰٪ از عرصه را فراگرفته است. بنابر این در سیلاب‌های معمولی سالانه بیشتر کانال‌های اولیه پر شده و سیلاب به کانال‌های بعدی نمی‌رسد که بتواند باعث کاهش نفوذپذیری آنها گردد. در نتیجه پخش سیلاب منجر به کاهش نفوذپذیری در کانال‌های پخش ۱ و ۲ نسبت به عرصه‌ی شاهد شده است. این مسئله در عرصه‌ی ۱ و ۲ به دلیل نزدیکی آن‌ها به منبع سیلاب و ته‌نشینی بیشتر بار معلق قابل توجیه است که با نتایج سلیمانی و همکاران (۱۳۹۲: ۵۱) مطابقت دارد. در کانال‌های ۱ تا ۵ و منطقه‌ی شاهد اختلاف معنی‌داری در مقادیر رس، سیلت و شن وجود ندارد. زیرا سازندهای بالادست منطقه عمدتاً از سازندهای سخت (گرانیت و ماسه سنگ) بوده و رسوبات ریزدانه کمتری ایجاد می‌کنند. که با نتایج پادیاب و همکاران (۱۳۹۴: ۲۱) در گچساران با سازندهای آهکی و مارنی حساس به فرسایش مطابقت ندارد. نتایج تجزیه‌ی واریانس برای عامل عمق نشان داد مقدار متغیر رس در سطح احتمال پنج درصد در عمق ۰-۵۰ سانتی‌متری معنی‌دار است و این نشان می‌دهد ذرات ریزدانه رس در اثر آبشویی به قسمت‌های پایینی پروفیل خاک انتقال یافته است و باعث افزایش درصد رس گردیده است که این افزایش رس در عمق ۵۰-۰ باعث کاهش نفوذپذیری در خاک شده است که با نتایج نصرتی و محمدی (۱۳۹۵: ۶۶) در دشت زهاب کرمانشاه مطابقت دارد. پخش سیلاب در عرصه‌های پخش باعث افزایش ۱/۵ درصدی pH خاک نسبت به شاهد شده است. مقدار pH، در عرصه‌ی ۱ و ۲ نسبت به عرصه‌ی شاهد افزایش معنی‌دار داشت. نتایج به دست آمده با نتایج نادری[1] و همکاران (۲۰۰۰: ۱۵) مطابقت دارد، که نشان می‌دهد اسیدیته در اثر پخش سیلاب بیشتر شده

1- Naderi etal.,

است. اما در پژوهش آقائی افشار و بهشتی راد (۱۳۹۳: ۱۹) در پخش سیلاب هشتبندی، کاهش جزئی ولی معنی‌دار در سطح ۹۹٪ میانگین pH در عرصه‌ی پخش نسبت به منطقه‌ی شاهد مشاهده شده است. البته کیفیت آب سیلاب و نوع مواد حمل شده باعث می‌شود پخش سیلاب در مناطق مختلف تأثیر متفاوتی بر این فاکتور داشته باشد. از آنجایی که اطلاعات حاصل از تجزیه عامل‌ها به شرایط محیطی بستگی دارد تفاوت‌های احتمالی این مطالعه با سایر مطالعات دور از انتظار نیست.

میزان EC در کانال ۵ دارای بیشترین مقدار و کمترین مقدار EC مربوط به کانال ۳ بود و پخش سیلاب در عرصه‌های پخش ۱، ۲ و ۳ باعث کاهش ۳۰ درصدی EC نسبت به عرصه‌ی شاهد شده است. علت این کاهش شست و شوی املاح پروفیل خاک توسط سیلاب می‌باشد. مهدوی و همکاران (۱۳۹۵: ۶۸)، برآبادی و همکاران (۱۳۹۲: ۴۱) و فاضل‌پور عقدایی و همکاران (۱۳۹۵: ۹۸۹) به کاهش هدایت الکتریکی در تیمارهای پخش سیلاب اشاره کرده‌اند. اما پادیاب و همکاران (۱۳۹۲: ۱۶۷) نشان دادند در پخش سیلاب گچساران هدایت الکتریکی در خاک محدوده‌ی پخش سیلاب نسبت به شاهد تغییراتی نداشته است.

