تقييم كفاءة السيح السطحي بإستخدام بعض المعاملات الفيزيوكيميائية في نظم المستجمعات الصغيرة لحصاد المياه

مثنى طارق خليل [1] خالد فالح حسن [2]

muthannakhalil1970@gmail.com

1 – قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل

2 – قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل

- تاريخ استلام البحث 12 / 10 / 2021 وتاريخ قبوله 21/ 10 / 2021
- بحث مستل من أطروحة الدكتوراه للباحث الأول .

الخلاصة

في هذه الدراسة تم تطبيق بعض المعاملات الكيميائية والفيزيائية والتي تضمنت (إضافة بوليمر السيليكون وملح الطعام وطين البنتونايت فضلاً عن رص التربة ومعاملة المقارنة) على أحواض الدراسة ذات االأبعاد (1 x 2) متر وطبقت عند مستوى الميل 0.06 وصممت لها فتحة المصب Outlet عند اسفل الميل وخزان معدني خصص لجمع ماء السيح السطحي إذ تم تعريض أحواض الدراسة للتساقط الطبيعي للموسم المطري (2019 – 2020) . أظهرت نتائج تحليل التباين الإحصائي وتحليل علاقة الانحدار الخطي البسيط (قيمة عامل كفاءة السيح b وحد العتبة a/b) تفوق معاملة اضافة بوليمر السيليكون ومن ثم (ملح الطعام ورص التربة واضافة طين البنتونايت) على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة . أما تحليل الكلفة والأداء فقد أظهر أن معاملة رص التربة هي المعاملة المثلى لإنجاز تصاميم نظم حصاد مياه الأمطار وأن معاملة اضافة ملح الطعام أدت إلى ظهور مشكلة ملوحة التربة رغم تأثيرها المعنوي بزيادة معدل حجم السيح السطحي .

الكلمات المفتاحية : نظم حصاد مياه الأمطار ، كفاءة السيح السطحي

Evaluation of surface runoff efficiency by using some physicochemical treatments in micro-catchment systems for water harvesting

Muthanna Tariq Khalil [1] Khalid Falih Hassan [2]

1 - Soil Science and Water Resources / College of Agriculture and Forestry / University of Mosul , muthannakhalil1970@gmail.com

2 - Soil Science and Water Resources / College of Agriculture and Forestry / University of Mosul.

- **Date of research received 12 / 10 /2021 and accepted 21/10/2021.**
- **Part of PhD dissertation for the first author.**

ABSTRACT

In this study , some chemical and physical treatments (silicone polymer , table salt , soil compaction , bentonite, control) were applied to a basin of dimensions (2 x 1) m at a slope level of 0.06 . The outlet opening was designed for it at the bottom of the slope, and a metal tank was designed to collect surface runoff, as the study plots were exposed to the natural precipitation of the rainy season (2019 - 2020) . The results of the analysis of statistical variance and analysis of the simple linear regression relationship (the value of the efficiency factor b and the threshold a/b) showed the superiority of the treatment of adding silicon polymer and then (table salt , soil compaction and adding bentonite clay) respectively compared to the control treatment. As for the cost-performance analysis, it was shown that soil compaction is the optimal treatment for completing designs of rainwater harvesting systems and that the treatment of adding table salt led to the emergence of the problem of soil salinity despite its significant effect by increasing the mean of surface runoff.

Key words : Rainwater harvesting systems , Runoff efficiency

المقدمة

عرّف الباحثون تقنية الحصاد المائي عدة تعاريف ولكنها في العموم ذات مضمون واحد ، فقد اوضح Frasier (1990) أن نظام حصاد المياه يشير الى أية عملية جيومورفولوجية Geomorphological Processes أو كيميائية أو فيزيائية تنفذ على سطح الأرض من أجل جمع مياه السيح السطحي وتحويلها وتخزينها في مساحات معاملة أو غير معاملة لغرض استخدامها عند الحاجة . وطبقاً لذلك فقد عرف الباحثان Uson و Ramos (2001) مفهوم حصاد مياه الامطار بصورة مقاربة إذ أوضحوا أنه أية عملية جيومورفولوجية أو فيزيائية أو كيميائية تنفذ على سطح المستجمع المائي وذلك لغرض تقليل معدل مغاض التربة للماء Infiltration rate وزيادة حجم مياه السيح السطحي وتحويلها وتخزينها في مساحات معاملة او غير معاملة . لذلك فقد حاولت الدراسات اللاحقة استخدام هذا التعريف في العديد من العمليات والممارسات الحقلية لتحديد المعاملة الافضل منها (جيومورفولجية أو فيزيائية أو كيميائية) والتي يمكن أن تكون أكثر فعالية في هذا النظام . وكل هذه التطبيقات جاءت لتحسين كفاءة السيح السطحي وذلك لأن المعدل السنوي لسقوط الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة Arid and semi-arid regions غالباً مايكون منخفضا مقارنة بمفقودات التبخر- نتح Evapotranspiration ، فضلاً عن التوزيع السنوي للأمطار الذي يكون غير منتظم (متذبذب Fluctuation) مما ينتج عنه فترات جفاف Drought متكررة تؤدي بدورها إلى حدوث عجز مائي Water deficit يؤثر فيما بعد في المحصول النامي مؤديا إما إلى فشله أو إنخفاض إنتاجيته (Oweis وآخرون ، 2012) .

أشار Richardson وآخرون (2004) إلى أن نوع المعاملات (المواد المضافة) التي يعامل بها سطح المستجمع المائي (لغرض تحسين كفاءة نظام حصاد مياه الامطار) يجب أن تتوافر فيها بعض الشروط ومنها أن تكون هذه المواد غير سامة وأن تكون متوفرة في الأسواق المحلية وغير مكلفة اقتصاديا فضلاً عن مقاومتها العالية للتلف بسبب الظروف البيئية (أي عدم حدوث تحولات كيميائية أو فيزيائية تضر في التربة) وأيضا يجب أن تكون مقاومة للتغيرات المناخية (بعد اضافتها الى سطح الارض) بحيث تبقى فعالة في التربة لأطول مدة زمنية ممكنة .

