

اثر تغییر کاربری و چرای مفرط بر هدر رفت برخی از شکل‌های فسفر خاک در دو منطقه از زیر حوزه آبخیز ونك

مسعود مؤمنی^{*}، محمود کلباسی، احمد جلالیان و حسین خادمی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۳/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۸/۱۴)

چکیده

عملیات و مدیریت کشاورزی اغلب باعث ایجاد تغییرات فاحشی در پوشش گیاهی، تولید بیومس، مواد آلی خاک، چرخه عناصر غذایی و پویایی فسفر خاک می‌شود. در این پژوهش تأثیر تخریب پوشش گیاهی بر مقدار شکل‌های آلی و معدنی لایل و غیر لایل فسفر و هم‌چنین مقدار فسفر کل آلی و معدنی خاک بررسی شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری از سه کاربری مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب (۲۰-۲۵ درصد)، مرتع با پوشش گیاهی ضعیف (۵-۱۰ درصد) و دیمزار در زیر حوزه سولگان و دو کاربری مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب (۲۵-۳۰ درصد) و مرتع با پوشش گیاهی ضعیف (۵-۱۰ درصد) در سادات آباد جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که مقدار فسفر کل آلی خاک به ترتیب $18/2$ و $23/9$ درصد در کاربری دیمزار و مرتع با پوشش گیاهی ضعیف در سولگان و $40/8$ درصد در مرتع با پوشش گیاهی ضعیف در سادات آباد نسبت به مرتع با پوشش نسبتاً خوب کاهش یافته است. فرم‌های آلی فسفر در اثر تخریب مرتع تغییر پیشتری نسبت به فرم‌های معدنی داشت، به طوری که در سولگان شکل‌های آلی لایل، نسبتاً لایل و غیر لایل فسفر به ترتیب $22/3$ ، $72/3$ و $1/1$ درصد در کاربری دیمزار و $13/9$ ، $42/1$ و $12/9$ درصد در کاربری مرتع با پوشش گیاهی ضعیف نسبت به مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب کاهش یافت. در سادات آباد نیز در اثر چرای بی‌رویه دام و کاهش پوشش گیاهی مقدار این شکل‌ها به ترتیب $44/4$ و $35/7$ درصد نسبت به مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب کاهش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که تخریب پوشش گیاهی تأثیر قابل توجهی بر مقدار ذخایر فسفر خاک دارد. با کاهش ذخایر نسبتاً مقاوم و مقاوم فسفر در خاک توانایی خاک در عرضه فسفر قابل دسترس کاهش یافته و از قدرت باروری و حاصل خیزی خاک در دراز مدت کاسته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تغییر کاربری، تخریب خاک، شکل‌های فسفر، هدر رفت فسفر

مقدمه

اکوسیستم می‌شود (۱۲ و ۱). کشت و کار طولانی مدت و بدون افزودن کود به خاک باعث کاهش فسفر خاک می‌شود. سرعت تجزیه مواد آلی در اثر عملیات خاک‌ورزی به ویژه شخم افزایش می‌یابد (۱۳)، بنابراین کاهش فسفر خاک در اثر معدنی شدن ناشی از شخم می‌تواند قابل توجه باشد. هم‌چنین

شکل‌های فسفر و پویایی آن در خاک می‌تواند تا حد زیادی تحت تأثیر عملیات و مدیریت کشاورزی قرار گیرد (۱۰ و ۲۳). این مدیریت‌ها اغلب باعث ایجاد تغییرات فاحشی در پوشش گیاهی، تولید بیومس، مواد آلی خاک و چرخه عناصر غذایی در

۱. به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، اساتید و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mdmi80@yahoo.com

نتیجه حذف پوشش گیاهی و کشت و کار مداوم، خروج فسفر توسط گیاهان برداشت شده یا مصرف شده توسط دام و عدم بازگشت آن به خاک و همچنین افزایش خروج ذرات غنی از فسفر در اراضی شیبدار است (۱۹).

مطالعات مختلفی در مورد تأثیر عملیات کشاورزی بر فرم‌های مختلف فسفر در خاک انجام شده است (۹، ۱۶، ۱۸ و ۱۹). فسفر موجود در کانی‌های اولیه و ثانویه حاوی فسفر که در کوتاه مدت به درون محلول آزاد نمی‌شود شامل فسفر معدنی CDB محبوس شده (Occluded) (فسفر قابل عصاره‌گیری با Citrate- Dithionite- Bicarbonate) و سود یک دهم مولار) و فسفر محبوس نشده (Nonoccluded) (فسفر قابل عصاره‌گیری با سود یک دهم مولار) می‌باشد که می‌توان مجموع آنها را فسفر معدنی پایدار (Stable Inorganic Phosphorus) نامید، و همچنین فسفر آلی نسبتاً مقاوم و مقاوم (Moderately & Resistant Phosphorus) برآورده از حاصل‌خیزی خاک در دراز مدت هستند در حالی که فسفر آلی لبایل (فسفر آلی قابل عصاره‌گیری با سیکرینات سدیم pH=۸/۵، ۵٪ نرمال) و فسفر معدنی سست پیوند (Loosely bound inorganic phosphorus) عصاره‌گیری با آمونیوم کلراید یک مولار) برآورده از حاصل‌خیزی خاک در کوتاه مدت هستند (۱۶). تایسن و همکاران در مطالعه‌ای در اراضی بدون شیب در برزیل مشاهده کردند که فسفر آلی لبایل در اثر تغییر کاربری تغییر قابل توجهی نداشته درحالی که فرم قابل عصاره‌گیری با سود یک دهم نرمال در اثر شخم کاهش یافته است (۲۲). همچنین شارپلی و اسمیت در مطالعه خود کاهش مقدار شکل‌های مختلف فسفر آلی را در اثر شخم گزارش نمودند. آنها این کاهش را عمدتاً به کاهش در مقادیر فسفر آلی نسبتاً لبایل و نسبتاً مقاوم مربوط دانستند. بخش آلی لبایل در حد ثابتی حفظ شده مگر در مواردی که معدنی شدن باعث کاهش شدید مقدار آن شده باشد. مقدار فسفر آلی لبایل با فعالیت آنزیم فسفاتاز ارتباط مستقیمی دارد (۱۶). سالومون و همکاران (۲۰۰۴) مقدار کاهش فسفر آلی لبایل و

جذب فسفر توسط گیاهان و خروج آن به دلیل برداشت محصول از دیگر عوامل کاهش فسفر خاک در اثر کشاورزی است (۲۱). از مهم‌ترین عوامل کاهش مقدار شکل‌های مختلف فسفر در اراضی شیبدار، فرسایش خاک است. نوع کاربری اراضی و پوشش گیاهی با تأثیر بر میزان فرسایش خاک تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقدار رسوب خارج شده به وسیله رواناب دارد. فرسایش معمولاً ذرات ریزتر را منتقل می‌کند و این ذرات حاوی مقدار زیادی فسفر آلی و معدنی هستند (۷).