در کانال‌های ۲ و ۳ با کمترین مقدار بی‌کربنات در یک گروه و کانال‌های ۱ و ۲ در گروهی دیگر قرار گرفتند و کانال ۲ در هر دو گروه مشترک است، پخش سیلاب در عرصه‌های پخش باعث کاهش ۴۰ درصدی بی‌کربنات شده است. دلیل این موضوع می‌تواند مربوط به مواد معلق در سیلاب‌های ورودی به سیستم پخش سیلاب باشد که با نتایج برآبادی و همکاران (۱۳۹۲: ۴۲) مطابقت دارد.

پخش سیلاب باعث کاهش نسبی کلر و سدیم در منطقه پخش سیلاب شده است. تجمع سیلاب در کانال‌ها و نفوذ تدریجی آن باعث آبشویی نمک‌ها شده و مقدار کلر و سدیم را کاهش می‌دهد. همچنین نوع سازندهای زمین‌شناسی بالادست نیز در تغییرات خصوصیات شیمیایی خاک موثر است. سازندهای زمین‌شناسی که در منطقه موجود

می‌باشند از تنوع چندانی برخوردار نیستند. قدیمی‌ترین واحد متعلق به دوره‌ی کامبرین و شامل شیل و ماسه‌سنگ سازند نیور (سیلورین) و گرانیت درونی است، این سازندها از نوع سازندهای دارای املاح نمک نمی‌باشد در نتیجه باعث افزایش EC و املاح کلر و سدیم نشده‌اند که بر خلاف نتایج (کاظمی و همکاران ۱۳۹۴: ۱) است.

پخش سیلاب باعث کاهش نسبی $SO4^{-2}$ در منطقه‌ی مورد مطالعه شده است که این نتایج با نتایج برآبادی و همکاران (۱۳۹۲: ۴۰) مطابقت دارد. پخش سیلاب در کانال‌های پخش باعث کاهش پتاسیم شده است ولی این کاهش نسبت به عرصه‌ی شاهد معنی‌دار نبود زیرا نوع رسوباتی که در سیستم پخش سیلاب ته‌نشین می‌شوند فاقد پتاسیم هستند در نتیجه پخش سیلاب تأثیر معنی‌داری بر روی پتاسیم خاک نداشته است که با نتایج پادیاب و همکاران (۱۳۹۲: ۱۶۱) مطابقت داشته است.

با توجه به نتایج جدول (۲) و آزمون‌های آماری انجام شده در پخش سیلاب کاشمر، به جز مقدار pH که در عرصه‌ی پخش افزایش یافته سایر خصوصیات شیمیایی مورد بررسی در عرصه‌ی پخش سیلاب به ویژه در کانال‌های ۲،۱ و ۳ نسبت به شاهد کاهش یافته است و در کانال‌های ۴و ۵ مجدداً افزایش یافته و شبیه عرصه‌ی شاهد می‌باشند. همانطور که قبلاً نیز ذکر شده آبگیری بیشتر کانال‌های اولیه و فرصت بیشتر برای شستشوی املاح و انتقال آنها به اعماق زیرین خاک باعث این تفاوت‌ها شده است.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که پخش سیلاب منجر به تغییراتی در ویژگی‌های خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه شده است. پخش سیلاب اثری معنی‌دار بر نفوذپذیری ($p<۰/۰۱$) داشته است و در کانال‌ها نسبت به شاهد میزان نفوذپذیری ۴/۳ برابر کاهش یافته است. مواد معلق موجود در سیلاب‌ها و ترسیب آنها در پشت کانال اول، باعث انتقال بیشتر ذرات رس از خاک سطحی به لایه‌های زیرین خاک شده و با کاهش خلل و فرج درشت

خاک، نفوذپذیری خاک کاهش یافته است. پخش سیلاب در کانال‌های پخش باعث افزایش ۱/۵٪ اسیدیته نسبت به شاهد شده است. مهم‌ترین ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک عرصه‌ی پخش سیلاب کاشمر که تحت تأثیر سیلاب قرار گرفته‌اند، شامل: نفوذپذیری، EC، pH، بی‌کربنات، سولفات، کلر و سدیم می‌باشند. در بین این خصوصیات نفوذپذیری کاهش پیدا کرده است که اثر منفی روی سیستم پخش سیلاب می‌گذارد. ولی تغییر خصوصیات دیگر تأثیر مخربی روی سیستم پخش سیلاب نداشته‌اند. لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد در ایستگاه کاشمر، پخش سیل روی خصوصیات شیمیایی خاک منطقه تأثیر مخربی نداشته و کارایی لازم را داشته است. لذا سیستم پخش سیلاب در مکان صحیحی احداث شده است و سازندهای زمین‌شناسی منطقه تأثیر مخربی روی سیستم پخش سیلاب ندارد. به طور کلی، پخش سیلاب خصوصیات خاک سطحی، به‌ویژه خواص فیزیکی، عرصه‌ی پخش را بیشتر تحت تأثیر قرار داده است و از سطح به عمق میزان تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عرصه‌ی پخش ناچیز می‌شود و در سطح اعتماد ۹۵٪ تغییرات ایجاد شده معنی‌دار نیست. با توجه به نفوذپذیری بالای خاک عرصه‌ی پخش، انتقال مواد معدنی به لایه‌ی زیرین تا اعماق زیاد ادامه داشته و در عمق ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متری خاک افزایش املاح دیده نمی‌شود.

