

کلید واژه‌ها: شدت رواناب، شبیه‌ساز باران، غلظت رسوب، نسبت جذب سدیم، مارن.

مقدمه

خاک حساس‌ترین و مهم‌ترین بخش حیاتی کره زمین بوده و بستر رشد گیاه می‌باشد [۳۹]. اثرات منفی فرسایش ناشی از دخالت بشر یا فرسایش تشدید یافته تنها در محل اصلی وقوع (در حوزه‌ها و اراضی کشاورزی) به صورت کاهش توان تولید و تخریب ویژگی‌های خاک بروز می‌کند بلکه در خارج از محل وقوع آن نیز به صورت ترسیب مواد فرسایش یافته بر روی اراضی مرغوب کشاورزی، مراتع، منابع ذخیره آب و کانال‌های آبیاری اثر گذاشته و مشکلات زیادی را به وجود می‌آورد [۲۸].

در حال حاضر جدا از مسئله تخریب زمین، تعامل مستقیم بین فرسایش و شوری در سراسر جهان دیده می‌شود [۱۸]. شوری و سدیمی‌بودن خاک^۴ یکی از مشکلات عمده کشاورزی در ایران و برخی کشورهای واقع در اقلیم خشک و نیمه خشک دنیا می‌باشد. زیاد بودن تبخیر از سطح خاک، بارندگی کم، پستی و بلندی اراضی، آبیاری با آب دارای کیفیت نامناسب، و سنگ مادر از جمله عواملی است که سبب شوری خاک‌های ایران می‌شود. خاک‌های شور ایران محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای املاح محلول بوده و از نظر مواد آلی فقیر می‌باشد [۱۹].

با افزایش نسبت سدیم به کلسیم و منیزیم، نسبت جذب سدیم (SAR)^۵ افزایش یافته و موجب سست شدن خاکدانه‌ها و پراکنده شدن آن‌ها می‌گردد. در مقابل، افزایش هدایت الکتریکی (EC)^۶ می‌تواند تا حدودی موجب تبلور ذرات گردد. سدیم اثر معکوسی نسبت به شوری در خاک دارد، فرآیندهای عمده فیزیکی (متلاشی شدن خاکدانه، صفحات رسی و آماس خاکدانه‌ها)، با غلظت بالای سدیم در ارتباط هستند. سه مسئله مهم کاهش نفوذ، کاهش هدایت هیدرولیکی^۷ و سله بستن سطح^۸ به علت سدیم تبادلی است. پراکندگی ذرات خاک و آماس هر دو موجب وضعیت نامناسب فیزیکی خاک (بسته شدن خلل و فرج خاک و کاهش نفوذپذیری) شده و میزان فرسایش پذیری و تولید رسوب را افزایش می‌دهد [۱۳ و ۲۱].

اثر کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌آمید بر رواناب و فرسایش پاشمانی در یک خاک شور سدیمی

زهرا حیدری^۱، حسین اسدی^۲ و مسعود کاوسی^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۰

چکیده:

در این تحقیق، به منظور اصلاح یک نمونه خاک شور سدیمی و کاهش فرسایش پذیری آن با استفاده از کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌آمید، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نمونه برداری خاک از مارن‌های شور سدیمی در اراضی کوهستانی اطراف سد منجیل انجام شد. کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌آمید هر دو در چهار سطح به ترتیب صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار و صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. نمونه‌های خاک پس از اعمال تیمارها، با استفاده از سینی پاشمان به ابعاد ۳۵×۳۰ سانتی‌متر به مدت ۴۰ دقیقه تحت بارندگی با شدت ۹۵ میلی‌متر بر ساعت قرار گرفت. شدت جریان رواناب، غلظت رسوب و شدت فرسایش پاشمانی اندازه‌گیری شد و میزان نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی خاک پس از انجام آزمایش تعیین شد. نتایج نشان داد بهترین تیمار در کاهش نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی، کاربرد حداقل ممکن از یکی از مواد اصلاحی (۲۵ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌آمید و یا ۵ تن در هکتار کمپوست آزولا) است. از نظر کاهش غلظت رسوب و شدت فرسایش پاشمانی، مصرف ۵ تن در هکتار کمپوست آزولا به تنهایی در مقایسه با سایر تیمارهای ترکیبی، مناسب‌ترین تیمار بود. شدت رواناب تنها تحت تاثیر کمپوست آزولا قرار گرفته و مصرف ۵ تن در هکتار آن باعث تولید کم‌ترین مقدار رواناب شد. کمپوست آزولا ترکیب آلی بوده و در صورت مصرف مزرعه‌های علاوه بر این اثرات مثبت، در بهبود وضعیت پوشش گیاهی نیز مؤثر خواهد بود.

4. Soil salinity and sodicity
5. Sodium adsorption ratio
6. Electrical conductivity
7. Hydraulic conductivity
8. Surface sealing

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان
- ۲- نویسنده مسئول و دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان، آدرس و پست الکترونیک فعلی: دانشگاه تهران، ho.asadi@ut.ac.ir
- ۳- دانشیار پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

سله بستن سطح یکی از مشخصات خاک‌های تحت تأثیر سدیم است. سله بستن سطح بستگی به دو عامل دارد: (۱) پراکنش فیزیکی به سبب فشار قطرات باران یا آب آبیاری، و (۲) پراکنش شیمیایی که خود وابسته به درصد شوری و سدیمی آب به کار رفته دارد. سله بستن خاک به علت باران‌هایی است که پراکنش سدیم تبادلی را افزایش می‌دهند. همچنین منافذ درشت سطح خاک توسط ذرات جدا شده رس مسدود می‌شود. در ابتدا ذرات رس جدا شده، عبور آب و حرکت ریشه‌ها در خاک را مسدود می‌کند، سپس هنگامی که خاک خشک می‌شود، لایه‌های سطحی شبیه سیمان تشکیل می‌دهند. لایه‌های بالایی سخت (پوسته سخت) در نفوذ آب و گیاه مقاومت نشان می‌دهند [۳۷ و ۵۵].

در راستای تقویت ویژگی‌های خاص خاک‌ها و افزایش مقاومت خاک در برابر عوامل فرساینده آبی با توجه به نوع و هدف برنامه مدیریتی، روش‌هایی نظیر روش‌های بیولوژیکی، مکانیکی و تقویت پوشش سطحی [۳۸] با کاربرد افزودنی‌های خاک و خاکپوش‌ها مؤثرترین روش در بهبود و تقویت خاک و یا ایجاد مانع در برابر ضربه قطرات باران معرفی شده است [۲۷]. از مزایای کاربرد افزودنی‌های آلی به‌ویژه ضایعات آلی مختلف می‌توان به افزایش پایداری خاک‌دانه‌ها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک [۱۲]، افزایش مواد آلی، فعالیت بیولوژیکی در خاک [۱۱ و ۱۲]، افزایش ظرفیت نگهداشت آب قابل دسترس برای گیاهان و ظرفیت کاتیون تبادلی، کاهش جرم مخصوص ظاهری و پرورش میکروارگانیسم مفید در خاک [۱۵]، افزایش تولید و کاهش بیماری‌های گیاهی [۳۴] اشاره کرد. مطالعات مختلف نشان داده است که مواد آلی با افزایش تخلخل و تهویه خاک باعث تسریع در شستشوی Na و کاهش SAR و ESP می‌شوند، و با افزایش کلاته شدن کلسیم و منیزیم در محلول خاک و جایگزینی موثر Na، نسبت جذب سدیم را در خاک شور کاهش دهند [۱۷، ۵۳ و ۵۴].