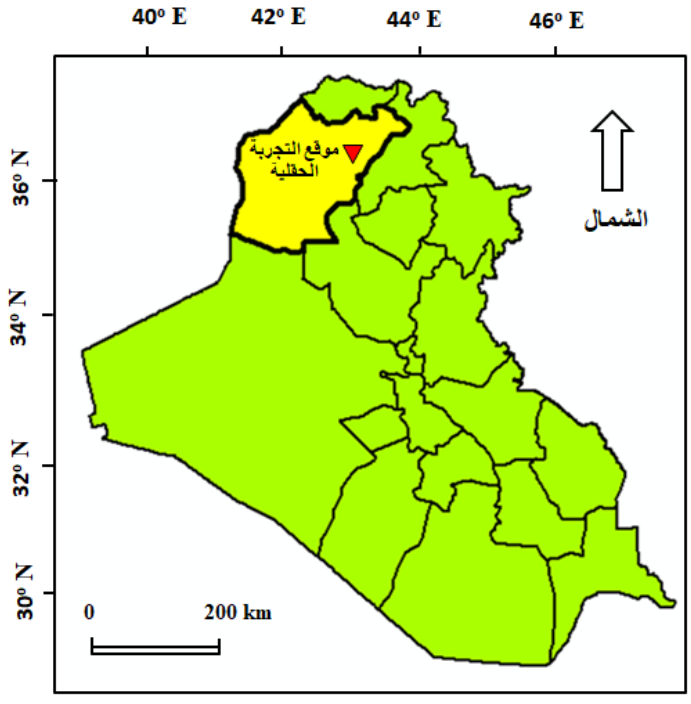
لقد بين الباحث Richardson وآخرون (2004) و Rami (2003) و Ashwani و Singh (2010) الى ان أغلب المواد الشائعة الإستخدام لهذا الغرض هي : الأسفلت Asphalt والسيليكون Silicone وزيت الوقود Fuel oil

والبولي أثيلين Polyethylene وبيوتالين المطاط Rubber Butalyne وشمع البارافين Paraffine Wax وملح الطعام NaCl والبنتونايت Bentonite والرماد Ash وغيرها من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية الأخرى فضلاً عن المعاملات الفيزيائية مثل الرص Compaction وتسوية سطح التربة .

ونظراً إلى أن أهم المعوقات التي تصاحب إنشاء نظم الحصاد المائي على مستوى المزرعة هو الهدر الذي يحصل في الأراضي الزراعية والتي تمثل المساحة المستخدمة من الارض كمستجمع مطري ، **لذلك أستهدفت هذه الدراسة تطبيق بعض المعاملات لرفع كفاءة التصميم لنظم الحصاد المائي عن طريق خفض مساحة المستجمع المائي والذي يتم من خلال خفض معدل غيض التربة للماء مما يؤدي إلى زيادة عامل السيح السطحي لتربة منطقة المستجمع المائي .**

المواد وطرائق العمل

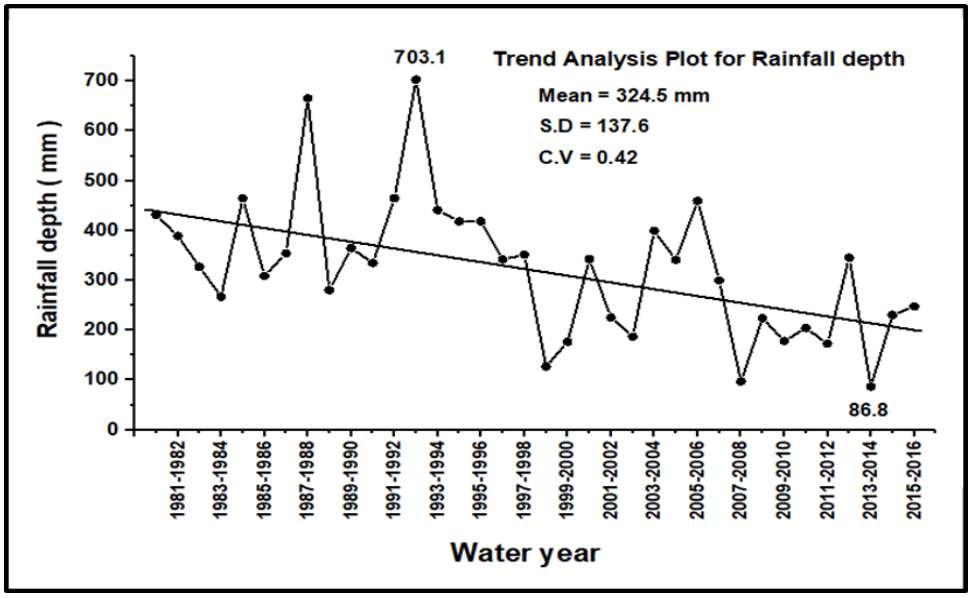
موقع الدراسة Study location : أجريت التجربة الحقلية تحت الظروف المناخية لمدينة الموصل في منطقة المزارع شكل (1) الواقعة جنوب شرقي مدينة الموصل على خط طول ″1.52 ′10 °43 شرقاً ودائرة العرض ′19 °36 ″52.55 شمالاً وبإرتفاع (222.6) متراً عن مستوى سطح البحر ، وطبقا لتصنيف Blair (1942) المناخي فإن المنطقة المدروسة تقع ضمن الحزام المناخي شبه الجاف Semi-arid zone ، إذ تراوح معدل الأمطار فيها بين (86.8 – 703.1ملم) وبمعدل (324.5 ملم) وإنحراف قياسي (137.6 ملم) وبمعامل إختلاف C.V (42.4 %) للمدة من السنة المائية (1980 - 1981) الى السنة المائية (2015 - 2016) وحسب محطة الأنواء الجوية التابعة لمدينة الموصل ، والشكل (2) يوضح سلسلة البيانات المطرية لمنطقة الدراسة .



الشكل (1) موقع التجربة الحقلية في محافظة نينوى / الموصل

تربة الدراسة Soil study : تتميز تربة منطقة الدراسة بنسجتها المزيجية Loam التي تمتلك جهد سيح ومعدل مغاض متوسطين ، وتصنف هذه التربة وفق نظام التصنيف الاميركي الحديث Soil Taxonomy USDA ضمن رتبة

Entisol والمجموعة العظمى Torrifluvent ، (Soil Survey Staff ، 2014) . والجداول (1 و 2 و 3) توضح أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة .



الشكل (2) توزيع الأمطار الموسمي وتحليل خط الإتجاه العام لها لسلسلة البيانات للسنوات المائية (من 1980 لغاية 2016) / المصدر : عمل الباحث

الجدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية لتربة الدراسة

الايصالية المائية المشبعة K	المسامية بعد الدك f	المسامية قبل الدك f	الكثافة الحقيقية ρ_s	الكثافة الظاهرية بحالة الدك ρ_{bc}	الكثافة الظاهرية ρ_b	النسجة Texture	الرمل Sand	الغرين Silt	الطين Clay
$Cm.hr^{-1}$	%		$Mg\ .\ m^{-3}$			---	$g\ .\ kg^{-1}$		
0.73	44.74	48.87	2.66	1.47	1.36	Loam	500	290	210

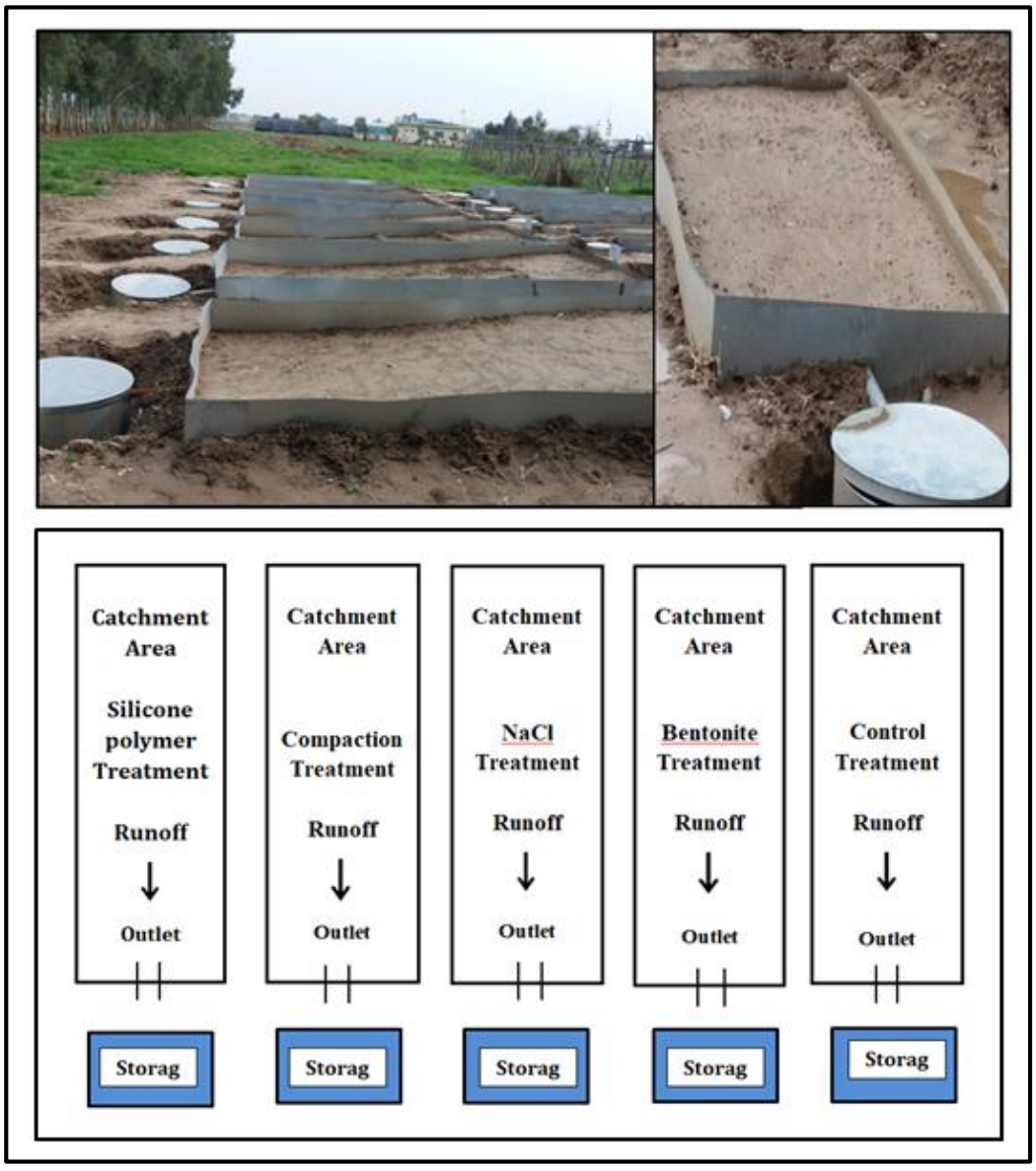
الجدول (2) : الإيصالية المائية المشبعة لتربة المزارع (سم . ساعة $^{-1}$) لمعاملات الدراسة

التربة فقط	التربة + ملح الطعام	التربة + بينتونايت	التربة + الرص	التربة + السيليكون
0.73	0.173	0.377	0.184	0.094

الجدول (3) بعض الخصائص الكيميائية لتربة الدراسة

درجة تفاعل التربة pH 1:1	الايصالية الكهربائية Ec 1:1	الإيصالية الكهربائية Ec عند بداية ونهاية الموسم المطري لمعاملة اضافة NaCl , 1:1		كاربونات الكالسيوم $CaCo_3$	المادة العضوية OM
--	$dS\ .\ m^{-1}$			$g\ .\ kg^{-1}$	
7.63	0.916	28	18.9	238.6	17.4

التجربة الحقلية : تم تنفيذ التجربة الحقلية في الموسم المطري (2019 – 2020) وبإستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكامل RCBD التي تضمنت تطبيق عدة معاملات منها الفيزيائية ومنها الكيميائية على تربة احواض الدراسة وذلك لتقليل نفاذيتها ورفع قيمة معامل السيح السطحي لها وبالتالي زيادة كفاءة نظام حصاد مياه الأمطار ، إذ تم الإستعانة بحوض مصمم من الالواح المعدنية بالأبعاد (1 x 2 متر) مطبق عليه الميل 6 % مع وضع فتحة المصب Outlet عند اسفل الميل وذلك لجمع ماء السيح السطحي في خزان صمم لهذا الغرض ، إذ تم تطبيق خمسة معاملات مختلفة وكما موضحة أدناه على تربة منطقة المستجمع المطري Catchment area وبواقع مكررين لكل معاملة وبذلك يكون العدد الكلي عشرة وحدات تجريبية ، إذ تم تعريض التجربة للتساقط المطري الطبيعي لأحد عشر عاصفة مطرية خلال الموسم المذكور أعلاه . والشكل (3) يوضح مخطط ومنظر عام للتجربة الحقلية .