بازدیدهای میدانی نشان داد که در پخش سیلاب کاشمر یک قشر نازک رسی (کمتر از ۲ سانتی‌متر) در بخش‌هایی از کانال‌های اول و دوم تشکیل شده است، که باعث کاهش نفوذپذیری در کانال‌های ابتدایی شده است، بنابراین پیشنهاد می‌شود هرساله با شخم‌زدن این کانال‌ها توسط تراکتور، منطقه را برای ورود سیلاب‌های احتمالی آینده آماده کرد. مقایسه‌ی نتایج این تحقیق با سایر پژوهش‌ها نشان داد که اثرات پخش سیلاب بر روی خاک عرصه‌ی پخش به عوامل متعددی مانند سازندهای زمین‌شناسی حوضه‌ی آبخیز بالادست، دبی و آورد سیل، میزان رسوبات حمل شده توسط سیل، وضعیت نفوذپذیری آبرفت عرصه‌ی پخش و.... بستگی دارد. بنابراین باید اثرات پخش سیلاب را در هر منطقه با توجه به شرایط فیزیکی و هیدرولوژیکی همان عرصه‌ی مورد مطالعه قرار داد.

منابع

- آقائی‌افشار، محبوبه و مسعود بهشتی‌راد (۱۳۹۳)، **بررسی اثرات پخش سیلاب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه‌ی موردی: دهندر هشتبندی میناب، استان هرمزگان)**، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره‌ی ۴، صص ۲۶-۱۳.

- برآبادی، حسن، غلامرضا زهتابیان، علی طویلی، ابوالقاسم دادرسی سبزوار و حسن خسروی (۱۳۹۲)، **بررسی تأثیر پخش سیلاب در تغییرات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه‌ی موردی ایستگاه پخش سیلاب برآباد سبزوار**، مهندسی اکوسیستم بیابان، شماره‌ی ۱، صص ۴۶-۳۷.

- پادیاب، محسن، سادات فیض‌نیا و اردشیر شفیعی (۱۳۹۲)، **ارزیابی اثرهای پخش سیلاب بر حاصلخیزی خاک (مطالعه‌ی موردی: ایستگاه پخش سیلاب گچساران)**، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره‌ی ۱،صص۱۷۱-۱۶۱.

- پادیاب، محسن؛ سادات فیض‌نیا، حسن احمدی و اردشیر شفیعی(۱۳۹۴)، **تعیین میزان نفوذ عمقی رسوب در عرصه‌های پخش سیلاب (مطالعه‌ی موردی: ایستگاه پخش سیلاب گچساران)**، مجله‌ی مرتع و آبخیزداری، شماره‌ی ۱، صص ۲۴-۱۵.

- جوادی، محمدرضا، مهدی باقری، مهدی وفاخواه و شعبانعلی غلامی (۱۳۹۲)، **تأثیر پخش سیلاب بر برخی از خصوصیات شیمیایی خاک در منطقه‌ی دلیجان**، مجله‌ی پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، شماره‌ی ۴، صص۵۷۲-۵۶۵.

- حسنی، زینب؛ محمدتقی دستورانی و قاسم اسدیان (۱۳۹۲)، **ارزیابی تأثیر پروژه‌های پخش سیلاب بر سطح آب زیرزمینی با استفاده از آزمون من ویتنی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز تاسران استان همدان)**، نهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، یزد، صص۶-۱.

- سررشته‌داری، امیر (۱۳۸۳)، **اثرات طرح پخش سیلاب بر نفوذپذیری و حاصلخیزی خاک**، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره‌ی ۶۲، صص ۹۳-۸۳.

- سکوتی‌اسکویی، رضا؛ مهدیان، محمدحسین؛ مجیدی، علیرضا؛ احمدی، عباس؛ مهدیزاده؛ منصور و جواد خانی (۱۳۸۴)، **بررسی تأثیر پخش سیلاب بر خصوصیات خاک در آبخوان پلدشت، آذربایجان غربی**، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره‌ی ۶۷، صص ۵۰-۴۲.

