

تأثير إضافة معدلات مختلفة من البولي أكريلاميد في الحد من فقد التربة باستخدام المطر المصطنع لترب مختلفة القوام

*عصام الخوري **عبد الله مثلج

*أستاذ مساعد في قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص
**طالب دراسات عليا (دكتوراه)، قسم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حمص

الملخص

نفذ البحث في منطقة مصيف حيث معدل الامطار السنوية 1200 مم/سنة من خلال تنفيذ تجربة حقلية استخدم فيها البولي أكريلاميد (polyacrylamide -PAM) بأربع معدلات مختلفة (0 - 1.2 - 2.5 - 5 غ/م² على ترب مختلفة القوام (طيني - رملي طيني - سلتني لومي) بهدف دراسة تأثير إضافة (PAM) في الحد من فقد التربة مع ماء الانسيال السطحي، وتم التوصل للنتائج البية: حقق معدل الإضافة 1.2 غ/م² من البولي أكريلاميد أفضل النتائج في تخفيض فقد التربة بنسبة 21% مقارنة مع الشاهد وذلك في الترب السلتنية اللومية ومعدل الإضافة 2.5 غ/م² كان الأنسب للترب الطينية والرملية الطينية، من حيث تخفيض فقد التربة مع ماء الانسيال السطحي بنسبة 18 و 38 % على التوالي مقارنة مع الشاهد. لوحظ كفاءة التراكيز المرتفعة في خفض معدلات فقد التربة، بنسبة 39% خلال العاصفة المطرية الثانية (60) مم/سا.

الكلمات المفتاحية: البولي أكريلاميد - المطر المصطنع - فقد التربة

Effect of Different Polyacrylamide Application Rates on Reducing Soil Loss for Various Soil Textures Under Simulated Rainfall

Essam Al-Khoury*, Abdullah Methlej**

* Assistant Professor, Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering, Homs University, Syria.

** Ph.D. Student, Department of Soil and Land Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering, Homs University, Syria.

Abstract

The research was conducted in the Masyaf region (annual rainfall: 1200 mm/year) through a field experiment utilizing polyacrylamide (PAM) at four different application rates (0, 1.2, 2.5, and 5 g/m²) across soils with distinct textures (clay, sandy clay and silty loam) to investigate the impact of PAM amendments on mitigating runoff-induced soil loss. The findings revealed the following results: The 1.2 g/m² PAM application rate achieved the highest efficiency in reducing soil loss by 21% compared to the control in the silty loam soils. Meanwhile, the 2.5 g/m² rate was found to be the most optimal for the clay and sandy clay soils, decreasing runoff-induced soil loss by 18% and 38%, respectively, compared to the control. Furthermore, high concentrations demonstrated significant efficiency in lowering soil loss rates by 39% during the second rainfall event (60 mm/h).

Keywords: Polyacrylamide (PAM), Simulated rainfall, Soil loss.

1- المقدمة

نتناول في هذا البحث مشكلة الانجراف المائي Water Erosion وهي ظاهرة معقدة جوهرها ماء وتربة لكل منهما خصائصه، ظاهرها بسيط ولكن تفسيرها معقد. وتحصل نتيجة الفعل المشتت لقطرات المطر على حبيبات التربة، ونقلها [1]

يوصف البولي أكريلاميد (polyacrylamide- PAM) بأنه مركب عضوي ذو وزن جزيئي مرتفع، يضم عدة مجموعات حسب الشحنة الأيونية وكثافتها، وتتكون الشحنة الأيونية نتيجة تبادل (NH₂) لمونومير أكريلاميد لتعطي شحنة كاتيونية أو أنيونية، يعد (PAM) من أفضل مواد التغطية التي لها دور فعال في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة. حيث درس [2] في منطقة المضائق الثلاثة في الصين تأثير الشدة المطرية ودرجة الانحدار ومعدل الإضافة من البوليمير على فقد التربة وبيئت التجارب ازدياد فقد التربة بارتفاع طاقة الانسيال السطحي، وإمكانية السيطرة على تدهور التربة بالحدود المقبولة باستخدام معدلات إضافة منخفضة من PAM عند 8 كغ/هكتار. كما أجرى [3] إحدى وعشرين حادثة مطرية لاختبار فعالية PAM حيث ارتفعت نسبة المجمعات الثابتة مائيا من 32.3% إلى 59.1% وزادت المسامية الكلية بنسبة من 11.3% إلى 49.0%، وزاد معدل الرش من 41.3% إلى 72.5%، وانخفضت كمية التربة المفقودة من 18.9% إلى 39.8% مقارنة بالشاهد. من ناحية أخرى استخدم [4] البولي أكريلاميد بمعدل 15 كغ/هكتار مع الجبس 2.5 طن /هكتار على ترب حامضية في مقاطعة أوكتيناوا - اليابان وبتطبيق هطول مطري مصطنع بشدة 40 مم/سا تم تسجيل انخفاض في كمية التربة المفقودة في معاملة البوليمير حتى 50% مقارنة مع الاستخدام المفرد للجبس من ناحية أخرى توصل [5] إلى أن استخدام البولي أكريلاميد بمعدل (40 كغ/هكتار في حوض أبا جريما في حوض النيل الأزرق العلوي، شمال غرب إثيوبيا وبعد جمع بيانات الانسيال السطحي والرواسب على مدى 79 يوماً من ثمانية مواقع للجريان السطحي في مساكب (4 × 1.3) م أدى انخفاض معدل الانسيال السطحي الموسمي بنسبة وصلت حتى 39% وقللت فقد التربة بنسبة 53% بشكل عام تتعرض التربة الزراعية لفترات من الترتيب والتجفيف طوال موسم النمو ويُعتقد أن هذه الفترات من الترتيب والتجفيف تؤثر على بناء التربة وقد تؤثر على معدل فقد التربة. وقد بين [6]