اگرچه فسفر آلی در خاک از لحاظ بیولوژیک کم و بیش پایدار است اما طی فرایندهای معدنی و آلی شدن به طور پیوسته در حال تغییر و تبدیل است. عوامل مختلفی بر نسبت فسفر آلی به کل ماده آلی در خاک‌های معدنی مؤثرند. این عوامل شامل کاربرد کودهای فسفره در خاک، مواد مادری، اقلیم، زهکشی، عملیات شخم، pH و عمق خاک هستند. ماده آلی در خاک‌های ریز بافت حاوی فسفر بیشتری نسبت به خاک‌های درشت بافت است. نسبت فسفر آلی به ماده آلی در خاک‌های مختلف بین ۱ تا ۳ درصد در نوسان است و در نتیجه باعث می‌شود نسبت کربن به فسفر آلی (C/P_۰) در خاک‌ها بسیار متغیر باشد. این نسبت برای برآورد پتانسیل معدنی شدن فسفر آلی خاک استفاده می‌شود (۱۹). نسبت مذکور (C/P_۰) برای زیست توده (Biomass) به مقدار قابل توجهی نسبت به ماده آلی خاک کمتر است زیرا درصد فسفر آلی زیست توده می‌تواند بین ۳ تا ۲۰ درصد باشد (۲۵). پوشش گیاهی نیز می‌تواند تأثیر زیادی روی مقدار فسفر آلی خاک داشته باشد به طوری که در خاک‌های مرتعی بخش قابل توجهی از فسفر به صورت آلی است (۹). نسبت کربن به فسفر آلی و فسفر معدنی به فسفر آلی نیز تحت تأثیر مدیریت و کاربری اراضی قرار دارد. سالومون و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای نسبت فسفر معدنی به فسفر آلی را در خاک‌های زیر پوشش جنگل طبیعی، جنگل دست کاشت و زیر کشت به ترتیب ۱/۴، ۲/۴ و ۲/۶ گزارش کردند (۱۹). از بین رفتن فسفر آلی در اثر تغییر کاربری و شخم، عمدتاً به علت افزایش معدنی شدن فسفر در

کشور ما، تأثیر پوشش گیاهی و نوع کاربری بر تغییرات فسفر خاک به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته و همچنین اهمیت ذخایر فسفر خاک در حاصل خیزی و باروری خاک، در پژوهش حاضر تأثیر چرای بیش از حد و تبدیل مراتع به دیمزار بر مقدار برخی از شکل‌های فسفر خاک در دو زیر حوزه در مناطق کوهستانی زاگرس مطالعه شد. در مناطق مطالعه شده خاک مرتع با پوشش نسبتاً خوب به عنوان یک خاک با شرایط نزدیک به کلیماکس در نظر گرفته شد و هدف از این پژوهش نشان دادن تأثیر چند سال کشت و کار و چرای مفرط بر وضعیت فسفر در خاک‌های مرتعی بود، بنابراین در هر زیر حوزه میزان تخریب نسبت به خاک مرتع با پوشش نسبتاً خوب در همان منطقه بررسی شد.