از میان افزودنی‌های مصنوعی، پلیمرها به خوبی شناخته شده‌اند و به‌عنوان یکی از مؤثرترین گزینه‌های حفاظت منابع آب و خاک مطرح شده‌اند [۳۵]. از میان پلیمرها، پلی‌اکریل‌امید (PAM) آنیونی، به‌عنوان یکی از غالب‌ترین پلیمرهای مورد استفاده در کشاورزی و حفاظت خاک معرفی شده [۳ و ۲۰] و توسط محققین مختلف [۲۲، ۳۱، ۳۳ و ۵۶] بررسی شده است.

ملیک و همکاران [۳۶] با مطالعه بر روی دو نمونه خاک با مقدار ESP برابر با ۸ و ۲۵ دریافتند که افزایش مقادیر کم پلیمر پلی‌اکریل‌امید به‌طور معنی‌داری آب‌گذری و حرکت نمک‌ها در خاک‌های با درز و شکاف را افزایش داده، بنابراین عمل اصلاح خاک، مطلوب‌تر انجام می‌شود.

لاخدر و همکاران [۲۹] بیان کردند که رابطه مستقیمی بین افزایش کربن آلی و کاهش جرم مخصوص ظاهری وجود دارد. این کاهش به دلیل مخلوط شدن مواد آلی با جزء معدنی متراکم‌تر ایجاد شده و

سبب افزایش خلل و فرج و تهویه خاک می‌شود. در نتیجه اهمیت آبشویی نمک‌ها در خاک توأم با مواد آلی مشخص می‌شود. با افزایش آبشویی سدیم، درصد سدیم قابل تبادل (ESP)^۲ و هدایت الکتریکی کاهش می‌یابد. یو و همکاران [۵۶] اثر کاربرد PAM خشک و گچ را بر نفوذپذیری و فرسایش در دو خاک لومی سیلتی و رسی شنی بررسی کردند. آن‌ها مشاهده نمودند که کاربرد سطحی PAM تأثیر زیادی در کاهش تشکیل سله، رواناب و فرسایش دارد.

حسن‌زاده‌نقوتی و همکاران [۲۱] با بررسی اثر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها بر میزان رسوب‌دهی بیان کردند که عوامل مؤثر در فرسایش‌پذیری مارن‌ها Na⁺، Cl⁻، SAR، EC و K⁺ می‌باشند. همه این عوامل ویژگی‌های شیمیایی هستند که با افزایش آن‌ها وضعیت فیزیکی و شیمیایی به دلیل پخشیدگی خاکدانه و کاهش نفوذپذیری، به سمت افزایش رواناب و رسوب سوق می‌یابند. اثرات مثبت پلی‌اکریل‌امید سبب کاهش حساسیت به تشکیل سله، رواناب و فرسایش خاک می‌شود. تانگ و همکاران [۵۲] با مطالعه بر روی خاک‌های شور سدیمی دریافتند که اضافه کردن PAM به خاک، پایداری خاکدانه‌ها و سرعت نفوذ آب در سله خاک را افزایش می‌دهد.

محققین مختلفی دیگری نیز در نقاط مختلف دنیا روی اثر پلی‌اکریل‌امید بر ویژگی‌های خاک [۶، ۹، ۵۰، ۵۱] و کاهش رواناب و رسوب [۱، ۵، ۹، ۱۴، ۱۶، ۲۴، ۲۵، ۳۲، ۴۰، ۴۱، ۴۸ و ۴۹] تحقیق نموده‌اند. در ایران نیز در این زمینه‌ها کارهای گوناگونی [۴، ۷، ۲۳، ۴۴، ۴۵، ۴۷ و ۵۷] انجام شده است.

از آن‌جا که فرسایش‌پذیری مارن‌ها به‌ویژه مارن‌های سدیمی بسیار بالا بوده و این تشکیلات با مساحت زیاد به‌خصوص در حوزه آبخیز سد سفیدرود نقش بسیار مهمی در تولید رسوب دارند، ارزیابی روش‌های مختلف از جمله کاربرد مواد اصلاح‌کننده می‌تواند گام مهمی جهت کاهش فرسایش‌پذیری آن‌ها باشد. بر این اساس، هدف از تحقیق حاضر امکان‌سنجی اصلاح شیمیایی و بهبود فیزیکی یک نمونه خاک شور سدیمی با استفاده از کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌امید و تأثیر این مواد در کاهش فرسایش بارانی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی خاک بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه نمونه‌برداری (حد فاصل منجیل-گیلوان) در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی واقع شده است. پس از بررسی‌های اولیه، خاک سطحی از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد.

در تحقیق حاضر ویژگی‌های فیزیکی مهم خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری به‌روش کلوخه، بافت خاک به‌روش هیدرومتری و توزیع اندازه خاکدانه‌ها با استفاده از روش الک تر اندازه‌گیری شد [۲۶]. ویژگی‌های شیمیایی مهم خاک نیز از جمله میزان ماده آلی

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

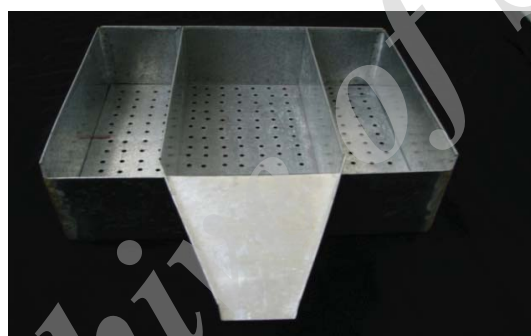
Table 1. Some physical and chemical properties of the studied soil

ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
Property	Value	Property	Value
شن	Sand (%) 40	ماده آلی	OM (%) 0.15
سیلت	Silt (%) 40	گچ	CaSO ₄ (meq L ⁻¹) 5.48
رس	Clay (%) 20	کلر	Cl (meq L ⁻¹) 7.5
بافت	Texture Loam	بی‌کربنات	Bicarbonate (meq L ⁻¹) 0.5
MWD (mm)	0.46	سدیم محلول	Na (meq L ⁻¹) 43.28
pH	8.44	پتاسیم محلول	K (meq L ⁻¹) 1.28
dS m ⁻¹ (EC)	11.12	کلسیم محلول	Ca (meq L ⁻¹) 17.18
c mol kg ⁻¹ (CEC)	18.59	منیزیم محلول	Mg (meq L ⁻¹) 3.37
CCE (%)	32.5	SAR (meq L ⁻¹) ^{0.5}	13.5

EC، هدایت الکتریکی عصاره خاک؛ CCE، کربنات کلسیم معادل؛ CEC، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک؛ MWD میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها؛ SAR، نسبت جذب

سدیم

EC, Electrical conductivity; CCE, Calcium carbonate equivalent; CEC, Cation exchange capacity; MWD, Mean weight diameter of aggregates; SAR, Sodium adsorption ratio



شکل ۱- سینی پاشمان مورد استفاده

Figure 1. The detachment tray used

فاکتوریل (۱۶ تیمار) در چهارچوب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بر روی رفتار فرسایش خاک و تغییر میزان SAR و ESP مورد بررسی قرار گرفت. کمپوست آزولا در چهار سطح شامل؛ صفر (A₀)، 10 (A₅)، 5 (A₁₀) و 15 (A₁₅) تن در هکتار، و پلی‌اکریل‌آمید نیز در چهار سطح شامل؛ صفر (P₀)، 25 (P₂₅)، 50 (P₅₀) و 75 (P₇₅) کیلوگرم در هکتار به کار برده شد.