تأثير إضافة معدلات مختلفة من البولي أكريلاميد في الحد من فقد التربة باستخدام المطر المصطنع لترب مختلفة القوام

تأثير دورات ترطيب وتجفيف تتراوح من 0 إلى 6 دورات على كثافة التربة الظاهرية ومقاومة انفصال التربة مع الجريان السطحي وأظهرت نتائج أن كثافة التربة الظاهرية زادت مع زيادة عدد دورات الترطيب والتجفيف وكانت معدلات انفصال التربة (التي تحدث بمجرد بدء الانسيال السطحي) مرتفعة لدورات الترطيب والتجفيف من الأولى حتى الثالثة، بينما انخفض معدل الانفصال الأولي بعد الدورة الثالثة.

2- أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة معدلات مختلفة من البولي أكريلاميد على كمية التربة المفقودة لترب مختلفة القوام عند استخدام شدة مطرية مصطنعة 60 مم/سا

3- مواد وطرائق البحث:

1-3 مواقع التجربة والتربة المدروسة

أُجريت التجارب الحقلية في ثلاثة مواقع ضمن الأراضي الزراعية التابعة لقرى (الكفير، ربعو، السويدية) في ريف مصياف. حُدّدت المواقع بدقة باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وثُبِن الإحداثيات لكل موقع في الشكل (1) وتتميز منطقة الدراسة بمناخ متوسطي، بمعدل هطل مطري سنوي يصل إلى 1200 ملم، مما يضيف عليها خصوصية بيئية وهيدرولوجية فريدة [7]



الشكل رقم (1) مواقع التجارب الحقلية

تباينت الترب المدروسة في خصائصها الفيزيائية والكيميائية الجدول (1) حيث تميزت التربة الطينية بمحتوى جيد من المادة العضوية عند 2.2%، بينما أظهرت النتائج انخفاض محتوى التربة السلتية اللومية من المادة العضوية 0.7% نتيجة لغياب التسميد العضوي وزراعة المحاصيل المجهدة (القمح) دون تطبيق دورة زراعية

الجدول (1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة

التربة	% الرمل	% السلت	الطين %	% المادة العضوية	Ca ²⁺ الذائب م.م / لتر
طينية	38	14	48	2.2	13.5
رملية طينية	48	15	37	1.35	9.2

تأثير إضافة معدلات مختلفة من البولي أكريلاميد في الحد من فقد التربة باستخدام المطر المصطنع لترب مختلفة القوام

سلتية لومية	30	44	26	0.7	5.4
----------------	----	----	----	-----	-----

2-3 توصيف المواد المستخدمة

البوليمير: يعد (PAM) أحد مواد التغطية الفعالة لحفظ التربة، وهو ضمن البوليميرات ذات السلاسل الكربونية الحاوية على الازوت، ويعتبر آمن بيئياً وغير سام للمنظومة الحيوية في التربة والمياه الجوفية وفقاً للمواصفات والمعايير البيئية الصارمة المعمول بها في الاتحاد الأوروبي [8] كما يظهر في الجدول (2)

الطبيعة الفيزيائية	خطي ذائب بالماء
الشركة المصنعة	شركة SNF UK Ltd (انكلترا)
الوزن الجزيئي	مرتفع جداً 12 مليون غرام/ مول
كثافة الشحنة	30% (تضمن الذوبان)
درجة النقاء	المونومير الحر (< 0.05%)

الجدول (2) خصائص البولي أكريل أميد

3-3 تصميم التجربة والأحواض الحقلية

صُممت 36 وحدة تجريبية (أحواض) من الخشب المضغوط المكسو بمادة (PVC) بسمكة 8 مم، وبأبعاد (200 × 50 × 30) سم. غُرس الحوض في التربة بعمق 10 سم لمنع الجريان الجانبي،

وُجهز بميزابية مائلة لتجميع مياه الجريان السطحي، تمت إضافة البوليمير بالرش السطحي بعد إذابته في حجم ثابت من الماء المقطر لضمان التجانس تضمنت المعاملات أربعة مستويات من (PAM) (1.2، 2.5، 5) غ/م² موزعة على ثلاثة أنواع من التربة (طيني، رملي طيني، سلتني لومي) مع ثلاث مكررات لكل معاملة ضمت التجارب 36 وحدة تجريبية.