الشكل (3) : مخطط ومنظر عام للتجربة الحقلية

1 . رص التربة Soil compaction : تمت عملية الرص يدوياً بأستخدام كتلة مقدارها (35 كغم) عند حدود الرطوبة المثلى Optimal moisture content التي تم تقديرها مختبرياً والتي بلغت (16.3 %) و تم الحصول عندها على أعلى كثافة ظاهرية للتربة إذ بلغت (1.75 غم / سم^3) .

2 . ملح الطعام NaCl : تم رشه على مساحة اللوح بواقع (1000 غم / 1 م^2) بعد اذابته في الماء بتركيز (1000 غم / 2 لتر ماء) لضمان تجانس الإضافة .

3 . البنتونايت Bentonite : اضيف بمقدار (1000 غم / 1 م^2) بشكل طبقة سطحية وتم دفنها بطبقة قليلة السمك من التربة لضمان عدم تغير توزيعه المكاني ضمن مساحة الحوض أو انجرافه بتأثير المطر والسيح السطحي خلال الموسم المطري .

4 . بوليمر السيليكون نوع DY-ET 113 : وهو بوليمر محب للماء Hydrophilic ويصطلح عليه Polyether modified polysiloxane waterproof agent من إنتاج الشركة الصينية Shandong Dayi Chemical Co. Ltd , أضيف بطريقة الرش بمقدار (1000 سم^3 / 1 م^2) بعد خلطه بالماء بنسبة (1 سيليكون : 5 ماء) .

5 . معاملة المقارنة Control : بدون إضافة أية مادة (التربة فقط) .

إذ تم تقدير حجم ماء السيح السطحي المتجمع في الخزانات بعد كل عاصفة مطرية ولكل وحدة تجريبية (لجميع المعاملات) بإستخدام إسطوانة حجمية سعة (1 لتر) .

التحليل الإحصائي Statistical analysis : وبعد جمع البيانات أعلاه تم إيجاد الفروق المعنوية بين المعاملات بإستخدام اختبار دنكن المتعدد المدى Duncan Multiple Range Test ضمن الحزمة الاحصائية لبرنامج SAS ، كما تم التنبؤ Predict بعامل كفاءة السيح السطحي Runoff efficiency من خلال تحليل البيانات احصائياً بإستخدام معادلات الانحدار الخطية Simple linear regression equation وايجاد معامل التحديد Coefficient of Determination R^2 لها ، إذ تم ربط العلاقة بين العمق المطري وعمق السيح السطحي للعواصف المطرية المدروسة وذلك وفق الصيغة الرياضية (1) الآتية :

$$y = a \pm b X \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

حيث أن :

y = عمق السيح السطحي Runoff depth, mm ، a = القاطع Intercept (قيمة y عندما x = صفر)

b = ميل خط الأنحدار Slope of regression Line (كفاءة السيح السطحي)

x = العمق المطري (mm) Rainfall depth

إذ تم الحصول على القيمة الحرجة للسيح (عتبة السيح السطحي Threshold value) باستخدام ثوابت معادلة خط الانحدار السابقة الذكر وكما في المعادلة (2) الآتية :

$$P_o = \frac{a}{b} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث أن : P_o = عتبة السيح السطحي (العمق المطري الذي يتكون عنده السيح السطحي) .

a و b = ثوابت معادلة خط الأنحدار .

النتائج والمناقشة

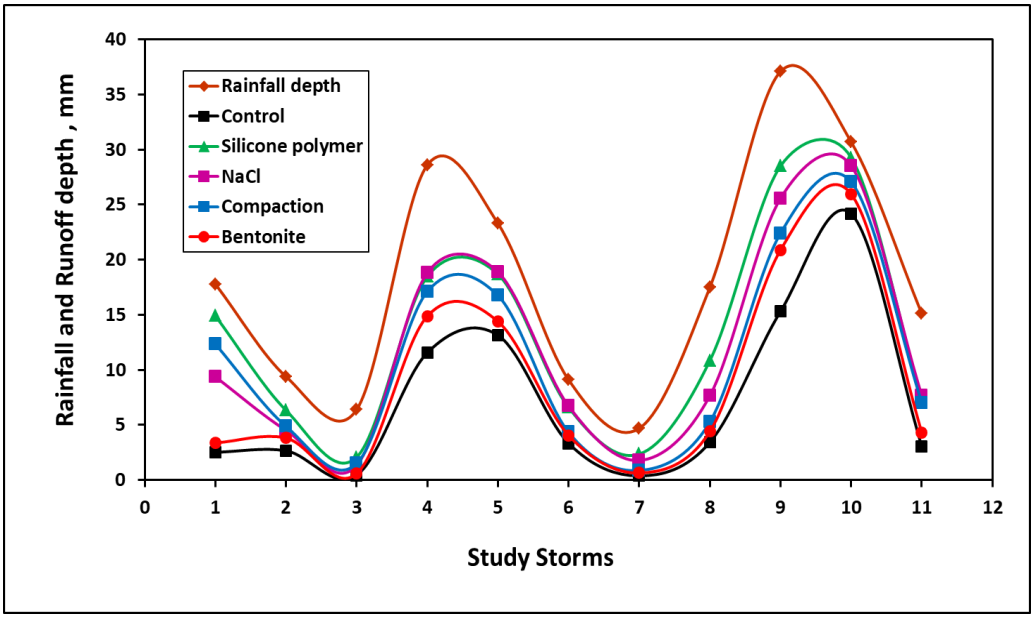
أشارت نتائج تحليل التباين الإحصائي الموضحة في الجدول (4) بين معاملات هذه الدراسة وعند مستوى معنوية 0.05 إلى أن هناك فروق معنوية واضحة بين جميع المعاملات وبأفضلية واضحة لمعاملة اضافة بوليمر السيليكون Silicone polymer ، إذ بلغت معدلات حجم السيح السطحي : A 26440 سم^3 لمعاملة بوليمر السيليكون و 23794 B سم^3 لمعاملة إضافة ملح كلوريد الصوديوم NaCl ثم معاملة رص التربة Soil compaction الذي بلغ معدل حجم السيح السطحي لها C 21749 سم^3 ومن ثم معاملة اضافة طين البنتونايت Bentonite وبواقع معدل حجم سيح سطحي D 17707 سم^3 واخيراً معاملة المقارنة Control إذ بلغ معدل حجم السيح السطحي لها E 14557 سم^3 . والشكل (4) يوضح عمق السيح السطحي الناتج من كل معاملة مقارنة بالعمق المطري .

