تأثیر وتیور و پلی اکریل آمید بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک

الهام امیری خبوشان[۱]، حجت امامی[۲]، محمد رضا مصدقی[۳]، علیرضا آستارایی[۲]

۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

کیفیت فیزیکی ضعیف خاک عامل مهم هدرروی آب و کاهش آب قابل استفاده گیاه است که نیاز به مدیریت صحیح آب و خاک را آشکار می‌کند. این مطالعه با هدف بررسی و مقایسه اثر سیستم وتیور و PAM و تلفیق آن‌ها بر چگالی ظاهری و تخلخل، نگهداشت آب در خاک و آب قابل دسترس گیاه در یک خاک لوم انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تیمار کشت گیاه وتیور (VP0)، کاربرد PAM در دو سطح ۲۰ (P2) و ۴۰ (P4) کیلوگرم در هکتار، کاربرد هم‌زمان وتیور و هر دو سطح PAM (VP2 و VP4) بود. پارامترهای مورد بررسی پس از اعمال تیمارها تعیین گردید. نتایج نشان داد که PAM و وتیور موجب کاهش چگالی ظاهری و افزایش تخلخل، نگهداشت آب در نقاط ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم و آب قابل استفاده گیاه شدند. به‌طورکلی، کشت وتیور به عنوان یک روش بیومهندسی کم‌هزینه و بادوام جهت بهبود پارامترهای مورد مطالعه موفق‌تر از PAM بود.

واژه های کلیدی: سیستم وتیور، پلی اکریل آمید، نگهداشت آب، آب قابل دسترس گیاه.

مقدمه

تخریب زمین و فرسایش خاک از مشکلات مهم مناطق نیمه‌خشک مانند ایران می‌باشد که موجب کاهش کیفیت فیزیکی خاک می‌شوند. از طرفی کیفیت فیزیکی ضعیف خاک منجر به فرسایش تشدیدی می‌شود. با توجه به کمبود بارندگی در مناطق نیمه‌خشک و تأثیر شرایط ساختاری و فیزیکی ضعیف خاک بر کاهش آب قابل دسترس گیاه و هدرروی آب، مدیریت صحیح آب و خاک امری مهم می‌باشد. از جمله راهکارهای پیشنهادی در جهت بهبود کیفیت خاک و مدیریت کاربردی آن استفاده از پوشش گیاهی تحت عنوان روش‌های بیومهندسی و کاربرد اصلاح‌کننده‌های خاک می‌باشد. گیاه وتیور با نام علمی *Zizinoids vetiveria* یک گیاه دائمی گرمسیری و بومی هندوستان است که سازگاری بالایی در انواع خاک‌ها و شرایط اقلیمی نشان می‌دهد. کشت گیاه وتیور برای حفاظت خاک و آب اولین بار توسط بانک جهانی مورد استفاده قرار گرفت و تحت عنوان فناوری وتیور گراس (VGT)[1] معرفی گردید (ترانگ، ۲۰۰۲). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که وتیور در بهبود پایداری ساختمان خاک (امیری و همکاران، ۱۳۹۵) و کنترل فرسایش خاک (ماترکرا، ۲۰۱۰؛ اوکیو و همکاران، ۲۰۱۱؛ امیری و همکاران، ۲۰۱۷) موفق بوده است. ماترکرا (۲۰۱۰) خصوصیات فیزیکی را در خاک تحت کشت وتیور و زمین‌های آیش و علفزار مجاور آن بررسی کردند. نتایج آنها دلالت بر اثر قابل‌توجه وتیور بر کاهش چگالی ظاهری (BD)[2]، افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک و اصلاح کیفیت خاک در شرایط نیمه‌خشک داشت. اوکیو و همکاران (۲۰۱۱) هم‌چنین با بررسی خصوصیات فیزیکی خاک در دو تیمار کشت وتیور و کوددهی شده مشاهده کردند که BD خاک بایر ۴٪ بیشتر از خاک تحت کشت وتیور بود، تخلخل در دو خاک تیمار یافته مشابه و ۸٪ بیشتر از خاک بایر بود و ظرفیت جذب آب در تیمار کشت وتیور ۱۹٪ بیشتر از تیمار کودی و ۳۹٪ بیشتر از شاهد بود. آن‌ها دریافتند که استفاده از وتیور در زمین‌های شخم خورده مستعد فرسایش به عنوان یک منبع کود آلی خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشد.