4-3 جهاز المطر المصطنع ومبدأ العمل

صُمم جهاز المطر المصطنع محلياً بناءً على المواصفات المرجعية [9] لضمان سهولة النقل وتوفير شدات مطرية متجانسة الشكل (2) يتكون الجهاز من خزان، مضخة أنبوب رئيسي فوهة مطرية طراز HH-SS50WSQ 1/2، هيكل حامل، ومولدة كهربائية ويتم التحكم بالشدة المطرية (المثبتة عند 60 مم/سا بتجانس 85%) عبر ضبط ضغط الماء الواصل للفوهة، ويتم التحقق من تجانس الهطل باستخدام أنابيب قياس موزعة بشكل شبكي داخل الحوض. يوضح الجدول (3) الخصائص الهيدروليكية للهطل المطبق.

الجدول (3) خصائص الهطل المطري

الشدّة المطرية مم /سا	الطاقة الحركية جول / م ² /مم	قطر القطرات مم
60 مم / سا	27.39	2.59

تأثير إضافة معدلات مختلفة من البولي أكريلاميد في الحد من فقد التربة باستخدام المطر المصطنع لترب مختلفة القوام



الشكل (2) جهاز المطر المصطنع

3-5 مراحل تنفيذ التجربة

نُفذت التجربة وفق مرحلتين زمنيتين:

المرحلة الأولى: تعريض التربة المعاملة وغير المعاملة لشدة مطرية (60) مم/سا على انحدار 8%

المرحلة الثانية: تكرار الهطل بنفس الشدة بعد 72 ساعة من العاصفة الأولى (مع الحفاظ على ظروف الجفاف الهوائي) لقياس مدى ثبات استجابة التربة للمعاملة.

3-6 التحاليل المخبرية والدراسة الإحصائية

التحليل المخبرية: أخذت العينات من الطبقة السطحية للتربة (0-30) سم من ثلاثة مواقع حقلية مختلفة من كل حوض شكلت بمجملها عينة مركبة، ونخلت بمنخل قطر فتحاته (2 مم) لإجراء التحليل المخبرية، وفق ما ورد [10] في مخابر كلية الهندسة الزراعة جامعة حمص - التحليل الميكانيكي بطريقة الهيدروميتر ثم تحديد القوام بمثلث القوام الأمريكي [11] - تقدير المادة العضوية بطريقة الهضم الرطب - تقدير الكالسيوم تم بالمعايرة بالفرسينات (N 0.01)

- التحليل الإحصائي: عولجت البيانات باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) لكل موقع على حدة، وفُورنت المتوسطات باستخدام اختبار دانكن (Duncan's Multiple Range Test) عند مستوى معنوية (P ≤ 0.05).

4-النتائج والمناقشة:

4-1 تأثير معاملات PAM في فقد التربة خلال العاصفة المطرية الأولى

4-1-1- التربة السلتية اللومية

أظهرت نتائج الجدول (4) أن معاملة (1.2) غ/م² PAM سجلت أفضل النتائج حيث انخفض فقد التربة بمقدار (21%) وبلغت كمية التربة المفقودة (670) غ/م² مقارنة مع الشاهد 850 غ/م² وهذا يتفق مع نتائج [12] الذي سجل انخفاض كمية التربة المفقودة حتى 38% عند استخدام معدلات إضافة منخفضة من PAM مقارنة مع الشاهد وكذلك نتائج [13] التي أظهرت أن استخدام معدلات منخفضة من البوليمر المشترك متعدد الأكريل أميد (PAM) يقلل من كمية التربة المفقودة بنسبة تراوحت بين 18.5% إلى 23% خلال العاصفة المطرية الأولى

لم تسجل فروق معنوية بين الشاهد (850) غ/م² ومعاملة إضافة البولي أكريل أميد (2.5) غ/م² التي سجلت (790) غ/م² حيث انخفض مقدار التربة المفقودة 7%، وهذه النتيجة متفقة مع ما توصل إليه [14] من ناحية أخرى سجلت معاملة إضافة البولي أكريل أميد (5) غ/م² قيمة أقل من التربة المفقودة

عند 750 غ/م² عن الشاهد. ولقد أثبتت دراسات [15] أن المعدلات العالية من الـ PAM تقلل من معدل الرش بنسبة تصل إلى 30% مع تسجيل انخفاض في كمية الرواسب المنقولة بالرغم من ازدياد كمية الماء المنسال. وهذا يرجع إلى اللزوجة العالية لسلاسل البوليمير الذي سببه التركيز المرتفع مما زاد من كمية الماء المنسال ولكنه قلل القدرة الجرفية لماء الانسيال، حيث سببت اللزوجة العالية تماسك لحبيبات التربة ضد قوى الفصل ويعرف بالتناقض الهيدروليكي للبوليمرات ذات التركيز المرتفع (Hydraulic Paradox of High-Rate PAM)

