

## اثر شکل مصرف افزودنی‌ها بر هدررفت خاک

سید حمید رضا صادقی (مسئول)<sup>۱</sup>، زینب کریمی<sup>۲</sup>، حسینعلی بهرامی<sup>۳</sup>

۱- استاد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس

shrsadeghi@yahoo.com

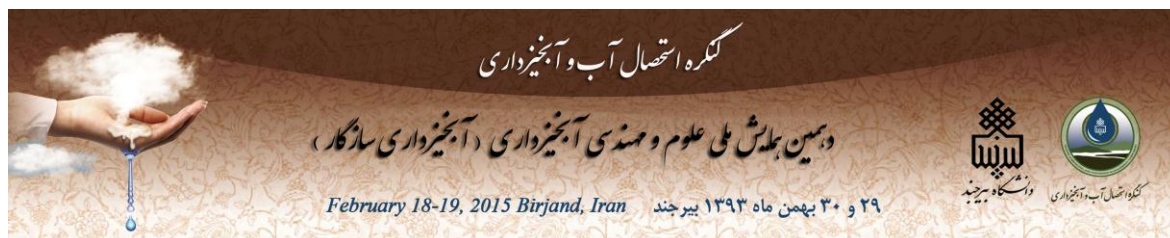
### چکیده

فرسایش خاک یک فرآیند طبیعی بوده و استمرار آن باعث کاهش حاصل خیزی و هدررفتن خاک می‌گردد. لذا اتخاذ تدابیر مدیریتی در مهار اثرات آن اهمیت قابل توجهی دارد. تاکنون پژوهش‌های مختلف مبتنی بر کاربرد انواع افزودنی‌های خاک مدت نظر قرار گرفته است. حال آن‌که نوع و شیوه مصرف آن‌ها با هدف دستیابی به روش بهینه کاربرد آن‌ها مورد توجه جدی قرار نگرفته است. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف مقایسه مصرف دو شکل پودری و محلول افزودنی پلی‌آکریل‌آمید در سطح ۶ گرم بر مترمربع با تیمار شاهد بر هدررفت خاک روی خاک‌های حواشی جاده مرزن‌آباد-کندلوس به دلیل وجود تشکیلات و خاک حساس به فرسایش در شرایط آزمایشگاهی شبیه‌ساز باران، با استفاده از کرت‌های کوچک مکعبی در سه تکرار با شیب ۳۰ درصد و شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت و تداوم ۱۷ دقیقه انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که افزودن پلی‌آکریل‌آمید موجب کاهش معنی‌دار میزان هدررفت خاک در سطح اعتماد ۹۵ درصد شده است.

**واژه‌های کلیدی:** پلی‌آکریل‌آمید، حفاظت خاک و آب، رواناب، شبیه‌ساز باران، غلظت رسوب

### الف- مقدمه

امروزه فرسایش خاک به‌عنوان یک معضل اساسی در سطح جهان مطرح است که از یک سو منجر به تخریب خاک و از سوی دیگر کاهش کیفیت آب می‌گردد. لذا مهار آن به شیوه‌های مختلف و با کم‌ترین اثر به‌عنوان یک ضرورت محسوب می‌گردد. فرسایش آبی یکی از گسترده‌ترین انواع تخریب اراضی است و به‌وسیله فرسایش‌پذیری خاک، شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و توپوگرافی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در همین راستا، به‌منظور مهار فرسایش خاک تلاش‌های متعددی از قبیل استفاده از افزودنی‌های خاک صورت گرفته است. پلی‌آکریل‌آمید در شرایط و اهداف مختلف یکی از غالب‌ترین افزودنی‌های مورد استفاده در حفاظت از خاک است (Stott و Green, ۲۰۰۱). انجام پژوهش‌های مرتبط با استفاده از افزودنی‌های پلیمری به‌منظور اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک به‌عنوان یکی از تیمارهای مهم مدیریت منابع خاک و آب از