مواد و روش‌ها

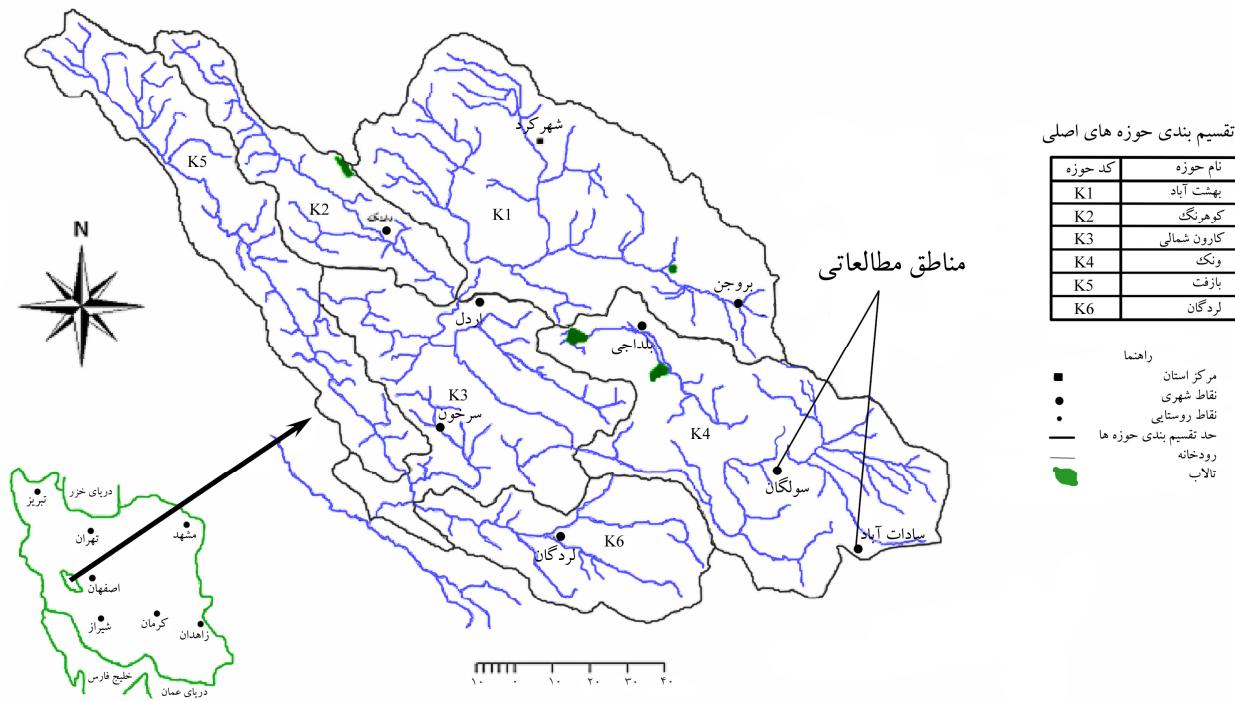
عملیات صحرایی

مناطق مورد مطالعه (شکل ۱) در زیر حوزه آبخیز ونک در حوزه آبخیز کارون شمالی قرار دارند و عبارتند از: ۱. زیر حوزه سولگان که در مجاورت روستای سولیجان در جنوب شهرستان بروجن و در $10^{\circ} 16' 51''$ طول شرقی و $39^{\circ} 37' 31''$ عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع آن 2150 متر از سطح دریا می‌باشد. طبقه‌بندی خاک طبق کلید تاکسونومی 2003 Calcic Haploxeralfs است. پوشش گیاهی غالب منطقه شامل گون (*Astragalus* sp.), آویشن (*Anthemis* sp.) و ارنجیم (*Erangium* sp.) می‌باشد. اقلیم این منطقه معتدل سرد با تابستان‌های خنک و خشک و متوسط بارش سالانه 410 میلی‌متر و دمای متوسط سالانه 11 درجه سانتی‌گراد است. سه کاربری متفاوت اراضی در این حوزه مورد مطالعه قرار گرفت که عبارت‌اند از ۱- مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب (پوشش گیاهی $20-25$ درصد)، ۲- مرتع با پوشش گیاهی ضعیف (پوشش گیاهی $10-5$ درصد) و ۳- دیمزار حاصل از شخم مرتع. دیمزار مورد مطالعه به مدت 8 سال زیر کشت گندم و در دو سال اخیر زیر کشت عدس قرار گرفته بود.

فسفر قابل عصاره‌گیری با سود یک دهم نرمال را در اثر تغییر کاربری و شخم خاک به ترتیب 65 و 46 درصد گزارش کردند(۱۹).

فرسایش خاک از عوامل مهم در کاهش شکل‌های آلی فسفر است. مطالعات مختلف حاکی از آن است که با کاهش اندازه ذرات، مقدار شکل‌های مختلف فسفر افزایش می‌یابد (۷، ۱۸ و ۱۹). سالومون و لمن نشان دادند که جزء رس دارای بیشترین مقدار فرم‌های معدنی فسفر است (۱۸). تایسن و همکاران نیز مشاهده کردند که فسفر معدنی لبایل عمده‌اً شامل فسفر معدنی جذب شده روی سطح ذرات است بنابراین ذرات ریزتر به علت سطح ویژه بالاتر حاوی مقادیر بیشتری فسفر لبایل هستند (۲۲). با کاهش اندازه ذرات نسبت P_i / P_0 (فسفر معدنی به فسفر آلی) نیز کاهش می‌یابد به همین دلیل فرسایش خاک تأثیر بیشتری بر مقدار فسفر آلی خاک دارد (۱۸). حفظ ذخایر فسفر آلی در خاک برای جلوگیری از کاهش حاصل خیزی خاک در دراز مدت حائز اهمیت زیادی است. تعیین مقدار فسفر آلی نسبتاً لبایل و غیر لبایل (مجموع فسفر آلی نسبتاً مقاوم و مقاوم) در خاک می‌تواند بیانگر توانایی خاک برای عرضه فسفر قابل استفاده برای گیاه در دراز مدت باشد. کاهش مقدار این شکل‌ها در خاک باعث کاهش قدرت باروری مرتع در آینده می‌شود(۹).

خاک‌های واقع در دامنه رشته‌کوه‌های زاگرس به علت شیب زیاد و وقوع باران‌های شدید همواره تحت تأثیر فرسایش آبی قرار دارند. تخریب مرتع زاگرس به علت چرای بی‌رویه دام‌ها و تبدیل اراضی مرتعی به دیمزار باعث تشدید فرسایش در این اراضی شده است به‌طوری‌که کارشناسان، تشدید روند بیابان‌زایی در این مناطق را دور از انتظار نمی‌دانند. از بین بردن پوشش گیاهی و شخم زدن اراضی بدون هیچ‌گونه اعمال مدیریتی باعث هدررفت خاک و کاهش حاصل خیزی آن شده و پس از مدتی به علت نداشتن بازده اقتصادی، دیمزارها رها شده و در نهایت بسیاری از آنها به دلیل فرسایش خندقی شدید تبدیل به اراضی هزاردره (Badland) می‌شوند. با توجه به این که در



شکل ۱. موقعیت مناطق مطالعه روی نقشه حوزه آبخیز کارون شمالی

درصد). با توجه به کوهستانی بودن منطقه و تفاوت زیاد ویژگی‌های خاک در نقاط مختلف، در سولگان و سادات‌آباد به ترتیب دو زیرحوزه با مساحت‌های $13/6$ و $17/5$ هکتار و شیب متوسط 30° درصد با جهت شمالی و روی سازند سنگ آهک کرتاسه انتخاب شد. نمونه‌های خاک از عمق $0-10$ سانتی‌متر و به صورت تصادفی از نقاط مختلف در هر کاربری برداشته و پس از مخلوط کردن، یک نمونه مرکب از هر کاربری تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد.

تجزیه‌های شیمیایی

پس از هوaxشک کردن نمونه‌ها و عبور از الک 2 میلی‌متر اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی روی آنها در 4 تکرار انجام شد. برای اندازه‌گیری فسفر آلی و معدنی کل در نمونه‌های خاک، روش ساندرز و ویلیامز (20) اصلاح شده به وسیله واکر و آدامز (6) استفاده شد. مشخصات کلی خاک‌ها در جدول 1

زیر حوزه سادات‌آباد با مساحت 2170 هکتار که در جنوب شرقی زیر حوزه ونک، در استان اصفهان، شهرستان سمیرم و در مجاور روستای سادات‌آباد قرار گرفته است. این منطقه در $57^{\circ} 23' 51''$ طول شرقی و $34^{\circ} 31' 09''$ عرض شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا 2300 متر می‌باشد. طبقه‌بندی خاک طبق کلید تاکسونومی 2003 ، *Petrocalcic Calcixerupts* (*Daphne* sp.) می‌باشد. پوشش گیاهی غالب آن گون و دافنه است. با توجه به نبود ایستگاه هواشناسی در این منطقه، اطلاعات اقلیمی آن از ایستگاه هواشناسی شهرستان سمیرم که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه است به دست آمد. بر این اساس، اقلیم این منطقه معتدل سرد با تابستان‌های خشک و خنک بوده و متوسط بارندگی سالانه آن 350 میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن $10/7^{\circ}\text{C}$ است. دو کاربری متفاوت اراضی در این منطقه مورد مطالعه قرار گرفت که عبارتند از 1 - مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب (پوشش گیاهی $25-30$ درصد) و 2 - مرتع با پوشش گیاهی ضعیف (پوشش گیاهی $5-10$ درصد).