4-1-2- التربة الرملية الطينية

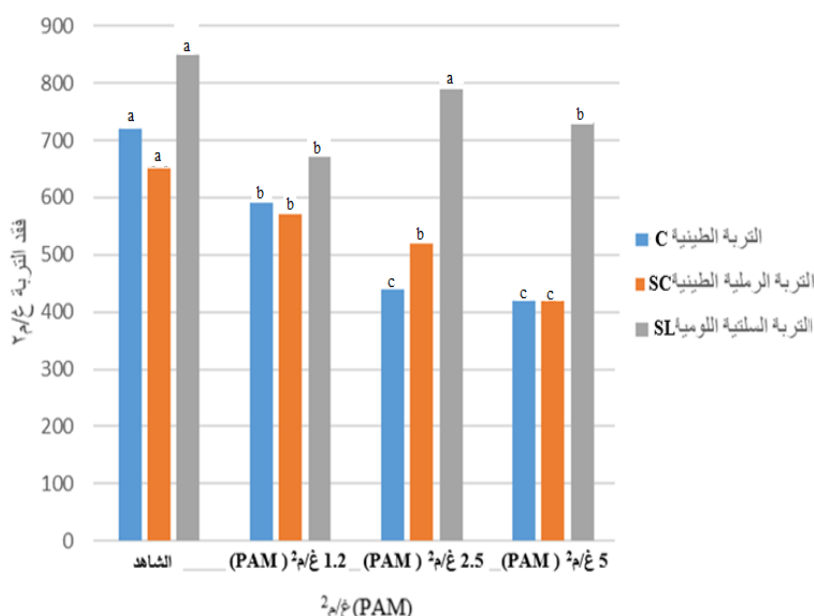
انخفضت كمية التربة المفقودة حتى (35%) في معاملة إضافة البولي أكريل أميد (5) غ/م² الجدول (4) والتي سجلت (420) غ/م² مقارنة مع (650) غ/م² للشاهد كما سجلت المعاملة (2.5) غ/م² PAM (520) غ/م² بانخفاض (20%) مقارنة بالشاهد كذلك سجلت المعاملة (1.2) غ/م² PAM 570 غ/م² بانخفاض 13% عن الشاهد الشكل (3).

وهذا موافق لما وجدته [5] لاحظ انخفاض كمية التربة المفقودة بنسب تتراوح بين (13% إلى 41%) مع الارتفاع التدريجي في معدلات الإضافة من البوليمير وربط هذا السلوك في التربة الرملية الطينية بطبيعة قوامها الخشن التي تحتاج إلى تراكيز أعلى من (5) غ/م² لتتمكن من ربط الحبيبات الرملية مع حبيبات الطين مكونة شبكة مجمعات ترابية ثابتة، من ناحية أخرى لا تكون التراكيز المنخفضة (1.2) غ/م² كافية لتغطية المساحة السطحية المعرضة لارتطام قطرات المطر.

4-1-3- التربة الطينية

بينت نتائج الجدول (4) وجود فروق معنوية للمعاملات المدروسة مقارنة مع الشاهد (720) غ/م² ويُعزى هذا السلوك بحسب [16] إلى الخصائص المميزة للتربة الطينية حيث تمتلك جزيئات الطين مساحة سطحية نوعية كبيرة وشحنات سالبة بكثافة عالية مما يتيح لمعدل (1.2) غ/م² PAM الارتباط السريع وتشكيل مجمعات ثابتة ومقاومة للماء. ومع زيادة التركيز إلى (2.5) غ/م² PAM تزداد فرصة تشابك السلاسل البوليميرية مع زيادة عدد المواقع الأيونية النشطة للطين عبر الجسور الكانيونية مما يعزز من استقرار البناء السطحي للتربة وحققت المعاملة (1.2) غ/م² PAM فقد للتربة عند (590) غ/م² بانخفاض قدره 18% عن الشاهد. كما تفوقت المعاملتين (2.5) غ/م² PAM و (5) غ/م²

PAM معنوياً على الشاهد حيث سجلنا (440) غ/م² و (420) غ/م² بانخفاض قدره (38% و 41%) على التوالي الشكل (3) وهذا موافق لما توصل اليه [17] الذين أكدوا أن الترب الطينية تظهر سلوكاً إحصائياً يُعرف بـ مستوى الثبات الاستقرائي (Effect Plateau) يتضح مع زيادة تركيز الـ PAM من مستويات متوسطة إلى مستويات عالية حيث لا تظهر نتائجها أي دلالة إحصائية في زيادة كفاءة خفض معدل فقد التربة.



الشكل (3) تأثير المعاملات من PAM في كمية التربة المفقودة /العاصفة المطرية الأولى/

تأثير إضافة معدلات مختلفة من البولي أكريلاميد في الحد من فقد التربة باستخدام المطر المصطنع لترىب مختلفة القوام

الجدول (4) تأثير المعاملات في كمية التربة المفقودة غ/م²

التربة	الشاهد	1.2 غ/م ² PAM	2.5 غ/م ² PAM	5 غ/م ² PAM
الطينية	24.5±720 ^a	19.8±590 ^b	16.2±440 ^c	15.5±420 ^c
الرمليّة الطينية	22.5±650 ^a	18.5±570 ^b	17.6±520 ^b	15.2±395 ^c
السلتية اللومية	28.5±850 ^a	22.1±670 ^b	26.4±790 ^a	24.0±730 ^b

* المتوسطات التي تحمل أحرافاً مختلفة داخل نفس الصف تختلف فيما بينها معنوياً عند مستوى احتمال ($P \leq 0.05$)

حسب اختبار دانكان متعدد المدى. والقيم بعد علامة ($\pm$) تمثل الخطأ القياسي للمتوسط (SE)

2-4- تأثير معاملات PAM في معدلات فقد التربة خلال العاصفة المطرية الثانية

1-2-4- التربة السلتية اللومية

يلاحظ من الجدول (5) أن معاملة الشاهد سجلت فقداً للتربة عند 700 غ/م² حيث انخفضت كمية التربة المفقودة لمعاملة الشاهد عن العاصفة المطرية الأولى، وهذا يتفق مع [18] الذين اختبروا تعريض التربة السلتية اللومية لعواصف مطرية متتالية وسجل انخفاض فقد التربة 16.2% عن العاصفة المطرية الأولى، وفسروا ذلك بأن العناصر الأكثر قابلية للانفصال قد فقدت مع ماء الانسيال في العاصفة المطرية الأولى وبقيت العناصر الأكثر مقاومة للانجراف كما أن الترطيب والتجفيف يسبب مقاومة أعلى لسطح التربة لعمليات الفصل والنقل.