اوایل سال ۱۹۵۰ شروع شد. اما کاربرد پیشرفته پلی آکریل آمید به اواخر دهه ۱۹۹۰ بر می گردد (Stott و Green, ۲۰۰۱). پلی آکریل آمید به فرمول شیمیایی  $(\text{NH}_2 \text{ H}_2\text{-CH-CO})_n$  یک پلیمر مصنوعی محلول در آب است که از مونومرهای آکریل آمید ساخته شده است. از ویژگی های این پلیمر قابلیت دستیابی به جرم های مولکولی بالا و متفاوت، حلالیت در آب تحت شرایط گوناگون و قابلیت تهیه آن به صورت غیریونی، آنیونی و کاتیونی است. پلی آکریل آمید غیرسمی بوده و پس از ۴ تا ۷ سال، بسته به نوع پلیمر، در خاک به وسیله میکروارگانیسم ها تخریب می شود (Nadler و همکاران، ۱۹۹۶). پلی آکریل آمید پودری از نظر ظاهری جامد کریستالی سفید و بی بو است. در واقع این پلیمرها به دلیل داشتن قابلیت انعقاد و جداسازی فازهای جامد و مایع از یکدیگر، کاربرد گسترده ای در صنایع مختلف دارند (ربیعی و همکاران، ۱۳۹۰). از طرف دیگر اقتصادی بودن استفاده از این ترکیب، زمینه گرایش عمومی به کاربرد آن را فراهم نموده است (Stott و Green, ۲۰۰۱).

پژوهش های انجام گرفته در سال های اخیر، تأثیر به سزای پلی آکریل آمید در مهار رواناب و هدررفت خاک را نشان می دهد. در همین راستا پلی آکریل آمید به دو حالت پودری یا محلول در آب استفاده شده و تأثیر و کاربرد آن ها به طور جداگانه در نقاط مختلف جهان در زمینه های گوناگون مورد مطالعه قرار گرفته است. کاربرد سطوح مختلف پلی آکریل آمید (۰، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۶ تن در هکتار) در شیب های مختلف (۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد) با استفاده از باران ساز در آزمایشگاه دانشگاه شیراز مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که در شیب های تند (۷/۵ درصد) مقدار ۰/۰۰۶ تن در هکتار برای کاهش رواناب بیشترین تأثیر را داشته و مقدار ۰/۰۰۴ تن در هکتار بیشترین تأثیر در کاهش فرسایش در شیب های ۵ و ۷/۵ درصد را داشته است (Sepaskhah و Bazrafshan-Jahrom, ۲۰۰۶). هم چنین بررسی سطوح مختلف (۰/۰۲، ۰/۰۵، ۰/۰۸، ۰/۱ و ۰/۲ درصد) پلی آکریل آمید آنیونی در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی در مهار هدررفت فسفر خاک دامنه های با شیب حدود ۲۷ درصد واقع در چین نشان داد که حجم آب شسته شده به زهکش در تمام سطوح استفاده شده از پلی آکریل آمید در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش معنی داری داشته است (Jiang و همکاران، ۲۰۱۰). هم چنین اثر افزودن پلی آکریل آمید به همراه چند افزودنی دیگر شامل خاک اره، کاه و کلش و ژئوپس، و اثر آن ها بر کاهش رواناب و آلاینده های غیرنقطه ای را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در صورت افزودن پلی آکریل آمید، مقدار رواناب سه درصد کاهش پیدا کرده و تقریباً هیچ گونه رسوبی از کرت ها خارج نشد (Shin و همکاران، ۲۰۱۳). هم چنین بررسی تأثیر مقادیر مختلف پلی آکریل آمید (۰، ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۶ تن در هکتار) روی مقدار فرسایش پاشمانی خاک مارنی در شرایط آزمایشگاهی و با دو شدت بارندگی ۹۵ و ۱۲۰ میلی متر بر ساعت نشان داد که پلی آکریل آمید در کنترل فرسایش