---

[1]-Vetiver Grass Technology
[2]-Bulk Density

پلی اکریل آمید آنیونی (PAM) یکی از پلیمرهای رایج مورد استفاده جهت اصلاح خصوصیات خاک می‌باشد که دارای طولانی‌ترین آثار باقی‌مانده در خاک است و مصرف آن از دهه ۱۹۹۰ به‌دلیل سهولت تهیه، رشد فراوان داشته داست. (لوی و همکاران، ۱۹۹۲). پژوهش‌های مختلفی در رابطه با افزایش پایداری ساختمان خاک (ملو و همکاران، ۲۰۱۴؛ لنتز و همکاران، ۲۰۱۵) و کنترل فرسایش و رواناب (ابرول و همکاران، ۲۰۱۳؛ آو و همکاران، ۲۰۱۶؛ امیری و همکاران، ۲۰۱۷) در اثر کاربرد PAMدر نقاط مختلف جهان گزارش شده است. مطالعاتی نیز در زمینه اثر PAM بر ظرفیت نگهداشت آب در خاک انجام شده است (سوجکا و همکاران، ۲۰۰۷). در این خصوص، برایان (۱۹۹۲) نشان داد که کاربرد پلی اکریل آمید آنیونی با غلظت ۰/۵ گرم در کیلوگرم خاک هوا خشک در چند خاک ریز- و متوسط-بافت توانست خاکدانه‌های پایدار در آب، هدایت هیدرولیکی اشباع و آب قابل دسترس را به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. ملو و همکاران (۲۰۱۶) اثر غلظت‌های (۱۲/۵، ۵۰ و mg kg^{-1} ۱۰۰) PAM بر خصوصیات هیدرولیکی خاک‌های چسبنده و غیرچسبنده دشت‌های ساحلی ایالت پرنامبوکو در برزیل را بررسی کردند و دریافتند که افزودن PAM با غلظت $mg\ kg^{-1}$ ۵۰ نگهداشت آب خاک در مکش ۳۳ کیلوپاسکال را در هر دو خاک بهبود بخشیده است. عابدی-کوپایی و همکاران (۲۰۰۸) علت افزایش مقدار رطوبت حجمی در حضور PAM را وجود گروه‌های عاملی (آمید) در ساختار PAM بیان کردند که موجب تشکیل پیوند هیدروژنی با آب و نگهداشت آن می‌شود. در بررسی های وست و همکاران (۲۰۰۴) دیده شد که با افزودن پلی اکریل آمید آنیونی به خاک BD افزایش یافت، زیرا پلی اکریل آمید موجب هماوری رس‌های پراکنش یافته در خاک می‌شود.