- سلیمانی، رضا؛ مهدیان، محمدحسین و کوروش کمالی (۱۳۹۲)، **تغییرات مکانی و زمانی نفوذپذیری خاک متأثر از پخش سیلاب در جنوب دهلران**، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره۳، صص ۷۱-۵۱.

- شمس‌المعالی، نگار؛ مهدوی، محمد و غلامرضا زهتابیان (۱۳۹۰)، **ارزیابی اثر پخش سیلاب بر تغییرات نفوذپذیری خاک سطحی (بررسی موردی: حوضه‌ی آبخیز چنداب ورامین)**، مرتع و آبخیزداری، شماره‌ی ۳، صص ۳۲۱-۳۰۷.

- فاضل پور عقدایی، محمدرضا؛ ملکی نژاد،حسین؛ اختصاصی، محمدرضا؛ برخورداری، جلال و اصغر زارع چاهوکی (۱۳۹۵)، **ارزیابی تأثیر پروژه‌های پخش سیلاب بر ویژگی‌های خاک در استان یزد**، مرتع و آبخیزداری، شماره‌ی ۴،صص۹۸۳-۹۹۷.

- قضاوی، غلامعلی و عباسعلی ولی (۱۳۸۱)، **اثرات پخش سیلاب بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه‌ی موردی: پخش سیلاب فتح‌آباد داراب)**، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره‌ی ۳، صص ۲۴-۱۷.

- کاظمی، محسن؛ فیض‌نیا، سادات؛ ناجی، صادق و علی خلیلی (۱۳۹۴)، **بررسی اثرات پخش سیلاب بر روند تغییرات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مطالعه‌ی موردی: پخش سیلاب سرچاهان بنـــدرعباس**، دومین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز، صص ۱۰-۱.

-کیاحیرتی، جعفر، سید سعید اسلامیان، حسین خادمی و امیر حسین چرخابی (۱۳۸۱)، **بررسی عملکرد شبکه‌ی پخش سیلاب موغار اردستان در تغذیه‌ی مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی**، مجله‌ی منابع طبیعی ایران، شماره‌ی ۲، صص۱۷۲-۱۵۹.

- مسلمی، حمید (۱۳۹۷)، **اثرات طرح پخش سیلاب بر برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حاصلخیزی خاک، مطالعه‌ی موردی: پخش سیلاب تیغ سیاه هشتبندی در استان هرمزگان**، مهندسی و مدیریت آبخیز، شماره‌ی ۱۰، صص ۸۰-۷۱.

- مهدوی، سیده‌خدیجه؛ آذریان، احمد، جوادی، محمدرضا و جلال محمودی (۱۳۹۵)، **بررسی اثر پخش سیلاب بر برخی از خصوصیات فیزیکی-شیمیایی و حاصلخیزی خاک (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی بندعلی‌خان ورامین)**، مرتع، شماره‌ی ۱، صص ۸۱-۶۸.

- نصرتی، کاظم و زینب محمدی (۱۳۹۵)، **اثرات پخش سیلاب بر ویژگی‌های خاک و خصوصیات فیزیکی مخروط افکنه دشت زهاب استان کرمانشاه**، پژوهش‌های دانش زمین، شماره‌ی ۷، صص ۸۲-۶۵.

-Ghazavi, R., Vali, A. and Eslamian, S., (2010), **Impact of Flood Spreading on Infiltration Rate and Soil Properties in an Arid Environment,** Water Resource Management, Vol.24, PP. 2111-2193.

-Kamali Maskooni, E., Amiri, I. and Hakimzadeh Ardakani, M.A., (2014), **Effect of flood spreading on physical and chemical properties of soil (case study: Aab barik, Bam, Iran)**, Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, Vol. 4, No. 4, PP. 2936-2939.

-Naderi, A.A., Kowsar, S.A. and Sarafraz, A.A., (2000), **Reclamation of a Sandy Desert Through Floodwater Spreading: L Sediment-Induced Changes in Selected Soil Chemical and Physical Properties,** Agriculture and Science Technology, Vol. 2, PP. 9-20.

-Sokouti Oskoee, R., Mahdian, M.H. and Razzagi, S., (2015), **Feasibility of Recovering Soil Nutrients through Flood Water Spreading**, Ecopersia, Vol. 3, No.3, PP. 1089-1097.