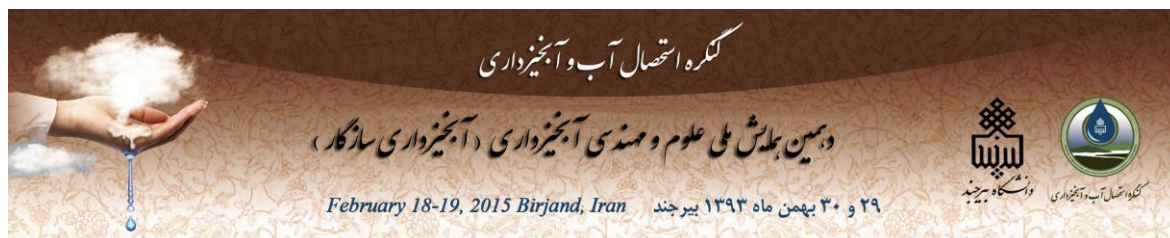


پاشمانی مؤثر بوده و میزان ۴ کیلوگرم در هکتار از این ماده با کاهش ۴۰ درصدی میزان پاشمان نسبت به تیمار شاهد همراه بوده است (بروغنی و حیای، ۱۳۹۰). در ادامه اثر پلی آکریل آمید به صورت محلول و با هفت سطح مختلف (۰/۴، ۰/۶، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۶ گرم در مترمربع) بر کاهش رواناب حاصل از خاک تهیه شده از منطقه بدرانلو را بررسی کردند. تحلیل نتایج دلالت بر تأثیر پلی آکریل آمید در کاهش میزان رواناب داشته است. به نحوی که با افزایش پلی آکریل آمید تا مقدار ۲ گرم در مترمربع، میزان تولید رواناب خروجی کاهش یافته اما از لحاظ آماری این کاهش غیرمعنی دار بوده است (حزباوی و همکاران، ۱۳۹۱). جمع بندی پژوهش های صورت گرفته دلالت بر تأثیرات مختلف و کاربرد متنوع و متعدد پلی آکریل آمید بر خاک در شرایط مختلف دارد. لکن تاکنون ارزیابی مقایسه ای تأثیر نوع و شکل مصرف پلی آکریل آمید بر فرسایش خاک مد نظر قرار نگرفته است. لذا پژوهش حاضر با هدف تعیین شکل مناسب استفاده از ماده افزودنی پلی آکریل آمید به منظور مهار فرسایش خاک غیرکشاورزی پیش بینی شده است.

#### ب- مواد و روش ها

خاک مورد نظر پژوهش، از حواشی جاده مرزن آباد-کندلوس به دلیل وجود تشکیلات و خاک حساس به فرسایش و ضرورت حفاظت و نیز امکان اجرای نتایج حاصل از پژوهش و همچنین قابلیت دسترسی خاک تا عمق تقریبی ۱۰ سانتی متری از سطح تهیه شد. سپس برای آماده سازی خاک از روش کار پیشنهادی (Kukul و Sarkar, ۲۰۱۱) و مشابه با پژوهش های موفق پیشین (حزباوی و همکاران، ۱۳۹۱ و صادقی و همکاران، ۱۳۹۲) صورت گرفت. به همین منظور، ابتدا نمونه های خاک هوا خشک و برای حذف بقایای گیاهی و سنگ و سنگ ریزه، از الک ۴ میلی متری عبور داده شد. سپس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه از جمله هدایت الکتریکی، pH، وزن مخصوص ظاهری خاک، و بافت خاک به ترتیب ۲۱۷/۹ میکروزیمنس بر سانتی متر، ۸/۴۵، ۱/۷ و لومرسی اندازه گیری شد.