برای تعیین شدت فرسایش از شبیه‌ساز باران استفاده شد. برای شبیه‌سازی باران از یک مخزن با مساحت ۴۰×۳۵ سانتی‌متر متصل به آب شهر در ارتفاع سه متری استفاده شد. کف این مخزن به فواصل ۲/۵×۲/۵ سانتی‌متر مشبک شد و بر روی هر یک از سوراخ‌های کف مخزن سر سرنگ‌هایی با قطر ۲/۶ میلی‌متر (سر سرنگ شماره ۲۲) تعبیه شد. برای ایجاد باران با یک شدت معین، ارتفاع آب در مخزن ثابت بود. برای قرار دادن خاک در معرض بارندگی و اندازه‌گیری

به‌روش والکی بلک، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به‌روش چاپمن، پتاسیم و سدیم محلول با فلیم‌فتمتری، کلسیم و منیزیم محلول با روش تیتراسیون، هدایت الکتریکی با دستگاه EC سنج، واکنش (pH) در سوسپانسیون ۲:۱ خاک به محلول کلرید کلسیم، کربنات کلسیم معادل (CCE) به‌روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک، مقدار آنیون بی‌کربنات با روش تیتراسیون، میزان کلر در خاک به‌روش تیتراسیون نترات نقره و گچ با روش استون اندازه‌گیری شد [۲۷]. درصد سدیم تبادلی (ESP) از میزان نسبت جذب سدیم (SAR) برآورد شد. مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

تأثیر دو ماده اصلاحی کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌آمید به‌صورت

1. Cation exchange capacity
2. Calcium carbonate equivalent

فرسایش، از سینی پاشمان استفاده شد.

سینی پاشمان مورد استفاده در این تحقیق (شکل ۱)، دارای ابعاد ۳۰×۳۰ و عمق ۸ سانتی متری است و از سه قسمت مجزا تشکیل شده است [۸]. اندازه‌گیری رواناب و رسوب از قسمت بزرگ‌تر میانی (با ابعاد ۱۵×۳۰ سانتی متر مربع) انجام می‌شود. قسمت‌های کناری به‌عنوان گارد (بافر یا حامی) پاشمان عمل می‌کنند. به این معنی که ذرات خاک نه تنها از قسمت میانی به اطراف پرتاب می‌شوند، بلکه از این دو قسمت نیز به درون قسمت میانی پرتاب خواهند شد. به بیان دیگر، تلفات خالص خاک به صورت پاشمان هوایی از قسمت میانی که اندازه‌گیری رسوب از آن انجام می‌گیرد، حداقل است. این سینی دارای سیستم زهکشی است. در هر تیمار، نمونه‌های خاک با میزان مورد نظر از مواد اصلاحی

به‌طور یکنواخت مخلوط شد. بعد از ریختن خاک در سینی پاشمان در سه مرحله و ایجاد تراکم جزئی با قطعه چوب، نمونه به مدت ۲۴ ساعت از طریق سیستم زهکش سینی، فرآیند اشباع شدن انجام شد. سپس به مدت ۴۰ دقیقه تحت بارش با شدت متوسط ۹۵ میلی‌متر بر ساعت قرار گرفت و در بازه‌های زمانی ۱، ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ دقیقه رواناب ایجاد شده، جمع‌آوری شد. نمونه‌های تهیه شده پس از توزین به مدت ۲۴ ساعت در آون خشک شده و جرم رسوب خشک آن نیز تعیین شد و در نهایت شدت رواناب و غلظت رسوب محاسبه شد.

بعد از اتمام هر آزمایش، از خاک سینی نمونه‌برداری شده و میزان منیزیم، کلسیم و سدیم محلول، pH و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری و نسبت جذب سدیم و درصد سدیم

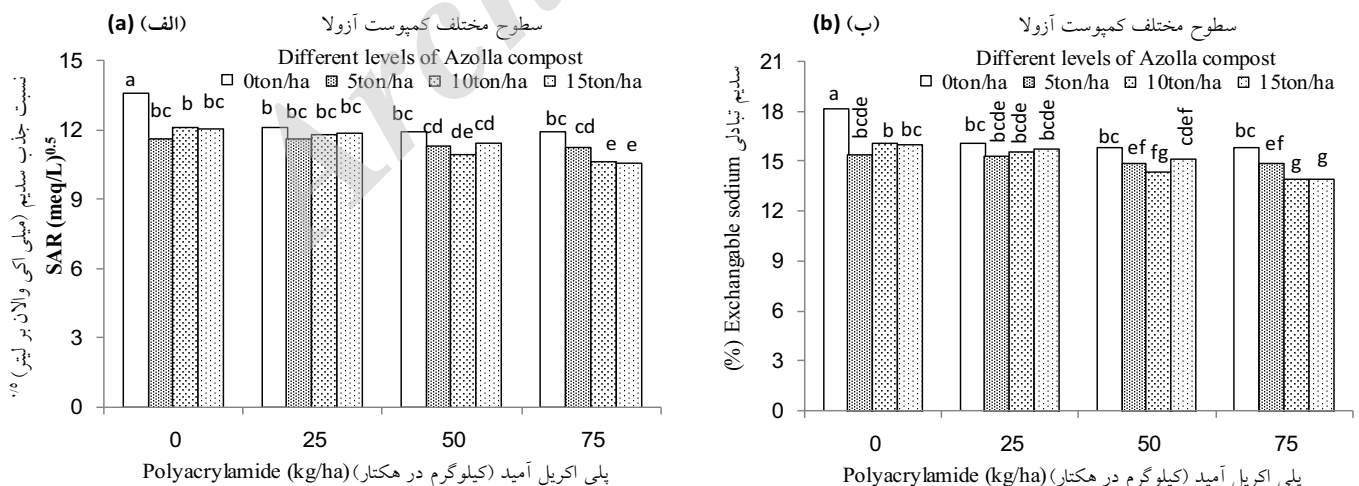
جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

Table 2. Analysis of variance (mean square) of treatments on measured soil properties