Silic.poly. , A > NaCl, B > Compaction, C > Bentonite, D > Control, E

وجاءت نتائج هذه الدراسة لتتوافق مع قيم الايصالية المائية المشبعة للتربة التي تم تقديرها مختبريا بوجود معاملات الدراسة ذاتها المتمثلة بإضافة بوليمر السيليكون وملح الطعام ومعاملة رص التربة ومعاملة اضافة طين البنتونايت فضلاً عن معاملة المقارنة إذ بلغت قيم الايصالية المائية المشبعة للتربة مع هذه المعاملات (0.094 و 0.173 و 0.184 و 0.377 و 0.73) سم . ساعة$^{-1}$ على التوالي :

Silic.poly. 0.094 < NaCl 0.173 < Compa. 0.184 < Bento. 0.377 < Control 0.73

إذ انخفضت قيمة الايصالية المائية المشبعة بصورة واضحة عند رش بوليمر السيليكون على سطح التربة وبنفس نسبة الاضافة الحقلية التي كانت (1000 سم^3 / 1 م^2) إلى أدنى قيمة لها إذ أن آلية عمل بوليمر السيليكون تأتي عن طريق ربط Bonding دقائق التربة السطحية لتكون طبقة طاردة للماء Water repellent layer أي يُكّون بوليمر السيليكون غشاء على سطح التربة بسمك تقريباً (1 إلى 2 سم) الذي يمنع ماء المطر من الغيض إلى داخل جسم التربة والذي



الشكل (4) العمق المطري وعمق السيح السطحي لمعاملات تحسين كفاءة نظام الحصاد المائي للعواصف المطرية الدروسة

العواصف المطرية المدروسة وتاريخها	العمق المطري (mm)	معدل حجم السيح السطحي (سم ^{3}) لمعاملات الدراسة				
		Control	Silic.poly.	NaCl	Compaction	Bentonite
(1) 24 Jan. 2020	17.8	5065	29833	18754	24710	6765
(2) 31 Jan.	9.4	5332	12680	9044	9775	7655
(3) 7 Feb.	6.4	887	4173	2667	3025	1191
(4) 13 Feb.	28.6	23131	36977	37638	34246	29777
(5) 19 Feb.	23.3	26309	37370	37767	33498	28806
(6) 22 Feb.	9.1	6687	13170	13438	8684	8126
(7) 1 Mar.	4.7	769	4733	3575	1754	1302
(8) 14 Mar.	17.5	6869	21693	15335	10573	8828
(9) 30 Mar.	37.1	30640	57039	51171	44845	41788
(10) 3 Apr.	30.7	48351	58550	57040	54120	51930
(11) 9 Apr.	15.1	6084	14625	15308	14008	8611
المجموع SUM	**199.7**	**160124**	**290843**	**261737**	**239238**	**194779**
المعدل Mean		**14557 E**	**26440 A**	**23794 B**	**21749 C**	**17707 D**
عمق السيح السطحي الكلي T. Runoff Depth mm		80.06	145.42	130.87	119.62	97.39
عامل السيح الكلي لكل لوح T. Runoff Coefficient		**0.401**	**0.728**	**0.655**	**0.599**	**0.488**

الجدول (4) معامل ومعدلات حجم السيح السطحي للمعاملات وللعواصف المطرية المدروسة

قيم معدلات حجم السيح السطحي ذات الأحرف المختلفة لكل معاملة تدل على وجود فروق واختلافات معنوية بين معاملات الدراسة حسب إختبار دنكن المتعدد المدى وعند مستوى احتمال 5 %

إنعكس على التفوق المعنوي الواضح لهذه المعاملة في معدل حجم السيح السطحي (Reddy ، 2006) .

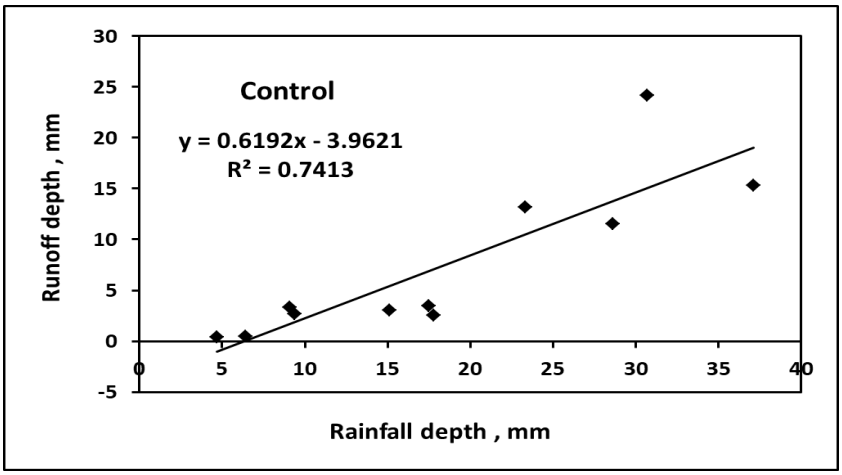
وفيما يخص معاملتي إضافة ملح الطعام ورص التربة فقد جاءت النتائج متطابقة مع ما توصل إليه الراوي (2001) و Owies و Bruggeman (1999) ، إذ اوضحت نتائج هذه الدراسة التفوق المعنوي الواضح لمعاملة اضافة ملح الطعام على معاملة رص التربة في قيم معدل حجم السيح السطحي وبإنخفاض معنوي لكلتا المعاملتين عن معاملة اضافة السيليكون ، إن ملح الطعام يعمل على خفض قيمة الإيصالية المائية المشبعة للتربة من خلال تكوين طبقة صماء على سطح التربة التي تقلل من غيض التربة للماء والناتجة عن تحطيم بناء التربة عن طريق تفرقة دقائق التربة Dispersion وخصوصاً مفصول الطين الذي يقوم بسد مسامات التربة والذي انعكس بدورة على زيادة جهد السيح السطحي ، في حين أن معاملة رص التربة أدت إلى زيادة في حجم السيح السطحي بآلية مختلفة وذلك من خلال تقليل مسامية التربة وبالتالي تنخفض نفاذيتها نتيجة لزيادة الكثافة الظاهرية لها وهذا ما تبين من خلال زيادة قيمة الكثافة الظاهرية بعد عملية الرص إذ بلغت قيمتها قبل وبعد عملية الرص (1.36 و 1.47 غم . سم$^{-3}$) على التوالي وبذلك اصبحت قيمة مسامية التربة قبل وبعد عملية الرص (48.87 و 44.74 %) على التوالي إذ تم الحصول على مسامية التربة من العلاقة التي تربط الكثافة الظاهرية بالكثافة الحقيقية $f = 1 - (P_b / P_s)$ ، أي أنه عند زيادة الكثافة الظاهرية بعملية الرص تؤدي الى انخفاض نسبة المسامية للتربة وبذلك تقل نفاذيتها ومما يؤدي الى زيادة جهد السيح السطحي لها .