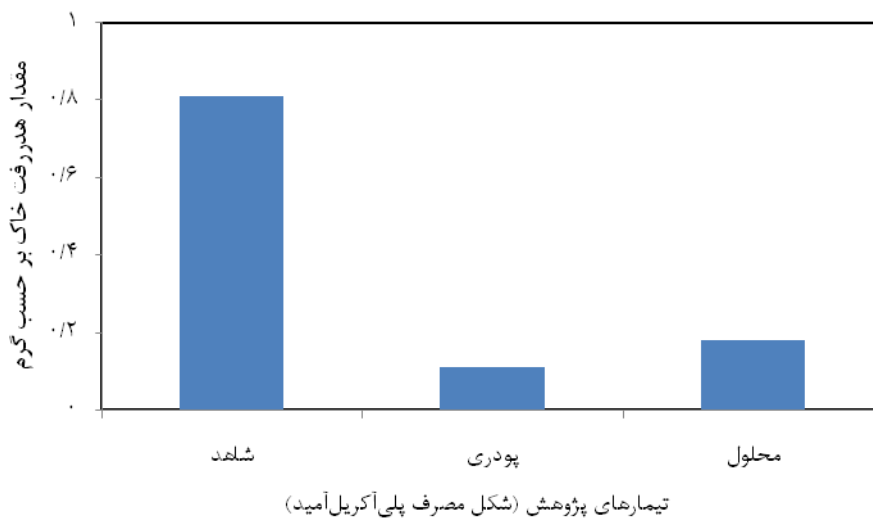
در این پژوهش از سه کرت کوچک مکعبی به ابعاد ۰/۵ متر و حجم کلی ۰/۱۲۵ متر مکعب (حزباوی و همکاران، ۱۳۹۱) و قابل استقرار روی چهارپایه های فلزی ساخته شده در محل آزمایشگاه شبیه ساز باران و فرسایش خاک دانشگاه تربیت مدرس با شیب متناسب با منطقه خاک مادری حدود ۳۰ درصد استفاده شد. سپس تا عمق ۱۷ سانتی متر کرت ها از پوکه معدنی پر گردید. با توجه به پیشینه پژوهش های موجود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۲) تیمارهای شاهد و ماده افزودنی خاک شامل پلی آکریل آمید با سطوح ۶ گرم بر متر مربع و به دو صورت پودری و محلول در نظر گرفته شد. پلی آکریل آمید پودری با استفاده از نمک پاش و هر کدام از مقادیر نوع محلول آن در ۲۰۰ میلی لیتر آب شهری حل شد و در نهایت از طریق دستگاه پخش کننده در سطوح کرت توزیع گردید. در نهایت به لحاظ پخش همگن ماده در خاک و به لحاظ قابل اجرا بودن



در عرصه (شکفته و همکاران، ۱۳۸۴) بعد از گذشت ۴۸ ساعت از زمان استفاده از پلی آکریل آمید، بارش باران با شدت ۵۰ میلی متر بر ساعت و تداوم ۱۷ دقیقه روی کرتها اجرا و نمونه برداری های لازم صورت گرفت. کلیه آزمایشها در سه تکرار انجام پذیرفت. پس از آن بانک اطلاعاتی در نرم افزار Excel 2007 تشکیل و مقایسه های آماری با استفاده از آزمون ANOVA در نرم افزار SPSS 19 انجام شد. در نهایت نمودارهای مورد نیاز رسم و روابط بین متغیرها بررسی و ارزیابی مقایسه ای انجام شد.

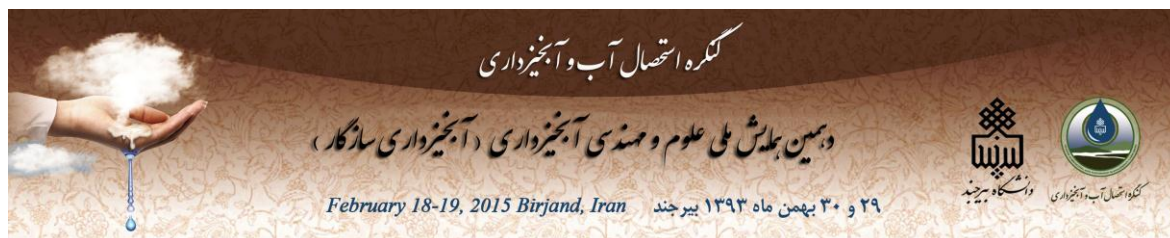
### ج- نتایج و بحث

شکل ۱ نتایج حاصل از تغییرپذیری داده های وابسته به نوع مصرف پلی آکریل آمید بر هدررفت خاک در خاک های حساس به فرسایش، در شدت ۵۰ میلی متر بر ساعت را نشان می دهد. نتایج بیان گر آن است که نقش کاربرد پلی آکریل آمید در هر دو شکل مصرف، میزان هدررفت خاک را به صورت معنی داری کاهش داده است.