منابع تغییرات	درجه آزادی	SAR	ESP	غلظت رسوب	شدت رواناب	شدت فرسایش پاشمانی
Sources of variation	degree of freedom			Sediment concentration	Runoff rate	Splash erosion rate
کمپوست آزولا (A)	Azolla compost	2.632**	5.32**	407.01**	292.34**	1.58**
پلی‌اکریل‌آمید (P)	polyacrylamide	3.615**	7.3**	100.85**	25.66 ^{ns}	1.64**
اثر متقابل (A*P)	Interactive effect	0.419**	0.84**	145.37**	70.33 ^{ns}	1.96**
خطا	Error	0.1317	0.27	14.18	35.19	2.69
کل	Total	-	-	-	-	-
تغییرات ضریب	CV	3.11	3.34	18.7	9.45	11.83

SAR، نسبت جذب سدیم؛ ESP، درصد سدیم تبادلی؛ ns، غیر معنی‌دار؛ **، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

SAR, Sodium adsorption ratio; ESP, Exchangeable sodium percentage; ns, not-significant; **, $p=0.01$



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌آمید بر (الف) نسبت جذب سدیم و (ب) درصد سدیم تبادلی خاک

Figure 2. The mean comparison Azolla compost × polyacrylamide interaction for (a) sodium adsorption ratio and (b) exchangeable sodium

تبادلی خاک برآورد شد. نسبت جذب سدیم (SAR) برحسب جذر میلی‌اکی‌والان بر لیتر از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$SAR = [Na^+]/[(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2} \quad (1)$$

که در آن؛ Na^+ ، سدیم محلول (meq/lit)، Ca^{2+} و Mg^{2+} ، کلسیم و منیزیم محلول (meq/lit) است [به نقل از ۱۰].

درصد سدیم تبادلی با استفاده از نسبت جذب سدیم از طریق فرمول اصلاحی بازگان و توفیقی [۱۰] برآورد شد:

$$ESP = 100(-0.011 + 0.014 SAR) / 1 + (-0.011 + 0.014 SAR) \quad (2)$$

به‌منظور تعیین اثر کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌امید بر اصلاح ویژگی‌های خاک و کاهش فرسایش، تجزیه واریانس دو طرفه داده‌های به‌دست آمده به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل میزان SAR و ESP بعد از انجام آزمایش، میانگین غلظت رسوب، میانگین شدت رواناب و میانگین شدت فرسایش بارانی در جدول ۲ ارائه شده است.

- تأثیر تیمارها بر نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی خاک

با توجه به جدول ۲، کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌امید اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر SAR و ESP خاک گذاشته است. با افزایش میزان کمپوست آزولا و پلی‌اکریل‌امید، میزان SAR و ESP کاهش می‌یابد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، اثر تیمارهای مختلف کمپوست آزولا در سطوح مختلف کاربرد پلی‌اکریل‌امید (OP)؛ سه سطح مختلف کمپوست آزولا (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) باعث کاهش معنی‌دار SAR و ESP نسبت به شاهد شده‌اند، اما خود با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند، اما با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌امید، مصرف مقادیر مختلف کمپوست آزولا تأثیری بر میزان SAR و ESP نداشته است. این در حالی است که در مقادیر بالاتر مصرف پلی‌اکریل‌امید (P_{75})، تفاوت بین سطوح مختلف کمپوست آزولا دوباره نمایان شده است.

استفاده از کمپوست آزولا به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی با افزایش قابلیت کمپلکس شدن کلسیم و منیزیم در محلول خاک و جایگزینی مؤثر سدیم از مکان‌های تبادل کاتیونی می‌تواند دلیلی بر کاهش SAR و ESP باشد. هم‌چنین می‌توان بیان نمود آزادسازی اسیدهای آلی کمپوست، سبب تحرک یون کلسیم آهک ($CaCO_3$) در خاک، در نتیجه افزایش کاتیون دو ظرفیتی و کاهش کاتیون تک ظرفیتی و به دنبال آن کاهش SAR شده است. با توجه به این‌که کمپوست آزولا دارای هدایت الکتریکی 4 dS m^{-1} و میزان سدیم

در عصاره ۱:۵ در دامنه ۱/۲۵ - ۰/۱۵ درصد می‌باشد، ممکن است با وجود کاهش سدیم ناشی از آبشویی، مقداری از سدیم کمپوست در مکان‌های تبادلی جایگزین شود. در نتیجه با افزایش سطوح آزولا تفاوت معنی‌داری در کاهش SAR و ESP مشاهده نشد. تجدا و همکاران [۵۳]، والکر و برنال [۵۴] و غفار و همکاران [۱۷] با کاربرد مواد آلی مختلف به نتایج مشابهی دست یافتند.

پلی‌اکریل‌امید با بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، به دنبال افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و چسبندگی ذرات خاک، سبب بهبود ساختمان و افزایش نفوذپذیری شده و در نتیجه موجب کاهش SAR و ESP می‌شود. ملیک و همکاران [۳۶] با کاربرد مقادیر کم پلیمر پلی‌اکریل‌امید بر روی دو نمونه خاک سدیمی دارای بافت سنگین و رس‌های منبسط شونده، دریافتند که به‌طور معنی‌داری آب‌گذری و حرکت نمک‌ها در خاک‌ها افزایش یافته و عمل اصلاح خاک، مطلوب‌تر انجام می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۲ الف مشاهده می‌شود اثر تیمارهای مختلف کمپوست آزولا در کاهش SAR در سطوح مختلف پلی‌اکریل‌امید کاملاً متفاوت است. به‌طور کلی و با توجه به داده‌های ارائه شده، کم‌ترین میزان SAR و در نتیجه ESP در ترکیب تیماری ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌امید و ۱۰ تن در هکتار کمپوست آزولا به‌دست آمد. علت این امر را می‌توان فرایند تورم پلیمر در حضور آب که منجر به افزایش حجم خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل کل است، بیان نمود. به‌طور کلی و با توجه به داده‌های ارائه شده در شکل ۲، بهترین ترکیب تیماری از نظر کاهش SAR و در نتیجه ESP خاک، مصرف هم‌زمان ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلی‌اکریل‌امید و ۱۰ تن در هکتار کمپوست آزولا می‌باشد.