كما انخفضت كمية التربة المفقودة لدى [19] في بعض المعاملات حتى 61% مع الحوادث المطرية وفسر ذلك بتشكيل قشرة سطحية صلبة، تشكل ما يمثل حاجز حماية فيزيائية تخفف تأثير اصطدام قطرات المطر، كما قللت انفصال جزيئات التربة وانتقالها مع حركة ماء الانسيال في المسكبة. وتتطابق

هذه النتيجة مع ما توصل إليه [20] إذ أدى تفتيت القشرة السطحية المتشكلة بفعل المطر الاصطناعي إلى تضاعف كمية الرواسب بأكثر من 19.28 ضعفاً مقارنة بحالة القشرة السليمة. ويعود هذا الارتفاع الحاد إلى أن أي تفكيك ميكانيكي لبنية القشرة يسهم في تحرير حبيبات السلت التي تفتقر بطبيعتها إلى الترابط، مما يتسبب في مضاعفة معدلات الانجراف. سجلت المعاملة (1.2) غ/م² PAM فقد للتربة عند 620 غ/م² بينما سجلت المعاملتان (2.5) غ/م² PAM و (5) غ/م² PAM فقد للتربة عند 600 غ/م² و 680 غ/م² على التوالي الشكل (4)، مع تسجيل اختلاف كبير، مقارنة مع 790 غ/م² للعاصفة المطرية الأولى للمعاملة (2.5) غ/م² PAM و 750 غ/م² ويعود هذا التحسن لزيادة قدرة المجموعات الوظيفية لسلاسل البوليمير في تشكيل بناء أكثر تماسكاً واستقراراً مع ازدياد ذوبانية PAM

وهذا يتفق مع [21] الذين لاحظوا ازدياد فعالية البولي اكريل اميد مع توفر الكمية الكافية من الهطل المطري مما يزيد من ذوبانيته وقدرته على ربط الحبيبات الترابية حيث تلعب مرحلة التجفيف دوراً إيجابياً فالبوليمير يستطيع الادمصاص بشكل مباشر على السطوح الغروية الموجبة مثل هيدروكسيدات الحديد والالمنيوم وفي مرحلة التجفيف، يتبخر الماء الموجود بين الجزيئات العضوية والسطوح المعدنية، مما يزيد من قوى الالتصاق والتماسك. سجلت المعاملة (5) غ/م² PAM فقد للتربة عند 680 غ/م² مقارنة مع 750 غ/م² للعاصفة المطرية الأولى للمعاملة ذاتها وأيضاً تتوافق النتائج مع المنحنى البياني لدراسة [22] الذين أكدوا أن التراكيز المرتفعة تعزز من الحماية الفيزيائية لسطح التربة ويزداد ثباتاً في الهطولات المتعاقبة بفضل لزوجة البوليميرات

تأثير إضافة معدلات مختلفة من البولوي أكريلاميد في الحد من فقد التربة باستخدام المطر المصطنع لترىب مختلفة القوام

الجدول (5) تأثير المعاملات في كمية التربة المفقودة غ/م² في العاصفة المطرية الثانية

التربة	الشاهد	1.2 غ/م ² PAM	2.5 غ/م ² PAM	5 غ/م ² PAM
الطينية	22.5±657 ^a	25.2±715 ^a	14.8±390 ^b	14.2±380 ^b
الرملية الطينية	26.0±725 ^a	21.5±630 ^b	18.2±495 ^c	15.5±410 ^d
السلتية اللومية	24.2±700 ^a	21.0 ^c ±620 ^{bc}	19.5±600 ^b	23.8±680 ^a

المتوسطات التي تحمل أحرفاً مختلفة داخل نفس الصف تختلف فيما بينها معنوياً عند مستوى احتمال ($P \leq 0.05$) حسب اختبار دانكان متعدد المدى. والقيم بعد علامة ($\pm$) تمثل الخطأ القياسي للمتوسط (SE)

4-2-2- التربة الطينية

سجلت معاملة الشاهد الموضحة بالجدول (5) فقد للتربة عند (657) غ/م² للعاصفة المطرية الثانية بانخفاض قدره (7%) عن العاصفة المطرية الأولى وهذا يتفق مع نتائج [23] حيث ذكر بأن أثر دورات الترطيب والتجفيف للتربة ناعمة القوام ذات البناء الثابت يظهر بعد تكرار طويل للدورات، حيث سجل انخفاض فقد التربة ب 20% بعد 6 دورات متناوبة لعملية الترطيب والتجفيف نتيجة تفكك المجمعات الترابية القليلة الثبات بفعل التمدد والتقلص. إن خصائص هذه التربة ومحتواها المرتفع من المادة العضوية والطين يجعل المجمعات المتشكلة أقل تأثراً بتتالي عمليات الترطيب والتجفيف الذي يؤدي لتفكك المجمعات الترابية الغير مستقرة وذكر [23] أن فقد التربة يبقى متقارباً، عند تطبيق عدد قليل من دورات الترطيب والتجفيف (حتى 3 دورات)