شکل ۱ میزان هدررفت خاک در شرایط مقایسه ای بدون مصرف و دو شکل مصرف پودری و محلول پلی آکریل آمید به میزان ۶ گرم بر مترمربع

همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری شکل و نوع مصرف پلی آکریل آمید در مهار فرسایش، در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد که مقدار هدررفت خاک از شکل مصرف تأثیرپذیری معنی دار ( $p=0/00$ ) داشته است. دلیل این یافته را می توان چنین بیان نمود که پلی آکریل آمید به دلیل وزن ملکولی بالا و میزان جذب بالای آن توسط ذرات خاک در سطح باقی مانده و یک شبکه در اطراف خاک دانه ها تشکیل و منجر به پایداری و همآوری خاک دانه ها می گردد. لذا در کنترل



فرسایش و کاهش رواناب و بهبود کیفیت آب و هدررفت خاک مؤثر است. این به‌عنوان مزیتی برای پلی‌اکریل‌آمید در نظر گرفته شده که این ویژگی در حالت پودری نسبت به محلول بیشتر است. این یافته با نتایج (Goodson و همکاران، ۲۰۰۶)، (Dou و همکاران، ۲۰۱۲) و (Shin و همکاران، ۲۰۱۳) با هدف مهار غلظت رسوب و پژوهش (Shoemaker، ۲۰۰۹) با هدف بررسی کاهش هدررفت خاک نسبت به تیمار شاهد، انطباق داشته و طبیعتاً کاربرد پلی‌اکریل‌آمید در مهار هدررفت خاک را مورد تأیید قرار داده است.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس اثر نوع مصرف پلی‌اکریل‌آمید در شدت ۵۰ میلی‌متر بر ساعت با استفاده از آزمون دانکن ( $\alpha = 0.05$ )

سطح معنی‌داری	آماره F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	هدررفت خاک
۰/۰۰	۵۹/۸۰	۴۲/۳۷	۲	۸۴/۷۵	بین‌گروهی
		۰/۷۰	۶	۴/۲۵	درون‌گروهی
			۸	۸۹/۰۰	کل

#### ۱- جمع‌بندی

پژوهش حاضر با هدف تحلیل اثر شکل مصرف پلی‌اکریل‌آمید بر مهار هدررفت خاک از سطح کرت‌های کوچک آزمایشگاهی برنامه‌ریزی شد. براساس نتایج حاصل از پژوهش فعلی می‌توان نتیجه گرفت که هر یک از شکل‌های مصرف پودری و یا محلول پلی‌اکریل‌آمید به‌عنوان یک افزودنی خاک ارزان در کاهش هدررفت خاک مؤثر بود و شکل پودری آن از عملکرد بهتری برخوردار بوده است. اگرچه انجام پژوهش‌های گسترده‌تر در شدت‌های مختلف بارش، سطوح مصرف متفاوت و حتی اجرای آزمایش در شرایط صحرائی برای انجام جمع‌بندی‌های نهایی ضروری بوده و به‌عنوان پیشنهادی منتج از پژوهش حاضر مورد تأکید قرار می‌گیرد.

#### د- فهرست منابع

بروغنی، م. و حیاوی، ف. (۱۳۹۰)، "کاربرد پلی‌اکریل‌آمید در کنترل فرسایش پاشمانی بر روی خاک‌های مارنی"، پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۳: ۳۱-۴۴.  
حزباوی، ز.، صادقی، س.ح.ر.، و یونسی، ح.ا. (۱۳۹۱)، "تحلیل و ارزیابی تأثیرپذیری مؤلفه‌های رواناب از کاربرد سطوح مختلف پلی‌اکریل‌آمید". نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲(۲): ۱-۱۲.