تأثیر تیمارها بر شدت رواناب

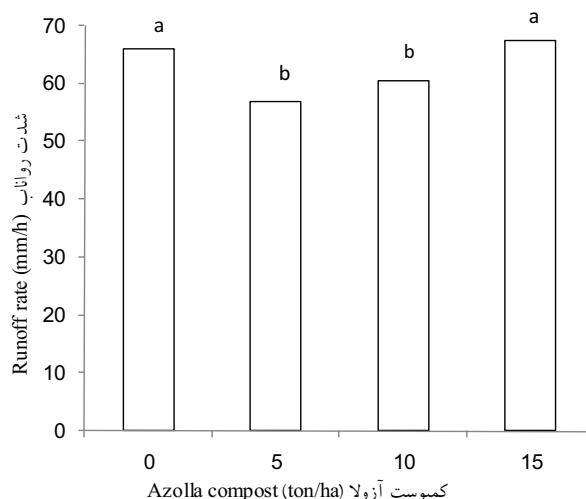
شدت رواناب تنها تحت تأثیر اثر تیمار کمپوست آزولا قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تیمارهای کمپوست آزولا بر میانگین شدت رواناب در شکل ۳ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تیمارهای A_5 و A_{10} تفاوت معنی‌داری در کاهش رواناب نسبت به شاهد نشان می‌دهند، اما تیمار A_{15} و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. کاهش شدت رواناب در تیمارهای A_5 و A_{10} را می‌توان به دلیل افزایش تخلخل و در نتیجه افزایش نفوذپذیری ناشی از استفاده از آزولا دانست. به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که استفاده از کمپوست آزولا باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و هم‌چنین سبب کاهش هدایت الکتریکی از طریق شستشوی یون‌های اضافی می‌گردد. به‌علاوه همبستگی مثبتی بین افزایش ظرفیت نگهداری آب با پایداری خاکدانه در حالت تر وجود دارد [۲]. بر این اساس می‌توان گفت خاصیت بالای جذب آب در کمپوست آزولا و تورم آن احتمالاً به‌ویژه در مقادیر زیاد، سبب کاهش نفوذ و مسدود شدن منافذ خاک گشته و اثر مثبت آن بر کاهش رواناب را خنثی نموده است.

مختلف کمپوست آزولا اختلاف معنی داری وجود ندارد. در مقابل با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار پلی اکریل آمید، کاربرد کمپوست آزولا تأثیری بر کاهش غلظت رسوب نداشته است. هم چنین در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار پلی اکریل آمید، اثر سطوح مختلف کمپوست آزولا متفاوت بوده است. از طرفی دیگر مشاهده می شود در شرایطی که کمپوست آزولا به کار نرفته است، با افزایش کاربرد پلی اکریل آمید، غلظت رسوب کاهش بیش تری داشته است. اما با مصرف هر سطحی از کمپوست آزولا، عدم کاربرد و مصرف مقادیر مختلف پلی اکریل آمید تأثیر چندانی بر کاهش غلظت رسوب نداشته است. بنابراین به طور کلی مشاهده می شود که از نظر کاهش غلظت رسوب، کاربرد ۵ تن در هکتار کمپوست آزولا برای حداقل کردن غلظت رسوب کافی است، اما برای دستیابی به حداقل غلظت رسوب با مصرف پلی اکریل آمید، لازم است که حداکثر مقدار (۷۵ کیلوگرم در هکتار) را مصرف نمود.

از نظر شدت فرسایش، با یادآوری این که شدت فرسایش از حاصل ضرب شدت رواناب در غلظت رسوب به دست می آید، اثر متقابل کمپوست آزولا و پلی اکریل آمید متفاوت از اثر آن بر غلظت رسوب است (شکل ۴ ب). همان طور که مشاهده می شود، هر چند که کاربرد کمپوست آزولا موجب کاهش شدت فرسایش شده است، اما افزایش مقدار مصرف (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) موجب کاهش بیش تر شدت فرسایش نشده (هم زمان با مصرف ۲۵ یا ۷۵ کیلوگرم در هکتار از پلی اکریل آمید) و یا حتی موجب افزایش شدت فرسایش شده است (در تیمار ۰ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار پلی اکریل آمید). هم چنین مشاهده می شود که پلی اکریل آمید تنها در حضور کمپوست آزولا و یا با مصرف مقدار زیاد (۷۵ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش معنی دار شدت فرسایش شده است. علت این موضوع شاید این باشد که در خاک های مشابه نمونه خاک مورد بررسی، مقدار مورد نیاز پلی اکریل آمید بیش تر از سایر خاک ها است. بنابراین مصرف مقادیر کم اثر معنی داری بر کاهش شدت فرسایش نداشته است. در حالی که برای کمپوست آزولا به نظر موضوع برعکس است، به این معنی که حداقل مقدار مصرف شده (۵ تن در هکتار) برای کاهش شدت فرسایش کافی بوده و مصرف مقادیر بیش تر حتی در مواردی اثر منفی داشته است زیرا ترکیبات آلی دارای دانسیته پایینی بود و خود به راحتی توسط رواناب منتقل می شوند.

بر اساس نتایج (شکل ۴) و با توجه به همه جوانب، از نظر کاهش شدت فرسایش، مصرف ۵ تن در هکتار کمپوست آزولا به تنهایی در مقایسه با سایر تیمارهای ترکیبی مناسب ترین است.

تورم و پخشیدگی دو فرایندی هستند که موجب تخریب ساختمان خاک (بسته شدن خلل و فرج و کاهش نفوذپذیری) شده و میزان فرسایش پذیری و تولید رسوب را افزایش می دهد. در ساختمان پراکنده، پیوندی بین ذرات خاک وجود ندارد و ذرات از هم مجزا هستند و در اثر ضربات باران به سرعت پراکنده شده و وارد جریان آب می گردند. در نتیجه مقدار ذرات خاک در واحد حجم آب



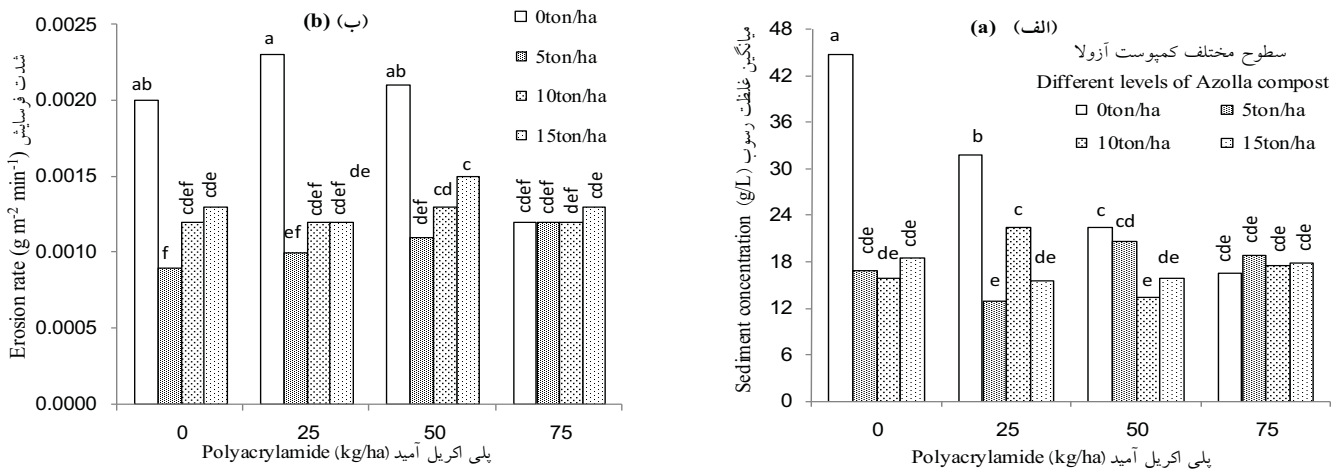
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر کمپوست آزولا بر میانگین شدت رواناب