اگر چه پژوهش‌هایی در رابطه با اثر PAM بر خصوصیات هیدرو-فیزیکی خاک صورت گرفته است، ولی اکثر پژوهش‌ها در شرایط آزمایشگاهی انجام شده و ترکیب آن با تکنیک‌های بیومهندسی به‌ویژه در شرایط میدانی و در مناطق نیمه‌خشک مانند استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین تحقیقی مبنی بر مقایسه تأثیر وتیور و PAM بر خصوصیات هیدرو-فیزیکی خاک صورت نگرفته است. با توجه به سازگاری نسبتاً زیاد وتیور در بسیاری از مناطق دنیا به نظر می‌رسد این گیاه در بهبود کیفیت فیزیکی خاک در مناطق نیمه خشک از جمله ایران نیز تأثیر بسزایی داشته باشته، که رسیدن به این امر نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه اثر سیستم وتیور به عنوان یک روش بیومهندسی کم‌هزینه و بادوام، و PAM و تلفیق آن‌ها بر BD و تخلخل، نگهداشت آب در خاک و آب قابل دسترس گیاه در یک خاک لوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در کرت‌های آزمایشی یک خاک لومی با ویژگی‌های ارائه شده در جدول (۱) واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. منطقه مورد نظر برای اعمال تیمارها و انجام آزمایش در ابعاد یک متر در یک متر کرت-بندی گردید. تیمارهای آزمایش شامل کشت گیاهچه وتیور به فاصله ۳۵ در ۳۵ سانتی‌متر (تیمار VP0) و اعمال پلیمر پلی-اکریل آمید آنیونی به فرمول شیمیایی با مشخصات ارائه شده در جدول ۲ به صورت محلول با دو غلظت ۰/۲ و ۰/۴ درصد معادل ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب تیمارهای P2 و P4) و ترکیب این دو تیمار (کشت گیاه در حضور دو غلظت پلیمر به ترتیب تیمارهای VP2 و VP4) در هر کرت بودند. یک تیمار نیز به عنوان تیمار شاهد (P_0) در نظر گرفته شد. محلول مذکور با استفاده از آب‌فشان به‌طور یکنواخت روی خاک کرت‌ها پاشیده شد. نمونه‌های دست نخورده جهت اندازه‌گیری چگالی ظاهری و منحنی مشخصه رطوبتی خاک جمع‌آوری گردید. BD با استفاده از روش سیلندرهای نمونه‌برداری به ارتفاع ۵ و قطر ۵ سانتی‌متر اندازه گیری شد. به منظور تعیین منحنی مشخصه رطوبتی خاک بعد از اشباع کردن نمونه‌ها، مقادیر رطوبت تیمارهای مختلف در مکش‌های ماتریک صفر، ۵، ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال با استفاده از دستگاه صفحه فشاری اندازه‌گیری شد و نگهداشت آب در مکش‌های ۳۳ (FC) و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال (PWP) تعیین گردید. آب قابل دسترس (AWC) نیز از تفاوت FC و PWP به‌دست آمد. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طراحی شد و تحلیل آماری داده‌های چگالی ظاهری، تخلخل، FC، PWP، و AWC بر اساس تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار SPSS 23 انجام گردید.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی

رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت	OC (%)	TNV (%)	BD (g cm^{-3})
۱۱	۴۱	۴۸	لوم	۰/۱۲	۱۲/۶۳	۱/۶۰

*OC: کربن آلی، TNV: کربنات کلسیم معادل، BD: جرم مخصوص ظاهری

جدول۲- مشخصات پلی‌اکریل آمید مورد استفاده

مشخصات PAM	مقدار
شکل ظاهری	پودر دانه‌ای سفید
درجه هیدرولیز	٪ ۳۵-۳۰
وزن مولکولی	۲۰-۱۵ میلیون
چگالی ظاهری (g cm^{-3})	≥۰/۶۷
pH	۸-۶
حلالیت در آب	٪ ≥۰/۸
درجه خلوص	٪۹۵

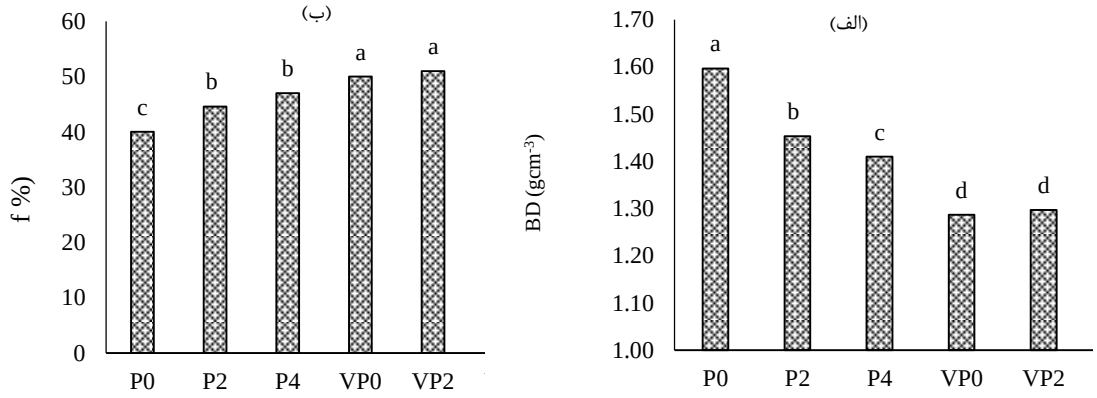
نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه، تأثیر تیمارهای مختلف آزمایشی بر پارامترهای فیزیکی مورد بررسی نشان می‌دهد که وتیور و PAM اثر معنی‌داری بر چگالی ظاهری، تخلخل، نگهداشت آب در مکش‌های ۳۳ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال، و آب قابل دسترس گیاه نسبت به شاهد در سطح پنج درصد داشتند.