جدول ۱. مشخصات کلی خاک‌های مطالعه شده

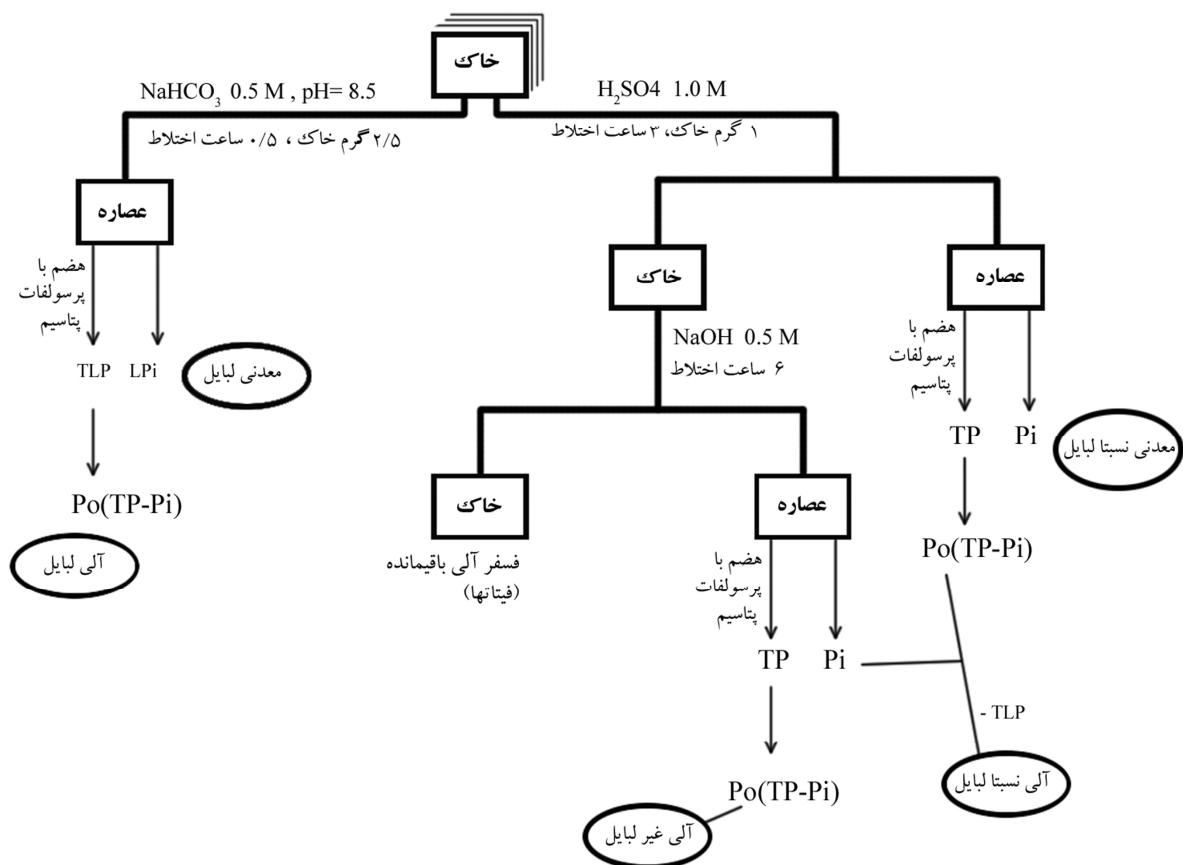
کاربری سولگان	pH	نیتروژن	کربن آلی	آهک	شن	سیلت	رس
					$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$		
مرتع با پوشش نسبتاً خوب	۷/۶۱	۱/۵۲	۱۴/۳	۱۸۷	۱۴۷	۴۳۳	۴۲۰
مرتع با پوشش ضعیف	۷/۴۲	۱/۱۱	۸/۹	۱۴۳	۱۴۹	۴۶۵	۳۸۷
دیمزار سدادت آباد	۷/۵۰	۰/۰۹	۶/۵	۸۹	۷۶	۴۳۷	۴۸۷
مرتع با پوشش نسبتاً خوب	۷/۳	۱/۱۸	۱۸/۷	۳۸۷	۲۶۱	۴۸۳	۲۵۶
مرتع با پوشش ضعیف	۷/۶	۱/۰۷	۱۱	۴۶۰	۲۴۹	۴۲۵	۳۲۳

قسمت تقسیم و غلظت فسفر مستقیماً در یک بخش عصاره تعیین گردید که نشان دهنده فسفر معدنی نسبتاً لبایل بود. بخش دیگر عصاره مانند مرحله قبل بهوسیله پرسولفات پتابسیم هضم و غلظت فسفر در این عصاره نیز تعیین شد که نشان دهنده فسفر نسبتاً لبایل کل بود. از تفاصل دو مقدار فوق، بخشی از فسفر آلی نسبتاً لبایل به دست آمد (شکل ۲).

در مرحله بعد نمونه‌ای که توسط اسید سولفوریک عصاره‌گیری شده بود ابتدا با اتانول شستشو و به مدت ۵ دقیقه روی شیکر مخلوط و با سرعت 350° دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول صاف رویین دور ریخته و به خاک باقی‌مانده ۵۰ میلی‌لیتر سود 5% نرمال اضافه و به مدت ۶ ساعت روی شیکر تکان داده و سپس سانتریفیوژ گردید. محلول صاف رویین، هم شامل بخشی از فسفر آلی نسبتاً لبایل و هم فسفر آلی غیر لبایل (نسبتاً مقاوم و مقاوم) بود. برای جدا کردن این اجزا عصاره به دو قسمت تقسیم شد. غلظت فسفر مستقیماً در یک قسمت عصاره تعیین شد که نشان دهنده بخش دوم فسفر آلی نسبتاً لبایل بود. بخش دیگر عصاره مانند مرحله قبل بهوسیله پرسولفات پتابسیم هضم و غلظت فسفر آن تعیین گردید. از تفاصل غلظت فسفر در عصاره هضم شده و مقدار فسفر آلی نسبتاً لبایل، غلظت فسفر غیر لبایل به دست آمد. مقدار کل فسفر

مشاهده می‌شود. برای تعیین فسفر لبایل در نمونه، عصاره‌گیری به روش اولسن (۱۵) انجام گرفت. عصاره حاصل به دو قسمت تقسیم شد. ابتدا غلظت فسفر در یک قسمت از عصاره به روش مورفی و رایلی (۱۴) تعیین شد که نشان دهنده فسفر معدنی لبایل بود (۹). سپس بخش دیگر عصاره برای تبدیل فسفر آلی محلول به فسفر معدنی بهوسیله پرسولفات پتابسیم ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) هضم شد (۸). بدین منظور ۵ میلی‌لیتر از عصاره به داخل یک بالن ژوژه 50 ml میلی‌لیتری متنقل و 5% گرم پرسولفات پتابسیم و 3 ml میلی‌لیتر اسید سولفوریک $2/5\text{ Molar}$ به آن اضافه و بالن به مدت 20 تا 30 دقیقه در دمای 150° درجه سانتی‌گراد روی صفحه داغ هضم شد. غلظت فسفر در این عصاره نشان دهنده فسفر لبایل کل بود. از تفاصل فسفر لبایل کل و معدنی لبایل، فسفر آلی لبایل به دست آمد (۹).

