

تأثير إضافة الشب البوتاسي (*Alum*) في بعض الخصائص الفيزيائية لتربة طينية غرينية تحت فترتي ترطيب وتجفيف .

ماجد خضير عباس عبد الأمير ثجيل صلاح مهدي نجم حسن محمد عبد الله محمد
كلية الزراعة / جامعة بغداد

الخلاصة :

نفذت تجربة في البيت الزجاجي التابع لقسم علوم التربة والموارد المائية - كلية الزراعة - أبو غريب ، بغداد . باستخدام أحواض زجاجية شفافة بأبعاد 1 * 25 * 30 سم لغرض معرفة تأثير إضافة مستويات مختلفة من الشب البوتاسي (كبريتات البوتاسيوم كبريتات الألمنيوم المائية) ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$) في عدد الحلقات (التشققات) ومقاومة الاختراق ومعامل الكسر لتربة طينية غرينية تحت فترتي ترطيب وتجفيف 3 و 6 أيام . أضيف الشب البوتاسي بعد طحنه بشكل مسحوق خطأً مع التربة بصورة متجانسة . تم إضافة الماء (ماء الحنفية) لمستوى السعة الحقلية لـ 3 و 6 أيام ثم يتم الري لـ 4 دورات ترطيب وتجفيف . بينت نتائج التجربة انخفاضاً معنوياً في قيم عدد الحلقات (التشققات) مع زيادة إضافة الشب البوتاسي ، إذ بلغت في معاملة المقارنة 60 حلقة ولفترتة الترطيب والتجفيف الأولى (3 أيام) ، وانخفضت إلى 58 و 16 و 14 و 4 و 2 حلقة عند معاملة إضافة 1% و 2% و 4% و 6% و 8% على الترتيب . إما بالنسبة لفرقة الترطيب والتجفيف الثانية (6 أيام) إذ بلغت معاملة المقارنة 68 حلقة وانخفضت إلى 61 و 18 و 16 و 7 و 4 حلقة مع زيادة مستويات الإضافة 1% و 2% و 4% و 6% و 8% على الترتيب . كذلك تشير النتائج إلى أن قيم مقاومة التربة للاختراق قد انخفضت معنوياً وتحت فترتي الترطيب والتجفيف الأولى والثانية بزيادة مستويات إضافة الشب البوتاسي ، إذ بلغت لفرقة الترطيب والتجفيف الأولى (3 أيام) 3.0 و 2.05 و 0.8 و 0.71 و 0.58 و 0.45 كيلوباسكال ، ولفترتة الترطيب والتجفيف الثانية (6 أيام) 4.40 و 2.20 و 0.95 و 0.79 و 0.65 و 0.61 كيلوباسكال عند إضافة الشب بمستويات 0% و 1% و 2% و 4% و 6% و 8% على الترتيب . وكذلك تشير النتائج إلى أن قيم معامل الكسر قد انخفضت معنوياً وتحت فترتي الترطيب والتجفيف الأولى والثانية بزيادة مستويات إضافة الشب البوتاسي ، إذ بلغت لفرقة الترطيب والتجفيف الأولى (3 أيام) 103.54 و 43.62 و 8.70 و 5.96 و 3.12 و 1.66 كيلوباسكال ، ولفترتة الترطيب والتجفيف الثانية (6 أيام) 121.72 و 65.59 و 17.31 و 14.41 و 7.64 و 4.54 كيلوباسكال عند إضافة الشب بمستويات 0% و 1% و 2% و 4% و 6% و 8% على الترتيب . وقد أظهرت النتائج بأن إضافة الشب البوتاسي يعمل على تحسين بعض الخصائص الفيزيائية للتربة.

Effect of Different levels addition from Potash Alum on some of the physical characteristics for Silty Clay Soil under two periods of Witting and Drying .

Majid Kh. A. , Abdul-Ameer Th. , Salah M. N. , Mohammed A. M.