وأما بالنسبة إلى معاملة إضافة طين البنتونايت فقد جاءت النتائج متوافقة مع النتائج التي حصل عليها كلاً من Tibebe و Michael (2019) وذلك من خلال زيادة معدل حجم السيح السطحي نسبةً الى معاملة المقارنة وهذه الزيادة جاءت

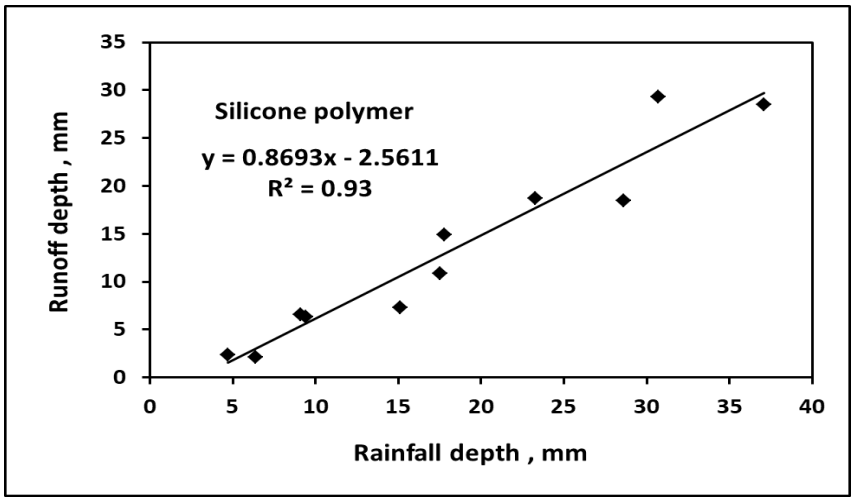
منسجمة مع الإنخفاض في قيمة الايصالية المائية المشبعة للتربة المعاملة بطين البنتونايت مؤدياً بالنتيجة الى زيادة جهد السيح السطحي ، إذ أعزى كلاً من Talebnezhad و Sepaskhah (2013) ذلك إلى إمتلاك طين البنتونايت الخصائص الميكانيكية المعروفة بالتمدد Swelling عند الترطيب المتأتي من قدرته على إمتصاص الماء ، والتقلص Shrinkage عند الجفاف وذلك نتيجة إحتوائه على المعادن الطينية المتمددة نوع Smectite 2:1 وبنسبة تقريباً 90 % معدن المونتموريلونايت Montmorillonite الذي يمتلك مساحة سطحية نوعية عالية تؤهله لإمتصاص الماء ، إذ أنه عند سقوط الامطار سيترطب طين البنتونايت مما يؤدي الى تمدده وبذلك يعمل على تقليل المسامات الفعالة Effective pores في التربة وهذا بدوره يعرقل حركة الماء الى داخل جسم التربة وبالتالي تنخفض قيمة غيض التربة للماء وقيمة الايصالية المائية المشبعة للتربة مؤديا بالنتيجة الى زيادة السيح السطحي .

ويمكن مقارنة اداء هذه المعاملات بطريقة مختلفة وذلك من خلال ايجاد معادلة الإنحدار الخطية للعلاقة بين العمق المطري وعمق السيح السطحي الناتج من كل معاملة وذلك من خلال ايجاد ميل العلاقة (Slope = b) الذي يمثل كفاءة السيح السطحي Runoff efficiency وايجاد قيمة حد العتبة Threshold value ($P_o = a / b$) الذي يمثل العمق المطري الذي يتكون عنده السيح السطحي ، إذ أشارت النتائج الموضحة في الأشكال (5) و (6) و (7) و (8) و (9) والجدول (5) إلى أن أقل كفاءة للسيح السطحي كانت عند معاملة المقارنة Control التي بلغت قيمتها (0.62) والتي انعكست على ارتفاع حد العتبة اللازم لتكوين السيح الذي بلغت قيمته (6.4 ملم) وبواقع معامل ارتباط ومعامل تحديد متدنيين مقارنة بمعاملات الدراسة إذ بلغا (0.86) و (0.74) على التوالي وقد يعزى ذلك لزيادة غيض التربة للماء مما قلل من عمق السيح السطحي الناتج . أما معاملة اضافة بوليمر السيليكون فقد كانت كفاءة السيح السطحي لها مرتفعة ومتفوقة على باقي المعاملات إذ بلغت (0.87) وجاءت عتبة السيح السطحي المنخفضة لها والتي بلغت (2.95 ملم) لتؤكد كفاءة هذه المعاملة في تحسين كفاءة نظام الحصاد المائي وتقليل الفواقد المطرية الى ادنى قيمة لها وبمعامل ارتباط ومعامل تحديد بلغا (0.964) و (0.93) على التوالي .