تفوقت المعاملتان (2.5) $\text{PAM}^2/\text{غ}$ و (5) $\text{PAM}^2/\text{غ}$ معنويًا على الشاهد والمعاملة (1.2) $\text{غ}/\text{م}^2$ PAM وسجلتا فقد للتربة عند 390 $\text{غ}/\text{م}^2$ و 380 $\text{غ}/\text{م}^2$ على التوالي الشكل (4) وبنسبة انخفاض في فقد التربة للمعاملتين عن العاصفة المطرية الأولى (11%، 9%) على التوالي وبانخفاض في فقد التربة مقارنة مع الشاهد حتى 42% للمعاملة (5) $\text{PAM}^2/\text{غ}$

وذلك موافق لما وجدته [8] بأن PAM يحافظ على خشونة سطح التربة (Soil Surface Roughness) خلال العاصفة المطرية حيث سجل انخفاض في كمية التربة المفقودة حتى 50%، لم تظهر فروق معنوية بين المعاملة (1.2) $\text{غ}/\text{م}^2$ PAM والشاهد وكانت كمية التربة المنجرفة، عند (715) $\text{غ}/\text{م}^2$ وسجلنا انخفاض هام في محافظة المعاملة (1.2) $\text{غ}/\text{م}^2$ PAM على مقاومة التربة للنقل بماء الانسيال خلال العاصفة المطرية الثانية حتى (13%) مقارنة مع العاصفة المطرية الأولى

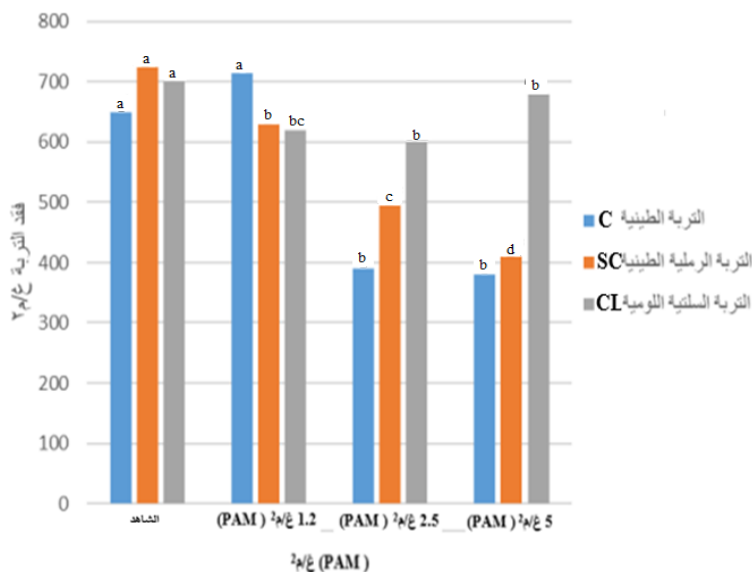
إن غياب الفروق المعنوية بين المعاملة (1.2) $\text{غ}/\text{م}^2$ PAM والشاهد في العاصفة الثانية يرجع إلى أن ظاهرة تقشر السطح في معاملة الشاهد أنتجت حماية ذاتية (Self-Protection Capacity) خفضت الفقد مما جعل كفاءة الحماية الميكانيكية لمعدل الإضافة المنخفض من البوليمر والشاهد يسببان قيم فقد متقاربة إحصائياً في العاصفة المطرية الثانية وهذا ما أكدته [24] في دراستهم لأثر التتابع المطري على الترب الطينية

4-2-3- التربة الرملية الطينية

سجلت معاملة الشاهد كما تبين النتائج في الجدول (5) فقد للتربة عند (725) $\text{غ}/\text{م}^2$ للعاصفة المطرية الثانية بارتفاع قدره 12% عن العاصفة المطرية الأولى وهذا مشابه لنتائج [25] حيث سجل زيادة في كمية التربة المفقودة بتناوب عمليتي الترتيب والتجفيف حتى 25% عن العاصفة المطرية الأولى، وفسر [2] تأثير دورات الترتيب والتجفيف بما يسببه الترتيب السريع للتربة الجافة من ضغط للهواء المحصور، ويتأثر حركة جزيئات الماء يحدث تطور غير منتظم للتشققات مما يسبب تفكك المجمعات الترابية ويزداد سمك طبقة الانتشار الأيونية حول الجزيئات الترابية وتصبح قوى الشد والقوة الطاردة داخل المجمعات الترابية في حالة عدم توازن بالإضافة إلى ذلك، ينتج عن التفاعل بين الجهد المائي وجزيئات التربة إجهاداً مؤثر يزداد بازدياد عدد دورات الترتيب والتجفيف مما يسبب تفكك المجمعات الترابية مما يؤدي لتبعثر وتفرق العناصر الناعمة كما تزداد حساسية التربة للنقل، ولكنه ذكر بأن منحى