Abstract:

The experiment was conducted in a greenhouse of department of soil sciences and water resources, Abu-Ghraib, Baghdad . using transparent glass basins 1*25*30 cm dimensions to determine the effect of adding different levels of potassium alum

(potassium sulfate and hydrous aluminum sulfate) $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$, on number of rings (cracks), penetration resistance, and fraction coefficient for silty clay soil under two wetting and drying cycles, 3 and 6 days. After grinding, the potassium alum was added as a mixture powder with soil, uniformly. Tap water was added up to field capacity for 3 and 6 days then, irrigated for 4 wetting and drying cycles. Results of the experiment showed a significant decrease in values of rings (cracks) number at increasing potassium alum, in which the control treatment was, 60 rings for the first period, 3 days, of wetting and drying, and decreased to 58, 16, 14, 4, 2 rings at the adding of potassium alum 1%, 2%, 4%, 6%, and 8%, respectively. While, the for the second period, 6 days, of wetting and drying, the control treatment was 68 rings and decreased to 61, 18, 16, 7, 4 rings with increasing addition levels to 1%, 2%, 4%, 6%, and 8%, respectively. The results also indicated that values of penetration resistance, significantly, decreased under the first and second wetting and drying periods at increasing addition levels of potassium alum, in which for the first period, 3 days, of wetting and drying were 3.0, 2.05, 0.8, 0.71, 0.58, and 0.45 KPa., while for the second period, 6 days, of wetting and drying were: 4.4, 2.2, 0.95, 0.79, 0.65, and 0.61 KPa. at adding the potassium alum as 0%, 1%, 2%, 4%, 6%, and 8%, respectively. Also, the result indicated that the fraction coefficient values decreased at increasing of adding levels of potassium alum, in which, for the first period of wetting and drying were: 103.54, 43.62, 8.7, 5.96, 3.12, and 1.66 KPa. and for the second period were: 121.72, 65.59, 17.31, 14.41, 7.64, and 4.54 KPa. at adding alum as 0%, 1%, 2%, 4%, 6%, and 8%, respectively. The result showed that the addition of potassium alum modified some of physical properties of silty clay soil.

المقدمة :

تعد إضافة المحسنات الطبيعية أو الصناعية إحدى الوسائل المستخدمة لتحسين بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة الطينية . أن منتوج الشب البوتاسي الثانوي المنتج من حقل المشرق ، احد مشتقات الكبريت يمكن استخدامه في المجال الزراعي كمحسن خصوصاً في التربة التي تعاني مشاكل في بعض الخصائص الفيزيائية كظاهرة التشقق والتصلب السطحي مما يؤثر على إنتاجية تلك التربة .

الطين يمثل الجزء المهم في نسجة التربة لأنه يمتلك التأثير الكيميائي في سلوك التربة ، إذ تمدص دقائق الطين الماء وتتمياً مؤدية بذلك إلى انتفاخ التربة عند الترطيب وانكماشها عند التجفيف (Hillel , 1980) . كما أشارت (FAO ، 1995) إلى أهمية دقائق الطين في صلابة الطبقة السطحية لأنها تعمل كجسور لربط دقائق الغرين والرمل . استخدم كل من (Ouhadi and Goodarzi ، 2006) الشب البوتاسي في علاج التربة الطينية ذات قابلية التشتت العالية ، وجدا عند إجراء تحليلي (SEM^1 , XRD^2) المعدني استبدال ايون الصوديوم بأيون الألمنيوم بعملية التبادل الأيوني في الطبقة المزروجة لدقائق الطين ونتيجة لهذا الإحلال حدث انخفاض في سمك الطبقة المزروجة أي أن فائدة الشب في التغلب على تشتت التربة من خلال عملية التبادل الأيوني وتأثير انخفاض الـ pH . وجد (عباس ونجم ، 2011) انخفاضاً ملحوظاً في قيم عدد الحلقات (التشققات) المتكونة مع زيادة إضافة الشب وتحت فترتي ري في تربة طينية غرينية . ذكر (الذبحاني ، 2000) أن التربة ذات القابلية على تكوين قشرة قوية متصلة تكون ذات محتوى