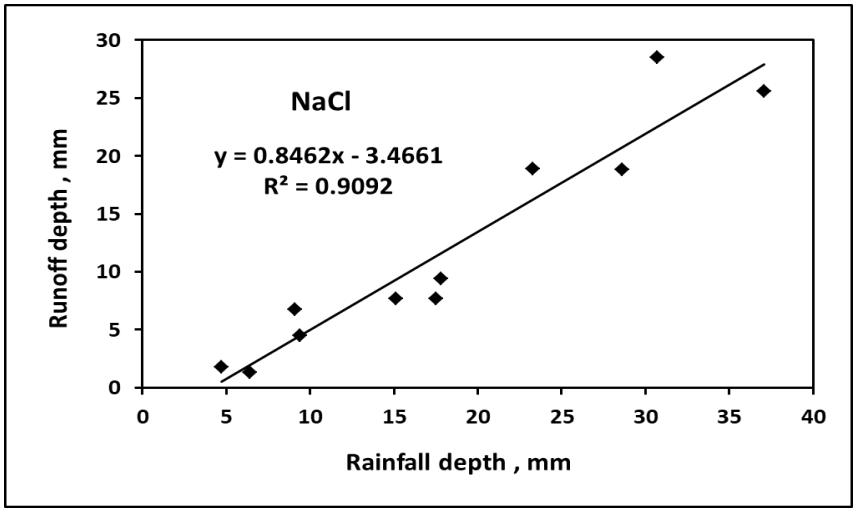
أما معاملات اضافة ملح الطعام ورص التربة واضافة البنتونيت فقد تلت معاملة اضافة بوليمر السيليكون إذ بلغت قيم كفاءة السيح السطحي لهم (0.85) و (0.78) و (0.74) على التوالي وبعتبة سيح سطحي (4.10 ملم) و (4.21 ملم) و (6.26 ملم) على التوالي ، في حين بلغ معامل الارتباط ومعامل التحديد لهذه المعاملات وكما يأتي : (0.953 ، 0.91) و (0.94 ، 0.88) و (0.91 و 0.83) على التوالي .



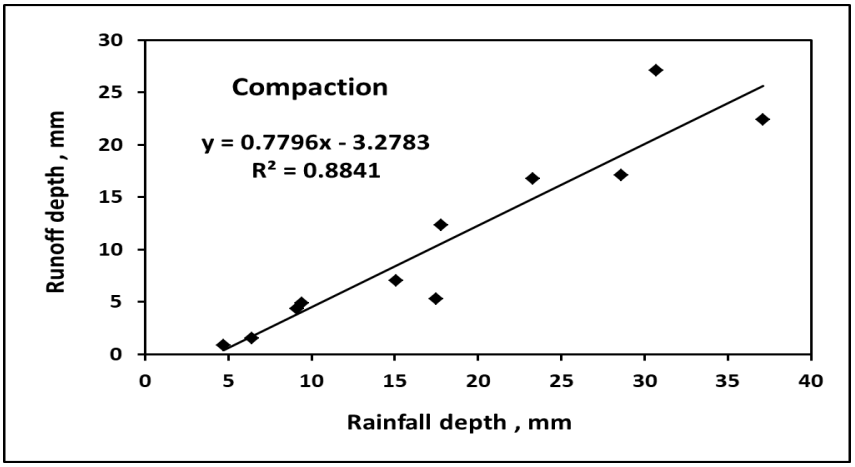
الشكل (5) العلاقة بين العمق المطري وعمق السيح السطحي لمعاملة المقارنة



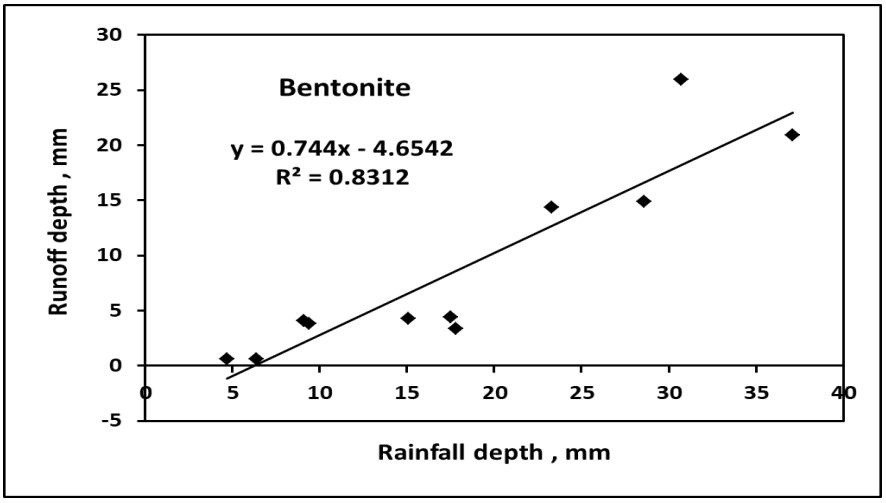
الشكل (6) العلاقة بين العمق المطري وعمق السيح السطحي لمعاملة بوليمر السيليكون



الشكل (7) العلاقة بين العمق المطري وعمق السيح السطحي لمعاملة ملح الطعام



الشكل (8) العلاقة بين العمق المطري وعمق السيح السطحي لمعاملة رص التربة



الشكل (9) العلاقة بين العمق المطري وعمق السيح السطحي لمعاملة البنتونايت

Treat.	Linear regression equation Y = bX ± a	Threshold Value mm P_o= a/b	Runoff efficiency (b)	Correl. coeffici. (r)	Determine coeffici. (R^2)
Control	Y = 0.6192X - 3.9621	6.40	0.62	0.86	0.74
Silico. poly.	Y = 0.8693X - 2.5611	2.95	0.87	0.96	0.93
Compaction	Y = 0.7796 X - 3.2783	4.21	0.78	0.94	0.88
Bentonite	Y = 0.744X - 4.6542	6.26	0.74	0.91	0.83
NaCl	Y = 0.8462X - 3.4661	4.10	0.85	0.95	0.91

الجدول (5) معادلات الإنحدار الخطي بين العمق المطري وعمق السيح لمعاملات الدراسة

المعاملة المثلى لتحسين كفاءة السيح السطحي Optimum treatment to improve runoff efficiency

اشارت نتائج تحليل الكلفة والأداء الموضحة في الجدول (6) التي تتضمن المقارنة بين (كفاءة العمل وكلفة تطبيق المعاملة فضلاً عن تأثير المعاملة في التربة والنبات) إن كلفة اضافة بوليمر السيليكون كانت مرتفعة للغاية إذ بلغت (17160) دينار عراقي لكل (2 م^2) التي تمثل مساحة حوض الدراسة Plot مقارنة بكلفة باقي المعاملات رغم كفائتها وتفوقها المعنوي في معدل حجم السيح السطحي الناتج والذي بلغ (A 26440 سم^3) ، في حين أن باقي المعاملات جاءت كلفها منخفضة بصورة كبيرة عن معاملة اضافة بوليمر السيليكون وبأفضلية لمعاملة رص التربة التي كانت فيها الكلفة تمثل القيمة الأدنى والتي بلغت (200) دينار عراقي لكل (2 م^2) وبمعدل حجم سيح سطحي بلغ (C 21749 سم^3) ، وتلت معاملة الرص معاملة اضافة ملح الطعام إذ بلغت كلفة الإضافة لها (500) دينار/ 2 م^2 والتي كان فيها معدل حجم السيح السطحي أكبر من معاملة رص التربة إذ بلغ (B 23794 سم^3) وبأنخفاض معنوي بسيط عن معاملة اضافة

بوليمر السيليكون ، وأما معاملة اضافة البنتونيت من ناحية الكلفة فقد جاءت بعد معاملة اضافة ملح الطعام إذ بلغت كلفة الإضافة لها (900) دينار/ 2 م^2 وبواقع معدل حجم سيح سطحي بلغ (17707 D سم^3) .