تأثیر وتیور و پلی اکریل آمید بر چگالی ظاهری و تخلخل خاک

نتایج مقایسه میانگین مربوط به چگالی ظاهری (BD) و تخلخل خاک نشان داد که تیمارهای وتیور و PAM تأثیر معنی‌داری بر کاهش BD و افزایش تخلخل خاک داشتند (شکل ۱). با اعمال PAM و افزایش غلظت آن، BD کاهش و تخلخل افزایش یافت. دلیل این امر را می‌توان به ساختار زنجیره‌ای PAM و توانایی آن در ایجاد پل‌هایی بین ذارت خاک و اتصال آن‌ها نسبت داد؛ که باعث ایجاد خاکدانه‌های درشت و پایدار و در نتیجه افزایش تخلخل خاک و کاهش BD خاک می‌گردد. هم‌چنین، تیمارهای وتیور (VP0، VP2، و VP4) تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش BD (۱۹٪) و افزایش تخلخل خاک (۲۸٪) نسبت به تیمار شاهد داشتند. وتیور با افزایش خاکدانه‌سازی و پایداری آن‌ها، و بهبود ویژگی‌های ساختمانی خاک (امیری و همکاران، ۱۳۹۵) موجب افزایش تخلخل و کاهش BD خاک می‌شود. این نتایج با یافته‌های اوکیو و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. این پژوهش‌گران خصوصیات فیزیکی خاک را در دو تیمار کشت وتیور و کوددهی شده بررسی کردند و نشان دادند که BD خاک بایر ۴٪ بیشتر از خاک تحت کشت وتیور بود، تخلخل در دو خاک تیمار یافته مشابه و ۸٪ بیشتر از خاک بایر بود.

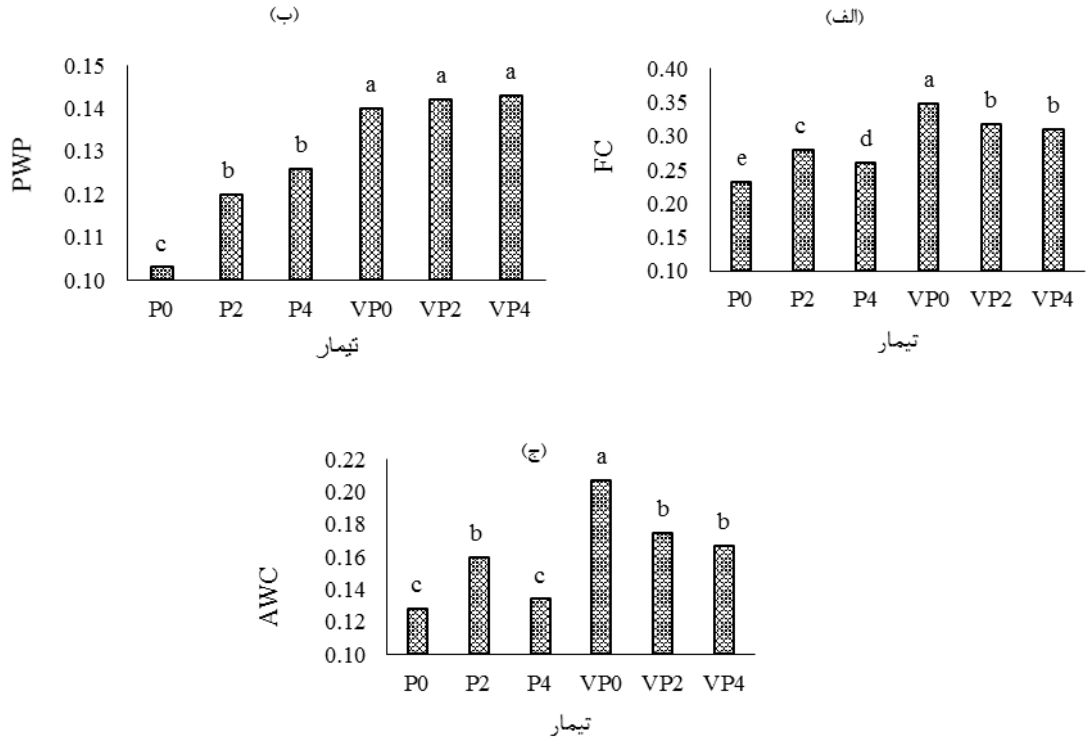
ماترکرا (۲۰۱۰) نیز کاهش معنی‌دار BD و افزایش تخلخل را در خاک تحت کشت وتیور نسبت به زمین‌های مجاور آن گزارش کرد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر (الف) BD و (ب) تخلخل خاک