¹ Scanning Electron Microscope

² X – Ray Diffraction

عالم من الغرين أو الطين أو الاتنين معاً ومحتوى واطئ من الرمل والمادة العضوية . كما أن زيادة كمية الطين يعمل على خفض حجم المسامات البينية وزيادة صلابة التربة . ذكر (حسن ، 1999) أن استمرار تعاقب مدد الترطيب والتجفيف وقلة المادة العضوية وتكرار عمليات الزراعة وحركة الآلات الزراعية تؤدي إلى عدم استقرار بناء التربة وتكوين طبقات صلبة على السطح. أشار (Rengasmy et al ، 1980) بأن إضافة الشب أدى إلى انخفاض تشبث التربة ومعامل الكسر ، وزيادة قابلية التربة في الاحتفاظ بالماء وتحسين ثباتية التجمعات بالإضافة إلى زيادة نمو النبات . كما بين (Eltaif and Gharaibeh ، 2008) في دراسة مختبرية بأنه عند إضافة الشب بمستويات (0 و 0.01 و 0.02 و 0.05 و 0.1 و 0.2 %) على أساس الوزن الجاف إلى تربة طينية غرينية في محاوله للحد من تقشر التربة ، بتحسين ثباتية التجمعات ، وأن قيم معدل القطر الموزون قد تضاعف عندما زاد معدل إضافة الشب إلى (0.2 %) . كذلك أشارا إلى انخفاض في قيم معامل الكسر من (176-60 كيلو باسكال) عند مستوى (0.2 %) . واستنتجا بأن إضافة الشب كان فعالاً في تحسين ثباتية التجمعات وخفض معامل الكسر. كما بين (2000 ، Chertkov) بأن استمرار عمليات الجفاف وتكرار النقل في سطح التربة يسبب بناء اجهادات كافية لتكوين تشققات . أن من خصائص الترب المتشقة هو التغير الظاهري في الحجم النوعي مع التغير في المحتوى الرطوبي ، حيث الطبقات السطحية أكثر عرضة للانكماش مقارنة مع الترب التحتية لكون الطبقة السطحية تتأثر مباشرة بالظروف الجوية (الجفاف) ، أن التجفيف يؤدي إلى فقد الماء الممتز وتبادل الهواء مع الجو وحدوث تشققات ، بينما يؤدي الترطيب إلى انتفاخ التربة بسبب زيادة سمك أغلفة الماء لدقائق التربة، (Yule and Ritchiel ، 1980) . يهدف البحث إلى معرفة تأثير الشب البوتاسي في عدد الحلقات (التشققات) المتكونة ومقاومة التربة الطينية الغرينية للاختراق كذلك معامل الكسر لها.

المواد وطرق العمل :

جلبت عينات تربة ذات نسجة طينية غرينية بصورة عشوائية من احد حقول منطقة العريفية والتي تبعد حوالي 24 كم جنوب شرق بغداد . جففت هوائياً وطحنت ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم وتم قياس بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية جدول (1) . تم تحضير أحواض زجاجية شفافة ذات أبعاد (1*25*30 سم) (عباس و نجم ، 2011) ، أضيف مسحوق الشب البوتاسي المطحون بمستويات (0% و 1% و 2% و 4% و 6% و 8%) إلى 1 كغم تربة جافة خلطاً قبل وضعها بالأحواض الزجاجية المذكورة أعلاه ، ولضمان الحصول على طبقة متجانسة السمك ومستوية فقد استعملت مسطرة لجعل الخليط (تربة + الشب) بمستوى إطار اللوح الزجاجي . رويت المعاملات المستخدمة في الدراسة بماء الحنفية لفترتين (3 و 6 أيام) وعند مستوى السعة الحقلية . اتبعت الطريقة المقترحة من قبل (Hoffmann ، 2000) في حساب عدد الحلقات (التشققات) المتكونة بعد مرور 3 أيام و 6 أيام للمعاملات المختلفة وللأربع دورات ترطيب وتجفيف ، تم تقدير مقاومة التربة للاختراق باستعمال جهاز الاختراق الجيبي (Pocket Penetrometer) موديل CL700 ذو ساق أسطواني ونهاية مسطحة قطرها 0.672 سم وعمق اختراق 1 سم من سطح التربة وفق الطريقة التي أقرحها (Donald ، 1965) ، وكذلك تم قياس معامل الكسر باستخدام جهاز قياس معامل الكسر بطريقة (Richards ، 1953) والمذكورة من قبل (Black ، 1965) وباستخدام القانون الآتي :

$$S = \frac{3FL}{2bd^2} \dots\dots\dots(1)$$

إذ أن :

S : معامل الكسر بالداين . سم² (بار)

F : القوة المسلطة على سطح التربة (داين) .

L : المسافة بين نقاط الارتكاز (سم) .

b : عرض القالب (سم) .

d : سمك القالب (سم) .