وبذلك يكون ترتيب المعاملات حسب كلفة الإضافة بالدينار العراقي كما يأتي :

Silic. Poly. 17160 > Bentonite , 900 > NaCl , 500 > Compaction , 200

وبذلك يمكن القول أن معاملتي إضافة ملح الطعام ورص التربة كانت الأفضل بين المعاملات من ناحية كلفتيهما المنخفضتين فضلاً عن تأثيرهما المباشر في الزيادة المعنوية الواضحة في معدل حجم السيح السطحي الناتج . ولما كان تأثير اضافة ملح كلوريد الصوديوم يؤدي إلى الزيادة في ملوحة التربة والذي ينعكس في ارتفاع قيمة الإيصالية الكهربائية للتربة (Soil electric conductivity (Ec حيث كانت قيمتها لتربة الدراسة غير المعاملة (0.916 دسيسيمنز. متر$^{-1}$) وأما قيمتها للتربة المعاملة بملح كلوريد الصوديوم عند بداية ونهاية الموسم المطري فكانت (28 و 18.90 دسيسيمنز. متر$^{-1}$) على التوالي جدول (3) فبذلك تكون معاملة رص التربة هي المعاملة المثلى لإنجاز تصاميم نظم حصاد مياه الأمطار . وجاءت هذه النتائج متطابقة مع ما توصل إليه الراوي (2001) .

المعاملات Treatment	Price of ton in US $	Treatment cost / plot in Iraqi dinar	Mean of runoff volume Cm^3
Silicone Poly.	5720	17160	26440
Nacl	166.67	500	23794
Compaction	---	200	21749
Bentonite	300	900	17707
Assuming the price , 1 UA $ = 1500 Iraqi Dinar			

الجدول (6) كلفة اضافة معاملات الدراسة لكل حوض والبالغ مساحته (2 م^2)

الإستنتاجات

بينت نتائج هذه الدراسة ومن خلال تحليل التباين الإحصائي بين معاملات هذه التجربة أن هناك فروقات معنوية عالية في معدل حجم السيح السطحي لجميع معاملات الدراسة مقارنة بمعاملة المقارنة وبأفضلية لمعاملة إضافة بوليمر السيليكون وكان ترتيب المعاملات على النحو الآتي

Silicone polymer > NaCl > Compaction > Bentonite > Control

وكما انطبقت هذه النتائج مع زيادة كفاءة السيح السطحي (Runoff efficiency (b وانخفاض حد العتبة Threshold value ($P_o = a/b$) لجميع المعاملات وبأفضلية لمعاملة إضافة بوليمر السيلكون وبنفس الترتيب أعلاه ، أما تحليل الكلفة والأداء فقد أظهر أن معاملة رص التربة هي المعاملة المثلى لإنجاز تصاميم نظم حصاد مياه الأمطار ، وأن معاملة اضافة ملح الطعام أدت الى ظهور مشكلة ملوحة التربة رغم أنها ساهمت بزيادة حجم السيح السطحي .

المصادر

1 - **الراوي ، أيهم طه حسن (2001) .** تأثير الرص والمعالجة الكيميائية للتربة في تحسين معامل السيح ونوعية المياه المحصودة . رسالة ماجستير – كلية الهندسة - قسم هندسة الري والبزل / جامعة الموصل .

2 - **Ashwani K. and R. Singh (2010) .** Plastic Lining for Water Storage Structures . Technical Bulletin No. 50 , Directorate of Water Management , Chan-dersekharpur , Bhubaneswar-751 023 , India , page : 34 .

3 - **Blair , C. A. (1942) .** " Climatology " prentice hall . Englewood Cliffs , New York . U.S.A.

4 - **Frasier, G. W. (1990) .** Runoff farming : Irrigation technology of the future . In : Visions of the future . ASAE publication 0490, pp.404-409. St. Joseph , Michigan : American Society of Agricultural Engineers .

5 - **Oweis, T.Y. and A. Bruggeman (1999) .** Runoff modeling of micro-catchment water harvesting . pp: 129-159 . https://www.researchgate.net/publication/266967324 .

6 - **Oweis , T. Y., D. Prinz and A. Y. Hachum (2012) .** Water Harvesting for Agriculture in the Dry Areas . International Center for Agricultural Research in the Dry Area (ICARDA) . Published by: CRC Press/Balkema .

7 - **Rami, H. (2003) .** Ponds filled with challenges: Water harvesting experience in Amhara and Tigray. UN (OCHA) , Addis Ababa, Ethiopia.

8 - **Reddy, Y.A. (2006) .** Water harvesting limitation in implementation . National seminar on rainwater harvesting and water management 11-12 Nov. 2006 , Nagpur . pp: 70-77 .

9 - **Richardson , L., P. Hairsine and T. Ellis (2004) .** Water Farms Review of the Physical Aspects of Water Harvesting and Runoff Enhancement in Rural Landscapes . Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. Technical Report, June - 04/6 .

10 - **Soil Survey Staff. (2014) .** Key to Soil Taxonomy . 12 th ed . USDA-Natural Resourrces Conservation Service : Washington , DC., USA .

11 - **Tibebe, M. and K.H. Michael (2019) .** Low cost and efficient lining material for seepage lose control on water harvesting structure at Holetta catchment , Ethiopia. International Journal of Novel Research in Life Sciences . Vol. (6) , No. (1) , pp: 46-53

12 – **Talebnezhad, R. and A. R. Sepaskhah (2013) .** Eff ects of bentonite on water infiltration in a loamy sand soil . Archives of Agronomy and Soil Science.Vol. 59, No.10 ,

1409 – 1418 . http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2012.708926 .

13 - Uson, A., and Ramos, M. C. (2001) . An improved rainfall erosivity index obtained from experimental inter-rill soil losses in soils with a Mediterranean climate . Catena,43(4),293–305, http://dx.doi.org/10.1016/S03418162(00)00150-8 .