تأثیر وتیور و پلی اکریل آمید بر نگهداشت آب در خاک و آب قابل دسترس

نتایج مقایسه میانگین اثر تیمارهای PAM و وتیور بر نگهداشت رطوبت در نقطه FC، PWP و AWC (شکل ۲) نشان داد که تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری در افزایش این پارامترها در خاک مورد مطالعه داشتند. PAM و وتیور با افزایش خاکدانه‌سازی و تولید خاکدانه‌های پایدار، موجب افزایش خلل و فرج درون و بین خاکدانه‌ای و در نتیجه افزایش رطوبت FC و AWC خاک می‌شود. تیمارهای PAM و وتیور رطوبت PWP را نیز افزایش دادند، ولی افزایش رطوبت FC بیشتر از رطوبت PWP بود، که منجر به افزایش AWC در خاک مورد مطالعه گردید. مقدار آب قابل ذخیره در خاک که مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد، آب قابل استفاده (AWC) نام دارد که بین دو حد پتانسیلی FC و PWP قرار دارد. افزایش رطوبت PWP در تیمار-های PAM ناشی از خاصیت آب‌دوستی مولکول‌های پلیمر PAM می‌باشد. شاراد و همکاران (۲۰۰۴) نگهداشت آب در مکش-های بالاتر را ناشی از جذب سطحی بیان کردند که بیشتر از بافت خاک و به خصوص نواحی سطحی خاک تأثیر می‌گیرد. یافته‌های برایان (۱۹۹۲) نیز دلالت بر افزایش آب قابل دسترس گیاه در اثر کاربرد PAM است که ناشی از افزایش نگهداشت آب در مکش‌های پایین و کاهش نگهداشت در مکش‌های بالا در تیمارهای PAM می‌باشد. ملو و همکاران (۲۰۱۶) نیز افزایش نگهداشت آب خاک در نقطه FC در اثر افزودن $mg\ kg^{-1}$ ۵۰ PAM به خاک‌های چسبنده و غیرچسبنده را گزارش کردند. عابدی-کوپایی (۲۰۰۸) علت افزایش مقدار رطوبت حجمی در حضور PAM را وجود گروه‌های عاملی (آمید) در ساختار PAM بیان کردند که موجب تشکیل پیوند هیدروژنی با آب و نگهداشت آن می‌شود. در نتیجه آب ذخیره شده بیشتری در پلیمرها در مکش‌های نسبتاً پایین برای گیاه قابل دسترس می‌باشد. هم‌چنین نتایج اوکیو و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش ۳۹ درصدی ظرفیت جذب آب در تیمارهای تحت کشت وتیور نسبت به تیمار شاهد نشان می‌دهد. ماترکرا (۲۰۱۰) نیز افزایش نگهداشت آب در خاک تحت کشت وتیور به دلیل افزایش مواد آلی ناشی از ریشه‌ها و بقایای علف وتیور، ترشح ترکیبات آلی از ریشه‌ها و بیومس میکروبی زیاد در ریزوسفر گیاه وتیور و در نتیجه اثر اصلاحی قابل توجه وتیور بر کیفیت خاک بیان کردند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مورد بررسی بر (الف) FC و (ب) PWP، و (ج) AWC

منابع

امیری خبوشان، ا. و امامی، ح. آستارایی، ع.ر. مصدقی، م.ر. ۱۳۹۵. مقایسه اثر وتیور و پلی اکریل آمید بر شاخص‌های پایداری ساختمان و فرسایش خاک. مجله‌ی پژوهش‌های فرسایش محیطی، جلد ۲۳، شماره ۳، صفحه‌های ۷۱-۹۰.