كمية التربة المفقودة يأخذ مسارا أقل شدة مع ازدياد دورات الترطيب والتجفيف تفوقت جميع المعاملات على الشاهد

سجلت المعاملة (5) $\text{PAM}^2/\text{م}^2$ أفضل النتائج (410) $\text{غ}^2/\text{م}^2$ بانخفاض في كمية التربة المفقودة مقارنة مع الشاهد حتى 44% الشكل (4) ولم نلاحظ تغير في محافظة المعاملة (5) $\text{PAM}^2/\text{م}^2$ على استقرار البناء وثباته بين العاصفتين المطريتين سجلت المعاملتان (1.2) $\text{PAM}^2/\text{م}^2$ و (2.5) $\text{PAM}^2/\text{م}^2$ فقد للتربة عند 630 $\text{غ}^2/\text{م}^2$ و 380 $\text{غ}^2/\text{م}^2$ على التوالي ونسبة انخفاض في فقد التربة للمعاملتين عن العاصفة المطرية الأولى (10%، 5%) على التوالي. تتوافق هذه النتائج مع نتائج عدد من الباحثين، بأن تناوب الترطيب والتجفيف يزيد التماس ويقلل المسافة بين سلاسل البولي أكريلاميد حبيبات التربة مما يزيد من نسبة المجمعات الترابية المقاومة للتفكك والنقل بطاقة ماء الانسيال السطحي ومنهم [26] حيث أثبتوا أن تناوب عمليتي الترطيب والتجفيف (Wetting-Drying Cycles) يلعب دوراً في تقليص المسافات البينية (Intermolecular Distance) بين سلاسل البولي أكريلاميد (PAM) وحبيبات التربة السطحية. وأن دورة التجفيف تؤدي إلى انكماش السلاسل الهيدروليكية للبوليمر مما يدفعها للادمصاص الشديد (Irreversible Adsorption) على السطوح الغروية للحبيبات، مما رفع من نسبة المجمعات الترابية المستقرة والمقاومة للماء ((Water-Stable Aggregates حتى (30%) مقارنة بدورة الترطيب الأولى



5- الاستنتاجات: بعد تحليل النتائج توصلنا إلى ما يلي

- 1- ارتبطت فعالية PAM في خفض معدلات فقد التربة، بقوام التربة المدروسة
- 2- حقق معدل الإضافة 12 غ/م² من البولي اكريل أفضل النتائج في تخفيض فقد التربة بنسبة (21) % مقارنة مع الشاهد الترب السلتنية اللومية كان معدل الإضافة 25 غ/م² هو الأنسب للترب الطينية والرملية الطينية عند الاخذ بعين الاعتبار تكلفة مواد الرش.
- 3- تؤثر اللزوجة العالية لسلاسل البوليمير عند استخدام التراكيز المرتفعة، في تقليل للقدرة الجرفية لماء الانسيال، حيث تزيد اللزوجة العالية من تماسك حبيبات التربة ضد قوى الفصل، ولكنها تنكدس في المسام الكبيرة مخفضة من معدل الرش.
- 4- ارتفاع فعالية التراكيز المرتفعة خاصة 5 غ/م² في خفض معدلات فقد التربة خلال العاصفة المطرية الثانية (60) مم/سا .

6- المقترحات

- 1 - نوصي بتبني معدل رش منخفض لا يتجاوز 1.2 غ/م² عند التعامل مع الترب اللومية السلتنية لحمايتها من الانجراف بأقل تكلفة اقتصادية، بينما يفضل رفع المعدل إلى 2.5 غ/م² في الترب الطينية والرملية الطينية
- 2- نقترح إجراء بحوث مستقبلية لدراسة دمج البولي أكريل اميد (PAM) مع محسنات أخرى مثل الجبس لتقييم مدى قدرتها على الحد من مشكلة انسداد المسام الكبيرة وتحسين معدلات الرش تحت التراكيز المرتفعة.

7- المراجع العلمية

- 1- Serio, M. A., Carollo, F. G., & Ferro, V. (2019). A method for evaluating rainfall kinetic power by a laser-optical disdrometer. *Journal of Hydrology*, 579, Article 124174. <https://doi.org>
- 2- Zhang, J., Shen, R., & Wang, L. (2023). Estimating sheet erosion on purple soil hillslope treated with polyacrylamide (PAM) in the Three Gorges Reservoir area. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 49, Article 101490. <https://doi.org>
- 3- Chen, Y., Zhang, F., & Wang, J. (2016). Effects of polyacrylamide on soil erosion and nutrient losses from substrate material in steep rocky slope stabilization projects. *Science of The Total Environment*, 554–555, 26–33. <https://doi.org>
- 4- Nishimura, T., Yohanness, S., & Yamamoto, S. (2025). Effect of gypsum and polyacrylamide application on infiltration and erodibility of an acid Japanese soil. *Soil Science and Plant Nutrition*, 51(3), 395–401. <https://doi.org>
- 5- Kebede, G., Lovita, A., & Friska, M. (2022). Effect of polyacrylamide integrated with other soil amendments on runoff and soil loss under simulated rainfall. *International Journal of Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 425–434. <https://doi.org>
- 6- Wang, J., Watts, D. B., Meng, Q., Ma, F., Zhang, Q., Zhang, P., & Way, T. R. (2022). Influence of soil wetting and drying cycles on soil detachment. *AgriEngineering*, 4(2), 533–543. <https://doi.org/10.3390/agriengineering4020036>
- 7- Auda, M., & Szilvacsku, Z. (2024). Adapting to uncertainty: Agricultural practices and policies in the Al-Ghab Plain, Syria. *4D Journal of Landscape Architecture and Garden Art*, (74), 54–63. <https://doi.org>
- 8- Zhao, Y., Zhang, L., & Liu, X. (2026). Influence of high molecular weight anionic polyacrylamide on structural aggregation and surface