- ربیعی، ا.، گیلانی، م.، و جمشیدی، ه. (۱۳۹۰)، "تهیه پلی آکریل آمید آنیونی بر پایه آکریل آمید به عنوان تثبیت کننده خاک". مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۴ (۲۴): ۲۹۱-۳۰۰.
- شکفته، ح.، رفاهی، ح.، و گرجی، م. (۱۳۸۴)، "بررسی اثر ماده شیمیایی پلی آکریل آمید بر فرسایش و رواناب خاکها". مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۱): ۱۷۷-۱۸۶.
- صادقی، س.ح.ر.، حزباوی، ز.، یونسی، ح.ا.، و بهزادفر، م. (۱۳۹۲)، "روند تغییرات هدررفت خاک و غلظت رسوب بر اثر کاربرد پلی آکریل آمید". نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲ (۴): ۵۵-۶۹.
- Dou, C.Y., Fa-Hu, L., and WU, L.S., (۲۰۱۲), "Soil Erosion as Affected by Polyacrylamide Application under Simulated Furrow Irrigation with Saline Water". *Pedosphere*, 22(5): 681-688.
- Goodson, C.C., Schwartz, G., and Amrhein, C., (۲۰۰۶), "Controlling Tailwater Sediment and Phosphorus Concentrations with Polyacrylamide in the Imperial Valley. California". *Journal of Environmental Quality*, 35: 1072-1077.
- Green, V.S., and Stott, D.E., (۲۰۰۱), "Polyacrylamide: A Review of the Use, Effectiveness, and Cost of a Soil Erosion Control Amendment. 10<sup>th</sup> International Soil Conservation Meeting", May 24-29, 1999, Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, 384-389.
- Jiang, T., Teng L., Wei, Sh., Deng, L., Luo, Z., and Chen, Y., (۲۰۱۰), "Application of Polyacrylamide to Reduce Phosphorus Losses from a Chinese Purple Soil: A Laboratory and Field Investigation". *Journal of Environmental Management*, 91: 1437-1445.
- JingiB.B., DanladiU.D., AhmedA.S., AbubakarY., (۲۰۱۱), "The Effect of Rainfall on Aggregate Stability and Splash Erosion on Some Agricultural Soils of Borno State". *Nigeria, Au Journal of Technology*. 15(1): 45-48.
- Kukul S.S. and Srakar M., (۲۰۱۱), "Laboratory Simulation Studies on Splash Erosion and Crusting in Relation to Surface Roughness and Raindrop Size". *Journal of the Indian Society of Soil Sciences* 59(1): 87-93.
- Kumar, A., and Saha, A., (۲۰۱۱), "Effect of Polyacrylamide and Gypsum on Surface Runoff, Sediment Yield and Nutrient Losses from Steep Slopes". *Agricultural Water Management*, 98: 999-1004.
- Montenegro, A.A.A., Abrantes, J.R.C.B., de Lima, J.L.M.P., Singh, V.P., and Santos, T.E.M., (۲۰۱۳), "Impact of Mulching on Soil and Water Dynamics under Intermittent Simulated Rainfall". *Catena*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.018>.
- Morgan, R. P. C., (۱۹۹۵), "Soil Erosion and Conservation". Longman Ltd, UK, PP.60-67.
- Nadler, A., Perfect, E., and Kay, B.D., (۱۹۹۶), "Effect of Polyacrylamide Application on the Stability of Dry and Wet Aggregates". *Soil Science Society of American Journal*, 60: 555-561.
- Sepaskhah, A.R., and Bazrafshan-Jahromi, A.R., (۲۰۰۶), "Controlling Runoff and Erosion in Sloping Land with Polyacrylamide under a Rainfall Simulator". *Biosystems Engineering*, 93(4): 469-474.
- Shin, M.H., Won, C.H., Jang, J.R., Choi, Y.H., Shin, J.Y., Lim, K.J., and Choi, J.D., (۲۰۱۳), "Effect of Surface Cover on the Reduction of Runoff and Agricultural NPS Pollution from Upland Fields". *Paddy Water Environment*, 11: 493-501.
- Shoemaker, A.E., (۲۰۰۹), "Evaluation of Anionic Polyacrylamide as an Erosion Control Measure Using Intermediate-Scale Experimental Procedures". Auburn University MSc. Thesis, USA, 220p.