Figure 3. The mean comparison of Azolla compost levels on runoff rate

در تحقیق حاضر، مقادیر مختلف پلی اکریل آمید (P_{75} و P_{50} و P_{25}) نسبت به شاهد اثر معنی داری بر شدت رواناب نداشت (جدول ۲). این نتایج با نتایج معاف [۳۳]، حزباوی [۲۲] و یو و همکاران [۵۶] مغایر بود که در آنها گزارش شده است که پلی اکریل آمید سبب کاهش رواناب می شود. بخشی از این تفاوت نتایج را می توان به نوع پلی اکریل آمید مصرفی، نوع خاک و شدت های بارندگی به کار رفته نسبت داد. هر چند که عنوان شده است که پلی اکریل آمید با افزایش پایداری خاکدانه در سطح خاک مانع از شکستن خاکدانه در اوایل بارندگی می شود، اما در تحقیق حاضر و برای نوع خاک به کار رفته به نظر می رسد با ادامه بارندگی، پلی اکریل آمید قادر به حفظ اثر مثبت بر ساختمان خاک نبوده و در نتیجه نفوذ نهائی و حجم کل نفوذ کاهش یافته است. هم چنین می توان این کاهش را به شسته شدن پلی اکریل آمید در مراحل بعدی بارندگی نسبت داد. لتز و سوچکا [۳۱] نتایج مشابهی به دست آوردند.

تأثیر تیمارها بر غلظت رسوب و شدت فرسایش پاشمانی

کمپوست آزولا و پلی اکریل آمید اثر متقابل معنی داری در سطح یک درصد بر غلظت رسوب و شدت فرسایش گذاشته است (جدول ۱). به طوری که با افزایش میزان کمپوست آزولا و پلی اکریل آمید میانگین غلظت رسوب و شدت فرسایش پاشمانی کاهش می یابد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای پلی اکریل آمید و کمپوست آزولا بر میانگین غلظت رسوب و شدت فرسایش خاک به ترتیب در شکل های ۴ (الف) و (ب) ارائه شده است. همان طور که در شکل ۴ (الف) مشاهده می شود، در شرایط بدون کاربرد پلی اکریل آمید، کاربرد کمپوست آزولا در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار باعث کاهش معنی دار غلظت رسوب می گردد، اما بین سطوح



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کمپوست آزولا و پلی آکریل آمید بر (الف) میانگین غلظت رسوب و (ب) میانگین شدت فرسایش پاشمائی

Figure 4. The mean comparison Azolla compost × polyacrylamide interaction for (a) sediment concentration and (b) splash erosion rate

پلی اکریل آمید بر روی خاکدانه‌ها جذب شده و موجب افزایش پایداری آن‌ها و چسباندن ذرات خاک به یکدیگر می‌شود، از اثر ضربات قطرات باران جلوگیری نموده و مانع از پراکنده شدن ذرات خاک شده و این عمل از نفوذ ذرات پراکنده شده به داخل خلل و فرج خاک و مسدود کردن آن‌ها و ایجاد سله در سطح خاک جلوگیری می‌کند. به این ترتیب باعث افزایش نفوذ و کاهش فرسایش می‌گردد. پلی اکریل آمید آنیونی، مؤثرترین نوع در کنترل تشکیل سله و کاهش فرسایش خاک و رواناب بوده و دارای طولانی‌ترین اثرات باقی‌مانده در خاک می‌باشد [۴۶].

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر کمپوست آزولا و پلی اکریل آمید بر اصلاح یک خاک شورسدیمی جهت کاهش خصوصیات نامطلوب آن انجام شد. به طور کلی با توجه به داده‌های ارائه شده و صرفه اقتصادی به نظر می‌رسد بهترین تیمار در کاهش SAR و ESP خاک در آزمایش فرسایش، کاربرد حداقل ممکن از یکی از این مواد (۲۵ کیلوگرم در هکتار پلی اکریل آمید و یا ۵ تن در هکتار کمپوست آزولا) باشد. نتایج تأثیر تیمارها بر شدت رواناب نشان می‌دهد که کمپوست آزولا اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) در سطح یک درصد بر میانگین شدت رواناب نشان می‌دهد. در حالی که تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای پلی اکریل آمید مشاهده نشد. هم‌چنین براساس نتایج به دست آمده و با توجه به همه جوانب، از نظر کاهش غلظت رسوب و شدت فرسایش پاشمائی، مصرف ۵ تن در هکتار کمپوست آزولا به‌تنهایی در مقایسه با سایر تیمارهای ترکیبی مناسب‌ترین می‌باشد.

افزایش می‌یابد (غلظت رسوب افزایش می‌یابد). ولی در ساختمان تجمع، ذرات خاک به هم پیوسته‌اند، بنابراین خاک‌هایی که دارای این نوع ساختمان هستند در برابر ذرات باران مقاومت می‌کنند در نتیجه تولید رسوب آن‌ها کاهش می‌یابد.

استفاده از کمپوست آزولا می‌تواند باعث افزایش خاکدانه‌سازی، ظرفیت تبادل کاتیونی و جذب بیش از ۹۰ درصد کاتیون‌های تولید شده در هنگام تجزیه کمپوست (K^+ و Ca^{2+} ، Mg^{2+}) شود. هم‌چنین می‌توان دلیل کاهش غلظت رسوب و شدت فرسایش را به کاربرد کمپوست آزولا نسبت داد. مواد آلی با افزایش تخلخل و تهویه خاک باعث تسریع در شستشوی سدیم و کاهش SAR و ESP می‌شوند، و با افزایش کمپلکس کلسیم و منیزیم در محلول خاک و جایگزینی مؤثر سدیم، SAR را در خاک شور کاهش دهند. غفار و همکاران [۱۷]، سروری و همکاران [۴۳]، تجدا و همکاران [۵۳] و والکر و برنال [۵۴] نتایج کم و بیش مشابهی در مورد اثر ترکیبات آلی بر ویژگی‌های خاک به دست آوردند.

مطالعات زیادی نشان می‌دهد که با افزایش SAR، آستانه غلظت الکترولیت لازم جهت انعقاد رس بالا می‌رود. در زمان بارندگی یا آبیاری در این نوع خاک‌ها به دلیل افت شدید غلظت الکترولیت، مرحله اول خاکدانه‌سازی یعنی کنار هم قرار گرفتن رس‌ها و تشکیل دومین^۲ با مشکل مواجه خواهد شد و پراکنده‌گی رس‌ها را موجب می‌شود [۳۰].

۱- تشکیل ترکیبات عناصر مختلف مانند کلسیم و منیزیم یا فلزات سنگین با مواد هوموسی را در خاک کمپلکس شدن (Complexing) و ترکیب حاصل را کمپلکس می‌گویند.

۲- اولین مرحله از تشکیل خاکدانه اجتماع رس‌ها در کنار یکدیگر است که به این اجتماع دومین (Domain) گفته می‌شود.

Persian).

11. Bulluck, L.R., Brosius, M., Evanylo, G.K. and Ristaino, J.B. 2002. Organic and Synthetic Fertility Amendments Influence Soil Microbial, Physicals and Chemical Properties on Organic and Conventional Farms. *Applied Soil Ecology*, 19:147-160.

12. Celik, I., Gunal, H., Budak, M. and Akpinar, C. 2010. Effects of Long-Term Organic and Mineral Fertilizers on Bulk Density and Penetration Resistance in Semi-Arid Mediterranean Soil Conditions. *Geoderma*, 160: 236-243.