- kinetics of particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 704(2), 135–148. <https://doi.org>
- 9- Hudson, N. (1971). *Soil conservation*. Cornell University.
- 10- الصديق، عبد الله. (2011). كيمياء التربة وتحليلها المخبري. منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة الزراعية
- 11- الجردى، أحمد. (1992). فيزياء الأراضي - الجزء العملي. منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة الزراعية
- 12- Parhizkar, M., Sadeghi, S. H., & Jafarpour, A. (2023). Short-term effects of polyacrylamide application on soil hydrology and rill erosion processes under simulated rainfall. *Soil and Tillage Research*, 229, Article 105650. <https://doi.org>.
- 13- Lee, S. S., Kim, Y., & Owens, P. R. (2021). The effect of low-rate polyacrylamide (PAM) applications on infiltration, runoff and soil losses under simulated rainfall conditions. *International Journal of Sediment Research*, 36(4), 512–522. <https://doi.org>.
- 14- Lu, J., Wu, L., & Newman, J. (2002). Effects of polyacrylamide application on soil erosion and nutrient losses under simulated rainfall. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(4), 220–226.
- 15- Inwood, S. E., Faucette, L. B., & Jennings, J. A. (2012). Effectiveness of polyacrylamide (PAM) in improving runoff water quality: High-rate versus low-rate applications under simulated rainfall conditions. *Journal of Environmental Quality*, 41(6), 1845–1853. <https://doi.org>
- 16- Mamedov, A. I., Tsunekawa, A., & Levy, G. J. (2021). Polyacrylamide (PAM) effects on infiltration, runoff, and soil loss in clayey soils: Dose-response relationships under simulated rainfall. *Soil Research*, 59(4), 385–395. <https://doi.org>
- 17- Mamedov, A. I., Levy, G. J., & Tsunekawa, A. (2022). Dose-response relationships of polyacrylamide application on structural stability, infiltration, and erosion of clayey soils under simulated rain. *Soil Security*, 6, Article 100032. <https://doi.org>
- 18- Abrol, V., Ben-Hur, M., Verheijen, F. G., Keizer, J. J., & Mamedov, A. I. (2020). Effectiveness of polyacrylamide in reducing runoff and soil loss under consecutive rainstorms separated by drying periods. *Sustainability*, 12(4), Article 1597. <https://doi.org>.

- 19- Liu, Y., & Jiang, R. (2022). Response of sheet erosion to the characteristics of physical soil crusts and sediment transport under consecutive simulated rainfall events. *Frontiers in Environmental Science*, 10, Article 905045. <https://doi.org>.
- 20- Ma, X., Li, Y., & Zhang, J. (2022). Quantitative assessment of physical soil crust integrity and sediment yield dynamics under simulated rainfall events. *Catena*, 211, Article 105991. <https://doi.org>.
- 21- Roshidi, S., Husen, A., & Ismail, M. A. (2018). Adsorption mechanisms and performance of anionic polyacrylamide on silty loam soil stability under consecutive rainfall simulator events. *International Journal of Environmental Research*, 12(3), 341–351. <https://doi.org>.
- 22- Yang, Y., Jiang, J., & Wang, L. (2026). Effect of polyacrylamide concentration on runoff redistribution and sediment transport characteristics under consecutive simulated rainfall events. *Scientific Reports*, 16(1), Article 4480. <https://doi.org>.
- 23- Smith, J. A., Wells, R. R., & Rigby, J. R. (2022). Influence of soil wetting and drying cycles on soil detachment and aggregate stability. *AgriEngineering*, 4(2), 533–543. <https://doi.org/10.3390/agriengineering4020036>.
- 24- Cui, L., Zhang, T., & Liu, X. (2025). Micro-mechanisms of physical soil crusting and its contribution to erosion mitigation under consecutive simulated rainstorms. *Geoderma*, 452, Article 116840. <https://doi.org>.
- 25- Zhang, Q., Liu, X., & Peth, S. (2020). Effects of consecutive wetting and drying cycles on aggregate stability and soil detachment capacity of texturally differentiated soils under simulated rainfall. *Catena*, 194, Article 104724. <https://doi.org>.
- 26- Li, X., Wang, Z., & Zhang, Y. (2025). Mechanisms of polyacrylamide conformational changes during drying-wetting cycles and their effects on soil aggregate stability and sediment transport resistance. *International Soil and Water Conservation Research*, 13(2), 245–255. <https://doi.org>