فسفر نسبتاً لبایل در دو مرحله عصاره‌گیری شد (۹): ابتدا یک گرم از نمونه خاک به یک ظرف پلی اتیلنی 100 ml میلی‌لیتری متنقل، سپس 50 ml میلی‌لیتر اسید سولفوریک یک مولار به آن اضافه و به مدت سه ساعت روی شیکر مخلوط شد. سپس نمونه به مدت 10 دقیقه با سرعت 350° دور در دقیقه سانتریفیوژ و از کاغذ صافی عبور داده شد. عصاره حاصل به دو



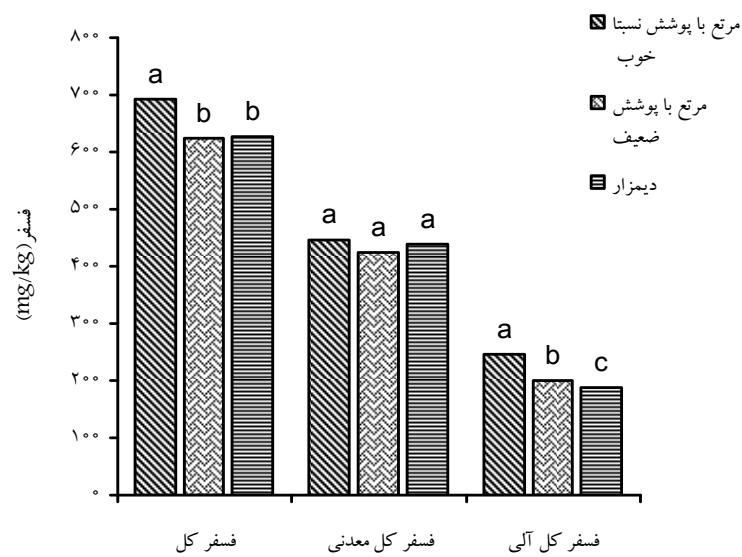
شکل ۲. مراحل عصاره‌گیری فسفر(۹)

نتایج و بحث

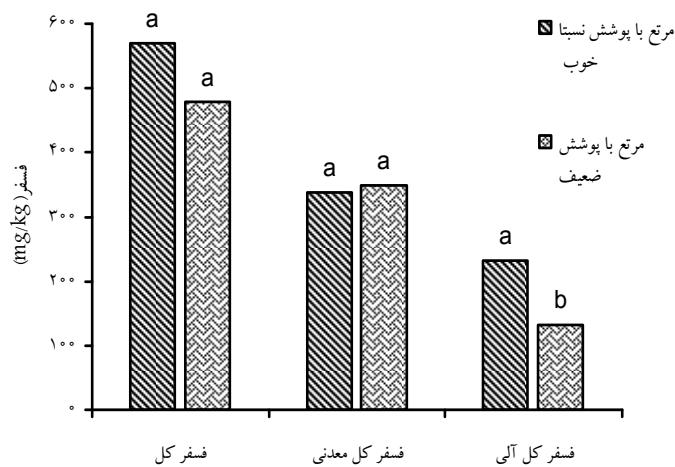
اثر نوع کاربری و کیفیت پوشش گیاهی بر فسفر کل، فسفر کل معادنی و فسفر کل آلی خاک در دو منطقه در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در هر منطقه فاکتورهای تشکیل دهنده خاک شامل ماده مادری، اقلیم، توپوگرافی و زمان یکسان بود بنابراین، تغییر در خصوصیات خاک می تواند عمدتاً به دلیل نوع کاربری و مدیریت اراضی باشد. بیشترین مقدار فسفر کل در هر دو منطقه در کاربری مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب مشاهده شد که مقدار آن در سولگان ۶۹۲ و در سادات آباد ۵۷۰ میلی گرم در کیلو گرم بود و تفاوت معنی داری را با دیگر کاربری ها نشان داد. مقدار فسفر کل در سولگان در دو کاربری مرتع با پوشش ضعیف و دیمزار

آلی نسبتاً لایبل از مجموع دو فسفر آلی نسبتاً لایبل تعیین شده در دو مرحله قبل به دست آمد (۹). کربن آلی خاک نیز به روش واکی و بلک (۲۴) اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده ها در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم شد. به منظور اندازه گیری اثر تخریب پوشش گیاهی بر مقدار ذخایر فسفر خاک، در هر زیر حوزه کاربری مرتع با پوشش نسبتاً خوب به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و کاربری های دیگر با آن مقایسه شد.



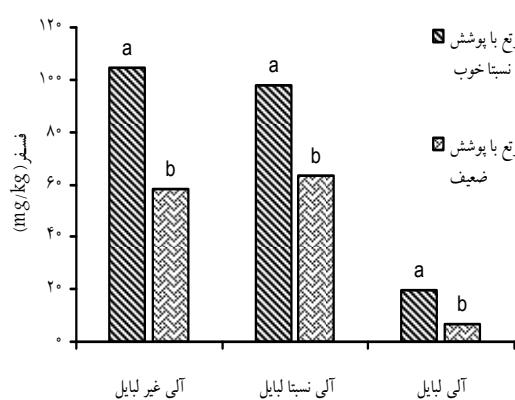
شکل ۳. اثر نوع کاربری (کیفیت پوشش) بر مقادیر فسفر کل، فسفر آلی و معدنی کل خاک مرتع سولگان. حروف مشابه در هر سری نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن تفاوت بین کاربری‌ها در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.