Abedi-Koupai J., Sohrab F. and Swarbrick G.E. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. J. Plant Nutrition, 31(2): 317-331.

Abrol V., Shainberg I., Lado M. and Ben-Hur. M. 2013. Efficacy of dry granular anionic polyacrylamide (PAM) on infiltration, runoff and erosion. European Journal of Soil Science, 64: 699-705.

Amiri E., Emami H., Mosaddeghi M.R. and Astaraei A.R. 2017. Investigating the effect of vetiver and polyacrylamide on runoff, sediment load and cumulative water infiltration. Soil Research. Published online.

Ao C., Yang P. Ren S. Xing W. Li X. and Feng X. 2016. Efficacy of granular polyacrylamide on runoff, erosion and nitrogen loss at loess slope under rainfall simulation. Environmental Earth Sciences, 75: 490-590.

Bryan R.B. 1992. The influence of some soil conditioners on soil properties: laboratory tests on Kenyan soil samples. Soil Technology, 5: 225-247.

Lentz R.D. 2015. Polyacrylamide and biopolymer effects on flocculation, aggregate stability, and water seepage in a silt loam. Geoderma, 241–242: 289–294.

Levey G.Y., Levin J., Gal M., Ben-Hur M. and Shainberg I. 1992. Polymers effects on infiltration and soil erosion during consecutive simulated sprinkler irrigations. Soil Science Society of America Journal, 56: 902-907.

Materechera, S. 2010. Soil physical and biological properties as influenced by growth of vetiver grass (Vetiveria zizanioides L.) in a semi-arid environment of South Africa Simeon. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Published on DVD.

Melo D.V.M., Almeida B.G., Andrade K.R.1, de Souza E. R., Souza W.L., da Silva Guedes C.D. and de Almeida C. 2016. Pore size distribution and hydro-physical properties of cohesive horizons treated with anionic polymer. African Journal of Agricultural Research, 11(44): 4444-4453.

Oku E., Fagbola O., and Troung P. 2011. Evaluation of vetiver grass buffer strips and organomineral fertilization for the improvement of soil physical properties. Kasetsart Journal (Natural Science), 45: 824-831.

Sharad K. J. Singh V. P. and van Genuchten M. Th. 2004. Analysis of soil water retention data using artificial neural networks. Journal of Hydrologic Engineering, 9:415-420.

Sojka R.E., Bjorneberg D.L., Entry J.A., Lentz R.D., and Orts W.J. 2007. Polyacrylamidein agriculture and environmental land management. Advances in Agronomy. 92: 75-162.

Truong P.N. 2002. Vetiver grass technology. In 'Vetiveria'. (Ed. M Maffei) pp. 114–132. (Taylor and Francis: London and New York)

West S.L., White G.N., Deng Y., McInnes K.J., Juo A.S.R., and Dixon J.B. 2004. Kaolinite, halloysite, and iron oxide influence on physical behavior of formulated soils. Soil Sci. Soc. Amer. J., 68: 1452-1460.

Effect of Vetiver and polyacrylamide on some physical properties

E. Amiri Khboushan[1], H. Emami[2], M. R. Mosaddeghi[3], and A. R. Astaraei[2]

1. Ph.D. student of soil physics and conservation. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

2. Associate Professor in the Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

3. Professor in the Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology.

Abstract

The poor physical quality of soil is the important factor for water loss and reducing the plant available water. The objective of this study was to investigate and compare the effect of vetiver system and PAM and combination of them on bulk density, porosity, water retention, and plant available water in a loamy soil. The experimental treatments include vetiver cultivation (VP0), PAM (20 (P2) and 40 (P4) kg ha-1), simultaneous application of vetiver and PAM concentrations (VP2, and VP4). After apply the treatments, studied parameter was determined. The results showed that PAM and vetiver decreased bulk density, and increased porosity, water content at field capacity and permanent wilting points, and plant available water. In general, vetiver system as a cheap and long-term bioengineering method was more successful than PAM to improve the studied parameters.

Keywords: Vetiver system, Polyacrylamide, water retention, Plant available water.