13. Crescimanno, G., Lane, M., Owens, P.N., Rydell, B., Jacobsen, O.H., Düwel, O., Böken, H., Berényi-Üveges, J., Castillo, V. and Imeson, A. 2004. Links with organic matter and contamination working group and secondary soil threats. *Europese Commissie, BU9 3/173*.

14. Dou, C.Y., Fa-Hu, L. and Wu, L.S. 2012. Soil erosion as affected by polyacrylamide application under simulated furrow irrigation with saline water. *Pedosphere*, 22(5): 681-688.

15. Drinkwater, L.E., Letourneau, D.K., Workneh, F., van Bruggen, A.H.C. and Shennan, C. 1995. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecological Applications*, 5: 1098-1112.

16. Flanagan, D.C., Chaudhari, K.L. and Norton, D. 2002. Polyacrylamide soil amendment effects on runoff and sediment yield on steep slopes: Part II. natural rainfall conditions. *Transactions of the ASAE*, 45(5): 1-13.

17. Gaffar, M.O., Ibrahim, Y.M. and Wahab, D.A.A. 1992. Effect of farmyard manure and sand on the performance of sorghum and sodicity of soils. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 40: 540-543.

18. Ghadiri, H., Hussein J. and Rose, C.W. 2007. A study of the interactions between salinity, soil erosion, and pollutant transport on three Queensland soils. *Australian Journal of Soil Research*, 45: 404- 413.

19. Ghasemzade, Ganjei, M. and Mahmoudi Sh. 2005. Study of soil salinity and alkalinity in Kalshoor region of Neyshabour. *Proceeding of The 10th Iranian Soil Science Congress*, 28-31 August, Soil

1. Aase, J.K., Bjorneberg, D.L., and Sojka, R.E. 1998. Sprinkler irrigation runoff and erosion control with polyacrylamide; Laboratory tests. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1681-1687.

2. Abdul, W., Shamshad, A., Iftikhar A. and Ejaz, R. 1998. Amelioration of saline-sodic soils with organic matter and their use for wheat growth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 2307-2318.

3. Abu-Zreig, M. 2006. Control of rainfall- induced soil erosion with various types of polyacrylamide. *Soil Sediments*, 6(3): 137-144.

4. Afrasiab, P. and Charlie, M. 2013. Effect of polyacrylamide on runoff, soil erosion and water infiltration on slopes using rainfall simulator. *Journal of Water Research in Agricultural*, 27:2. 261-290 (In Persian).

5. Ai-Ping, W., Fa-Hu, L. and Sheng-Min, Y. 2011. Effect of polyacrylamide application on runoff, erosion, and soil nutrient loss under simulated rainfall. *Pedosphere*, 21:5. 628-638.

6. Ajwa, H.A. and Trout, T.J. 2006. Polyacrylamide and water quality effects on infiltration in sandy loam soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 643-650.

7. Akbarzadeh, A. Taghizadeh Mehrjardi, R. Refahi, H.G. Rouhipour, H. and Gorji, M. 2009. Using soil binders to control runoff and soil loss in steep slopes under simulated rainfall. *International Agrophysics*, 23: 99-109.

8. Asadi, H. 2005. Investigation of soil erosion processes and some basic concepts of process-based soil erosion models. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, 240p. (In Persian)

9. Awad, Y.M., Blagodatskaya, E., Ok, Y.S. and Kuzeyakov, Y. 2012. Effects of polyacrylamide, biopolymer and biochar on decomposition of soil organic matter and plant residues as determined by ¹⁴C and enzyme activities. *Eur. J. Soil Biology*, 48: 1-10.

10. Bazargan, K., and Towfighi, H. 1990. Estimation of modified Gapon selectivity coefficient and effective factors in salt-affected soils of Iran. *Proceeding of 6th Iranian Congress of Soil Sciences*. 28-31 Aug., University of Ferdosi, Mashhad, Iran. Pp. 211-212. (In

Materials, 171: 29–37.

30. Lebron, I., Suarez, D.L. and Yoshida, T. 2002. Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 92-98.

31. Lentz, R.D., Shainberg, I., Sojka, R.E. and Carter, D.L. 1992. Preventing irrigation furrow erosion with small application of polymers *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1926-1932.

32. Lentz, R.D. and Sojka, R.E. 2009. Long-term polyacrylamide formulation effects on soil erosion, water infiltration, and yields of furrow-irrigated crops. *Agron. J.* 101: 305-314.

33. Maaf, M. 2008. Effect of polyacrilamid and gypsum on soil reclamation and reduction of runoff and erosion of a Sodic marl of sefidrood watershed in laboratory condition. Msc. Thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan. (In Persian)

34. Mailapalli, D.R. and Tompson, A.M., 2011. Polyacrylamide Coated MilorganiteTM and Gypsum for Controlling Sediment and Phosphorus Loads. *Agricultural Water Management*, 101: 27- 34.

35. Malekian, A., Shahbazi Homonlo, K., Didehbaz Moghanolo, G. and Dastoori, M. 2012. Evaluation of Appropriate Technique to Improve Soil Characteristics and Crop Production. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 2(1): 26-31.

36. Malik, M., Mrhein, C.A. and Letey, J. 1991. Polyacrylamide to improve water flow and salt removal in a high shrink-swell soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 1664-1667.

37. Muhammad, S., Muller, T. and Joergensen, R.G. 2008. Relationships between soil biological and other soil properties in saline and alkaline arable soils from the Pakistani Punjab. *J. Arid Environments*, 72: 448-457.

38. O'Flynn, C.J., Healy, M.G., Wilson, P., Hoekstra, N.J., Troy, Sh.M. and Fenton, O. 2013. Chemical Amendment of Pig Slurry: Control of Runoff Related Risks due to Episodic Rainfall Events up to 48 h after Application. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI 10.1007/ s11356-013-1630-0. 9p.

Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, pp. 443-444. (In Persian)

20. Green, V.S. and Stott, D.E. 2001. Polyacrylamide: A Review of the Use, Effectiveness, and Cost of a Soil Erosion Control Amendment. 10th International Soil Conservation Meeting, May 24-29, 1999, Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory. 384-389.

21. Hassanzadeh nafuti, M., Feiznia, S., Ahmadi, H., Peyrovan, H. and Ghayumian, J. 2008. Effects of chemical and physical properties of marls on sediment yield using rainfall simulator. *Journal of Geological Society of Iran*, 1: 35-48. (In Persian)

22. Hazbavi, Z. 2013. Soil erosion control by application of polyacrylamide to minimize its residues in runoff and sediment. M.Sc Thesis, Iran, Tarbiat Modares University. 98 p. (In Persian)

23. Hazbavi, Z. Sadeghi, S.H.R. and Younesi H.A. 2012. Analysis and assessing effectability of runoff components from different levels of polyacrylamide. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2(2): 1-12 (In Persian).

24. Inbar, A., Ben-Hur, M., Sternberg, M. and Lado, M. 2015. Using polyacrylamide to mitigate post-fire soil erosion. *Geoderma*, 239: 107-114.