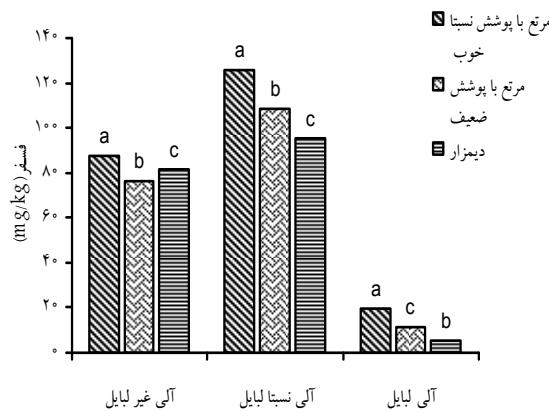
شکل ۴. اثر نوع کاربری (کیفیت پوشش) بر مقادیر فسفر کل، فسفر کل آلی و معدنی خاک در منطقه سادات آباد. حروف مشابه در هر سری نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن تفاوت بین کاربری‌ها در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

اثر چرای دام در مرتع با پوشش ضعیف و تغییر کاربری از مرتع به دیمزار در سولگان باعث کاهش مقدار فسفر آلی خاک به ترتیب به میزان $18/2$ و $23/9$ درصد شده است. افزایش معدنی شدن ناشی از به هم خوردگی خاک در اثر شخم در دیمزار و کاهش پوشش گیاهی به علت چرای دام در مرتع با پوشش

به ترتیب 624 و 626 میلی‌گرم در کیلوگرم بود که تفاوت معنی‌داری بین این دو کاربری مشاهده نشد. مقادیر فسفر آلی کل در سه کاربری مذکور به ترتیب $245/4$ ، $200/7$ و $186/8$ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان داد (شکل ۳). از بین رفتن پوشش گیاهی در



شکل ۶. اثر نوع کاربری (کیفیت پوشش) بر مقدار شکل‌های مختلف فسفر آلی خاک در منطقه سادات‌آباد. حروف غیر مشابه در هر سری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها بین کاربری‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.



شکل ۵. اثر نوع کاربری (کیفیت پوشش) بر مقدار شکل‌های مختلف فسفر آلی خاک در منطقه سولگان. حروف غیر مشابه در هر سری نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تفاوت‌ها بین کاربری‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.

ذرات، مقدار نسبی فسفر معدنی نیز افزایش می‌یابد که علت آن سطح ویژه بیشتر در ذرات ریزتر است (۱۸ و ۱۹). در سادات‌آباد نیز روند فوق مشاهده شد. مقدار فسفر کل خاک در دو کاربری مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب و مرتع با پوشش گیاهی ضعیف به ترتیب ۴۷۹ و ۵۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که علی‌رغم معنی‌دار نبودن تفاوت بین آنها، ۱۵/۹ درصد کاهش نشان داد (شکل ۴). مقدار فسفر آلی در دو کاربری مذکور نیز به ترتیب ۲۳۱/۷ و ۲۳۱/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که در اثر تخریب پوشش گیاهی ۴۳/۳٪ کاهش یافته است. فرسایش خاک، تخریب شدید پوشش گیاهی در اثر چرای مفرط و عدم بازگشت بقایای گیاهی به خاک در مرتع با پوشش ضعیف از مهم‌ترین علل کاهش فسفر آلی در این کاربری هستند. بخش عمده‌ای از فسفر آلی خاک در لایه سطحی است و فرسایش لایه سطحی تأثیر قابل توجهی بر مقدار فسفر آلی دارد. هم‌چنین، مطالعات نشان می‌دهد که درصد بالایی از فسفر در مرتع و علفزارها به صورت آلی است (۹).

تأثیر نوع کاربری بر مقدار فرم‌های آلی فسفر در شکل‌های (۵) و (۶) مشاهده می‌شود. نسبت شکل‌های آلی لایل، نسبتاً لایل و غیر لایل به فسفر کل آلی در زیر حوزه سولگان به

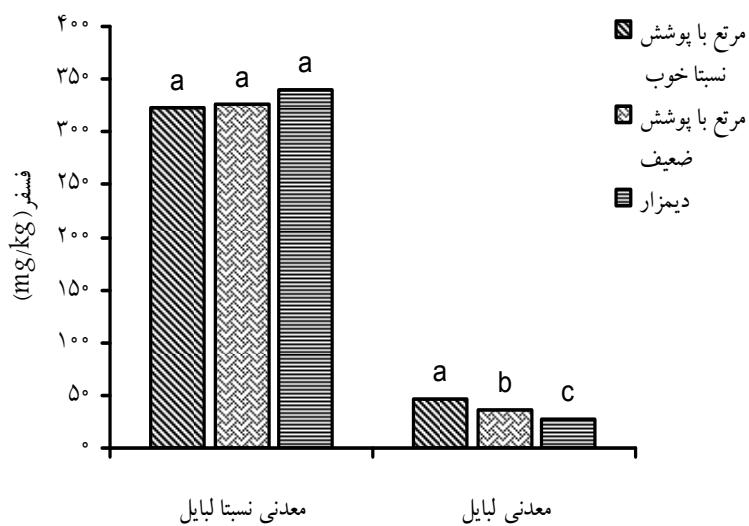
گیاهی ضعیف و نیز عدم بازگشت بقایای گیاهی به خاک و انتقال ذرات غنی از ماده آلی در اثر فرسایش از مهم‌ترین عوامل کاهش فسفر آلی خاک در این دو کاربری هستند. به علت جذب محکم فسفر روی ذرات خاک و ثبت آن در خاک، تحرک فسفر در خاک بسیار کم بوده و احتمال آبشویی آن به استثنای خاک‌های شنی و آلی اسیدی که ظرفیت پاسیونی برای ثبت فسفر دارند کم است (۱۱ و ۱۷). خروج فسفر به وسیله گیاهان برداشت شده یا مصرف شده توسط دام از دلایل کاهش فسفر خاک است. مقدار بیشتر فسفر آلی در مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب به علت وجود پوشش گیاهان چند ساله و اضافه شدن بقایای گیاهی به خاک و در نتیجه چرخه زیستی فعال فسفر در این کاربری است (۱۹). فرایندهای فرسایش نیز به دلیل برداشت ترجیحی ذرات ریز از عوامل مهم در کاهش فسفر آلی خاک‌های مورد مطالعه هستند. مطالعات نشان داده که با کاهش اندازه ذرات، مقدار و پایداری فسفر آلی خاک افزایش می‌یابد. علت این امر وجود مقدار زیاد مواد آلی و اکسیدهای پدوژنیک همراه ذرات ریز است. مواد آلی و اکسیدهای آهن و آلومینیوم که عمدهاً در بخش رس خاک وجود دارند قابلیت بالایی در ثبت فسفر دارند. با کاهش اندازه

جذب فسفر توسط گیاهان و برداشت محصول طی سال‌های متمادی نسبت داد که باعث تخلیه خاک از این فرم از فسفر شده است. علاوه بر این، همان‌طور که ذکر شد فسفر معدنی لایل غالباً روی سطوح ذرات ریز جذب شده است بنابراین، فرسایش خاک که عمدتاً باعث خروج این ذرات از خاک می‌شود عامل مهمی در کاهش فسفر معدنی لایل در دو کاربری دیمزار و مرتع با پوشش گیاهی ضعیف است. در پژوهش‌های انجام شده توسط دیگر محققین نیز مقادیر مشابهی گزارش شده است. سعیدی در زیر حوزه سولگان مقدار فسفر معدنی لایل (قابل دسترس) را در کاربری‌های دیمزار (خاک لومی سیلیتی)، دیمزار (خاک لومی سیلیتی رسی) و دیم رها شده (لومی سیلیتی) به ترتیب ۲۵، ۳۱/۱ و ۱۴/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نمود(۴). یوسفی فرد در منطقه چشممه علی مقدار فسفر لایل را در سه کاربری دیم، مرتع تخریب شده و مرتع خوب به ترتیب ۲۳، ۴۳ و ۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کرد (۵). ایزدی نیز در کوهرنگ مقدار فسفر قابل دسترس را در کاربری دیمزار (که ۶ سال عملیات کشت‌وکار در آن انجام شده بود) ۵۳/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش نمود(۶).

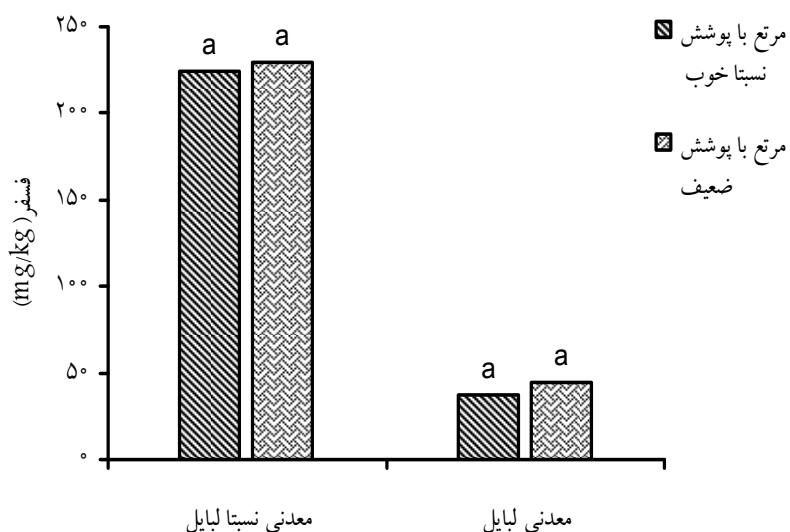
در سادات‌آباد مقدار فسفر معدنی لایل در دو کاربری مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب و مرتع با پوشش گیاهی ضعیف به ترتیب ۳۷/۳ و ۴۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۸). می‌توان علت بیشتر بودن فسفر معدنی لایل در مرتع با پوشش گیاهی ضعیف در این منطقه را به موقعیت آن روی شیب نسبت داد که در ارتفاع پایین‌تری نسبت به مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب قرار گرفته است. اسماک و رونگ عنوان کردند که هدررفت فسفر از شیب‌های بالایی ردیفی از اراضی می‌تواند به‌وسیله خاک واقع در شیب‌های پایینی دریافت گردد [نقل از^۳]. هم‌چنین مقدار بیشتر رس در این کاربری (۳۲/۳ درصد در مقابل ۲۵/۶ درصد در مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب) و جذب کمتر فسفر قابل دسترس به‌علت وجود پوشش گیاهی کمتر (۵ درصد در مقابل ۲۵ درصد در مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب) از دیگر دلایل احتمالی افزایش

ترتیب ۵۰/۹، ۲/۹ و ۴۳/۶ درصد در کاربری دیمزار، ۵/۶ و ۳۸/۱ درصد در مرتع با پوشش ضعیف و ۵۱/۲، ۷/۹ و ۳۵/۷ درصد در مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب است. در سادات‌آباد نیز این نسبت‌ها به ترتیب ۲، ۵/۲ و ۴۴/۲ و ۴۸/۱ درصد در مرتع با پوشش ضعیف و ۴۵/۳ و ۴۲/۳ درصد در مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب است. با مقایسه این نسبت‌ها با هم می‌توان دریافت که شخم زدن خاک باعث تغییر قابل توجهی در این نسبت‌ها شده است. این تغییر ممکن است عمدتاً به‌دلیل افزایش معدنی شدن باشد به‌ویژه در بخش آلی لایل که به‌دلیل حساسیت بیشتر به تجزیه، بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته و نسبت آن از ۷/۹ درصد در مرتع با پوشش نسبتاً خوب به ۲/۹ درصد در دیمزار رسیده است. به هر حال حذف یا کاهش پوشش گیاهی در اثر شخم یا چرا تأثیر معنی‌داری بر مقدار این شکل‌ها داشته است. شارپلی و اسمیت در مطالعه مشابهی نشان دادند که کشت و کار باعث تغییرات فاحشی در مقدار فسفر نسبتاً لایل و نسبتاً مقاوم می‌شود. این محققان تغییر قابل توجهی در مقدار نسبی فرم‌های مختلف فسفر آلی در اثر تغییر کاربری مشاهده نکردند. نسبتی که آنها در خاک‌های بکر به‌دست آورده شامل ۷ درصد فسفر آلی لایل، ۴۸ درصد نسبتاً لایل، ۳۳ درصد نسبتاً مقاوم و ۱۲٪ مقاوم بود که این نسبت‌ها در اثر شخم خاک، تغییر چندانی نداشت. بخش آلی لایل در اثر تغییر کاربری تغییر قابل توجهی ندارد زیرا در اثر تبدیل قسمتی از فرم‌های نسبتاً لایل و نسبتاً مقاوم به آلی لایل، مقدار آن تقریباً ثابت می‌ماند اما در شرایطی که معدنی شدن شدید باشد مقدار فسفر آلی لایل ممکن است کاهش یابد (۱۶).

مقایسه مقدار شکل‌های معدنی فسفر، تفاوت معنی‌داری را بین کاربری‌های مختلف در غلظت فرم معدنی لایل نشان داد. مقدار فسفر معدنی لایل در سه کاربری مرتع با پوشش گیاهی نسبتاً خوب، مرتع با پوشش گیاهی ضعیف و دیمزار در سولگان به ترتیب ۴۵/۶، ۴۵/۱ و ۲۸/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که تفاوت معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ نشان داد (شکل ۷). علت کمتر بودن فسفر معدنی لایل در دیمزار را می‌توان به



شکل ۷. اثر نوع کاربری (کیفیت پوشش) بر مقدار شکل‌های مختلف فسفر معدنی خاک در منطقه سولگان. حروف مشابه در هر سری نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن تفاوت بین کاربری‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.



شکل ۸ اثر نوع کاربری (کیفیت پوشش) بر مقدار شکل‌های مختلف فسفر معدنی خاک در منطقه سادات‌آباد. حروف مشابه در هر سری نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن تفاوت بین کاربری‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.