25. Goodson, C.C., Schwartz, G. and Amrhein, C. 2006. Controlling tailwater sediment and phosphorus concentrations with polyacrylamide in the Imperial Valley. California. *J. of Environmental Quality*, 35: 1072-1077.

26. Klute, A. (Ed.), 1986. *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical properties*. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA-SSSA, Madison, WI.

27. Kumar, A. and Saha, A. 2011. Effect of Polyacrylamide and Gypsum on Surface Runoff, Sediment Yield and Nutrient Losses from Steep Slopes. *Agricultural Water Management*, 98: 999-1004.

28. Kumar, S. and Rastogi, R.A. 1987. A conceptual catchment model for estimating suspended sediment flow. *J. of Hydrology* 95: 155-163.

29. Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N. and Abdellya, C. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *J. of Hazardous*

- G.J. 2000. Polyacrylamide, sediments, and interrupted flow effects on rill erosion and intake rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1487–1495.
50. Sojka, R.E., Lentz, R.D., Ross, C.W., Trout, T.J., Bjorneberg, D.L. and Aase, J.K. 1998. Polyacrylamide effects on infiltration in irrigated agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 53: 325–331.
51. Smith, H.J.C., Levy, G.J. and Shainberg, I. 1990. Water-droplet energy and soil amendments: Effect on infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1084–1087.
52. Tang, Z., Le T., Yu, J., Shainberg, I., Mamedov, A.I., Ben-Hur, M. and Levy, G.J. 2006. Runoff and interrill erosion in sodic soils treated with dry PAM and phosphogypsum *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 679-690.
53. Tejada, M., Gonzalez, J.L., Garcia-Martinez, A.M. and Parrado, J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresour. Technol.* 99: 1758-1767.
54. Walker, D.J. and Bernal, P.M. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresour. Technol.* 99: 396-403.
55. Warrence, N.G., Pearson, K.E. and Bauder, J.W. 2003. The basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. Adapted by Krista E. Pearson. Dep. of Land Resources and Environmental Sciences, Montana State Univ., MT. Available at: http://waterquality.montana.edu/docs/methane/basics_highlight.shtml (verified 8 Dec. 2012).
56. Yu, J., Lei, T., Shainberg, I., Mamedov, A.I. and Levy, G.J. 2003. Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM and gypsum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 630-636.
57. Zabihi, F., Neyshabouri, M.R. and Dalalian, M.R. 2012. Effect of polyacrylamide, pumice and municipal compost on some physical and chemical characteristics of a saline-sodic clay soil. *Journal Water and Soil Science*, 23(3): 79-92 (In Persian).
39. Page, A.L., Miller R.H. and Keeney, D.R. 1982. Method of soil analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. ASA & SSSA, Madison, Wisconsin. USA.
40. Peterson, J.R., Flanagan, D.C. and Tishmack, J.K. 2002. PAM application method and electrolyte source. Effects on plot-scale runoff and erosion. *Transactions of the ASAE*, 45(6): 1859-1867.
41. Prats, S.A., Martins, M.A.S., Cortizo, M.M., Ben-Hur, M. and Keizer, J.J. 2014. Polyacrylamide application versus forest residue mulching for reducing post-fire runoff and soil erosion. *Science of the Total Environment*, 468: 464-474.
42. Ramesht, M.H. and Seyf, A. 2000. *Soils Geography (3rd Ed.)*. Esfahan University Press, 309p. (In Persian)
43. Sarwari, G., Schmeisky, H., Hussain, N., Mohammadi, S., Ibrahim, M. and Ehsan Safdar, M. 2008. Improvement of soil physical and chemical properties with compost application in rice-wheat cropping system. *Pak. J. Bot.*, 40(1): 275-282.
44. Sepaskhah, A.R. and Bazrafshan-Jahromi, A.R., 2006. Controlling runoff and erosion in sloping land with polyacrylamide under a rainfall simulator. *Biosystems Engineering*, 93(4): 469-474.
45. Shahbazi A.S., Sarmadian, F., Refahi, H. and Gorgi M. 2005. Effect of polyacrylamide on soil erosion and runoff Shvr- sodium. *Journal of Agricultural Science*, 36 :5. 1103-1112 (In Persian).
46. Shainberg, I., Levy, G.J., Rengasamy, P. and Frenkel, H. 1991. Aggregate stability and seal formation as effected by drops impact energy and soil amendments. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 154: 113-118.
47. Shekofteh, H., Rafahi, H. and Gorgi, M. 2005. A study of the effects of polyacrylamide on soil erosion and runoff. *Iranian J. Agric. Sci.* 36(1) : 177-186 (In Persian).
48. Shin, M.H., Won, C.H., Jang, J.R., Choi, Y.H., Shin, J.Y., Lim, K.J. and Choi, J.D. 2013. Effect of surface cover on the reduction of runoff and agricultural NPS pollution from upland fields. *Paddy Water Environment*, 11: 493-501.
49. Sirjacobs, D., Shainberg, I., Rapp, I. and Levy,

*Abstract*

Effect of Azolla Compost and polyacrylamide on Runoff and Splash Erosion of a Saline-Sodic Soil

Z. Heydari¹, H. Asadi² and M. Kavooosi³

Received: 2012/12/23 Accepted: 2016/05/30

This study was conducted in order to amend a saline-sodic soil with Azolla compost and polyacrilamide (PAM) in a laboratory experiment. A factorial design of completely randomized test with three replications was used to compare the effects of the amendments. The soil sample was collected from saline-sodic marls of hilly lands around Manjil dam. Both azolla compost and PAM were used in four rates of 0, 5, 10 and 15 ton per hectare, and 0, 25, 50 and 75 kg per hectare, respectively. Soil samples were packed in a 30×35 cm drainable detachment tray, and subjected to a rainfall intensity of 95 mm h⁻¹ for 40 minutes. The runoff rate, sediment concentration and splash erosion rate were measured during the experiments, and sodium adsorption ratio and exchangeable sodium percentage of the soil were determined after the experiment. Results showed that the best treatment for reducing sodium adsorption ratio and exchangeable sodium percentage of the soil is the minimum application of one of the amendments (25 kg ha⁻¹ PAM, or 5 ton ha⁻¹ Azolla compost). For decreasing sediment concentration and rainfall erosion rate, application of 5 ton ha⁻¹ Azolla compost was the most appropriate treatment than the other combined treatments. Runoff rate was affected only by Azolla compost, and the application of 5 ton ha⁻¹ Azolla compost resulted in the minimum runoff. In addition to these positive effects, Azolla compost as an organic material may have effective functions in improvement of vegetation cover if it used in the field.

Keywords: Marl, Rainfall simulator, Runoff rate, Sediment concentration, Sodium adsorption ratio.

-
1. M.Sc. Graduate Student, Soil Science Department, University of Guilan, Rasht, Iran. Email: heidariz88@yahoo.com
 2. Associate Professor, Soil Science Department, University of Guilan, Rasht, Iran. Corresponding Author, Current affiliation and Email: University of Tehran, ho.asadi@ut.ac.ir
 3. Associate Professor, Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran. Email: masoud_kavooosi2@yahoo.com