کاهش یا حذف پوشش گیاهی در اثر چرا یا شخم خاک باشد. تغییر کاربری به علت تغییر در نوع و مقدار پوشش گیاهی، تغییر در ظرفیت رطوبتی و دمایی خاک، تأثیر بر فعالیت میکروبی، افزایش فرسایش و حمل ذرات ریز غنی از مواد آلی، عمدتاً روی

فسفر معدنی لایل در مرتع با پوشش گیاهی ضعیف در سادات‌آباد است. با توجه به شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود که تأثیر نوع کاربری بر مقدار فسفر معدنی نسبتاً لایل معنی‌دار نیست. این امر می‌تواند به دلیل معدنی شدن فسفر آلی در اثر

شکل‌های آلی فسفر مؤثر است (۱۹).

ذخایر فسفر خاک است که نهایتاً منجر به کاهش حاصل خیزی و قدرت باروری خاک می‌شود. کاهش ذخایر فسفر آلی نسبتاً لایل و غیر لایل (مجموع فسفر آلی نسبتاً مقاوم و مقاوم) باعث کاهش قابلیت عرضه فسفر قابل استفاده برای گیاه در درازمدت شده و در نتیجه مقدار پوشش گیاهی در خاک‌های مرتعی به شدت کاهش می‌یابد. ادامه روند تخریب مرتع در آینده منجر به کاهش پتانسیل تولید مرتع می‌شود. با توجه به خسارات ناشی از تغییر کاربری و چرای بی‌رویه که نهایتاً باعث از بین رفتن مرتع بکر می‌شود و هم‌چنین زیان‌پهای فراوان ناشی از فرسایش خاک، لازم است که برای استفاده پایدار از این منابع دیر تجدید شونده برنامه‌ریزی جامع صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر کاربری اراضی مرتعی و تخریب پوشش گیاهی به علت چرای مفرط باعث ایجاد تغییرات فاحشی در مقدار شکل‌های آلی فسفر می‌شود. این تأثیر عمدتاً به دو شکل است. اول، افزایش فرسایش لایه سطحی خاک و انتقال ذرات غنی از شکل‌های مختلف فسفر آلی و دوم، با افزایش معدنی شدن ناشی از شخم و به هم خوردگی خاک. کاهش مقدار فسفر آلی کل از ۲۴۵ به ۱۸۶ میلی‌گرم در کیلوگرم در اثر ده سال کشت‌وکار در اراضی دیم در سولگان حاکی از کاهش شدید

منابع مورد استفاده

۱. آذرآبین، م. ۱۳۸۲. تعیین درجه تخریب اراضی با استفاده از برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک‌ها در منطقه کوهزنگ (چلگرد) استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. ایزدی، ر. ۱۳۸۳. تعیین درجه تخریب اراضی با استفاده از برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک‌ها در منطقه کوهزنگ (چلگرد) استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. جعفری، ا. ۱۳۸۳. سیستیک رهاسازی و جذب فسفر خاک و ارتباط آن با رشد گیاه در چهار ردیف از اراضی مناطق اصفهان و چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۴. سعیدی، ط. ۱۳۸۵. تعیین درجه تخریب اراضی با استفاده از برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک‌ها در منطقه کوهزنگ (چلگرد) استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵. یوسفی‌فرد، م. ۱۳۸۳. بررسی شاخص‌های کیفیت خاک و رسوب در کاپری‌های متفاوت در منطقه چشمه‌علی حوزه آبخیز کارون شمالی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
6. Adams, J. A. and T. W. Walker. 1958. Phosphorus. PP. 403-430. In: Page, A. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. 2nd ed. Agronomy series No.9, part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI.
7. Agbenin, J. D. and H. Tiessen. 1995. Phosphorus forms in particle size fractions of a toposequence from northeast Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 1687-1693.
8. Bowman, R. A. 1989. A sequential extraction procedure with concentrated sulfuric acid and dilute base for soil organic phosphorus. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 362-366.
9. Bowman, R. A. and C. V. Cole. 1978. An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland soils. Soil Sci. 125: 95-101.
10. Haan, C. T., B. J. Barfield and J. C. Hayes. 1994. Design, hydrology and sedimentology for small catchments. Academic Press, New York.
11. Hesketh, N. and P. C. Brookes. 2000. Development of an indicator for risk of phosphorus leaching. J. Environ. Qual. 29: 105-110.
12. Magid, J., H. Tiessen and L. M. Condron. 1996. Dynamics of organic phosphorus in soils under natural and agricultural soils. PP: 429-466. In: Piccolo, A. (Ed.), humic substances in terrestrial ecosystems. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.

13. Matson, P. A., W. J. Parton, A. G. Power and M. J. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504-509.
14. Murphy, J. and L. P. Riley. 1962. Phosphorus. PP. 403-430. In: Page, A. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed., Agronomy series No.9, part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI.
15. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available Phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939. U.S. Government Printing Office, Washington DC.
16. Sharpley, A. N. and S. J. Smith. 1985. Fractionation of inorganic and organic phosphorus in virgin and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 127-130.
17. Simard, R. R., S. Beauchemin and P. M. Haygarth. 2000. Potential for preferential pathways of phosphorus transport. *J. Environ. Qual.* 29: 97-105.
18. Solomon, D. and J. Lehman. 2000. Loss of phosphorus from soil in semiarid northern Tanzania as a result of cropping: Evidence from Sequential extraction and ^{31}P NMR spectroscopy. *Eur. J. Soil Sci.* 51: 699-708.
19. Solomon, D., J. Lehman, T. Momo, F. Fritzsche and W. Zech. 2002. Phosphorus forms and dynamics as influenced by land use changes in the sub-humid Ethiopian highlands. *Geoderma* 105: 21-48.
20. Sounders, W. M. H. and E. G. Williams. 1955. Phosphorus. PP. 403-430. In: Page, A. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. 2nd ed., Agronomy series No.9, part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI.
21. Stevenson, F. J. and M. A. Cole. 1999. *Cycles of Soils*. John Wiley & Sons Pub., UK.
22. Tiessen, H., J. W. Stewart and J. D. Moir. 1983. Changes in organic and inorganic phosphorus composition of two grassland soils and their particle size fractions during 60- 90 years of cultivation. *J. Soil. Sci.* 34:815-823.
23. Turrion, M. B., B. Glaser, D. Solomon, A. Ni and W. Zech. 2000. Effect of deforestation on phosphorus pools in mountain soils of the Altay Range, Kyrgyzia. *Biol. Fertil. Soils* 31: 134-142.
24. Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration methods. *Soil Sci.* 37: 29-38.
25. Whitehead, D. C. 2000. *Nutrient Elements in Grasslands: Soil- Plant- Animal Relationships*. CAB Pub UK.