تم التعبير عن معامل الكسر بالكيلوباسكال .
 أستعمل الشب المعروف تجارياً بالشب البوتاسي وهو ملح مزدوج من كبريتات البوتاسيوم كبريتات الألمنيوم المائية ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$) إذ يتصف بكونه عديم اللون أو ابيض شفاف وذو مذاق حامضي ذائب في الماء الساخن وعديم الرائحة . أضيف الشب بعد طحنه بشكل مسحوق خلطاً مع التربة بصورة متجانسة لضمان التجانس والتوزيع .

جدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة في الدراسة .

الخصائص الكيميائية			الخصائص الفيزيائية			
وحدة القياس	الكمية	الصفة	وحدة القياس	الكمية	الصفة	
دسي سيمنز.م ⁻¹	8.4	EC _e	غم.كغم ⁻¹	66	الرمل	مفصولات التربة
				422	الغرين	
				512	الطين	
مليمول.لتر ⁻¹	13.7	Ca ⁺²	طينية غرينية	Silty clay	نسجة التربة	
	14.3	Mg ⁺²				
	25.44	Na ⁺¹	ميكاغرام.م ⁻³	1.68	الكثافة الظاهرية	
	0.52	K ⁺¹				
	22.7	Cl ⁻¹				
	مليمول.لتر ⁻¹	20.5	SO ₄ ⁻²	%	33.58	33
3.0		HCO ₃ ⁺²	25.98		100	
			22.71		300	
-	6.8	SAR		21.33	500	
				17.62	1500	

استعملت تجربة الألواح المنشقة (split plot design) وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية RCBD وثلاثة مكررات لكل معاملة . وشملت المعاملات الرئيسية فترتي ترطيب وتجفيف ويرمز لها (W1 و W2) لفترات 3 و 6 يوم على الترتيب ، والمعاملات الثانوية بمستويات إضافة الشب ويرمز لها (A0 و A1 و A2 و A3 و A4 و A5) لمعاملات 0% و 1% و 2% و 4% و 6% و 8% على الترتيب . وأستعمل برنامج الـ (S.A.S، 2001) في التحليل الإحصائي وقورنت الفروقات المعنوية بين المتوسطات باختبار اقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى 0.05 .

النتائج والمناقشة

يبين جدول (2) نتائج تأثير إضافة الشب للتربة في أعداد الحلقات (التشققات) المتكونة في التربة لفترة الري الأولى (3 يوم) ، إذ تراوحت ما بين 2-60 حلقة لمختلف المعاملات في نهاية دورات الترطيب والتجفيف الأربعة . إما بالنسبة إلى فترة الري الثانية (6 يوم) فقد تراوحت قيم عدد التشققات المتكونة بين 4-68 حلقة ولمختلف المعاملات. إن إضافة الشب البوتاسي إلى التربة قد أدى إلى انخفاض عدد الحلقات المتكونة لفترة الترطيب والتجفيف الأولى والثانية (3 و 6 يوم) إذ كانت القيم 60 و 68 حلقة على الترتيب لمعاملة المقارنة وانخفضت إلى 58 و 16 و 14 و 4 و 2 لفترة الترطيب والتجفيف الأولى و 61 و 18 و 16 و 7 و 4 لفترة الترطيب والتجفيف الثانية لكل من معاملات الإضافة 1% و 2% و 4% و 6% و 8% على الترتيب وقد يعزى السبب في انخفاض عدد الحلقات المتكونة مع زيادة مستويات الإضافة إلى دور الشب البوتاسي في التخلص من ظاهرة تشتت التربة بسبب زيادة تركيز أيون AL^{+3} الموجود في التركيب الكيميائي للشب حيث يحل في الطبقة المزدوجة محل أيون Na^{+1} مما يقلل من تأثيره في أحداث التشتت ومن ثم التشقق ، وهذا يتفق مع ما وجدته كل من (Ouhadi and Goodarzi ، 2006) و (عباس ونجم ، 2011) .

جدول (2) تأثير إضافة الشب بمستويات مختلفة في تكون الحلقات في تربة الدراسة وتحت فترتي ترطيب وتجفيف

المعدل	مستويات إضافة الشب (A)						فترات الترطيب والتجفيف (W)
	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
25.67	2	4	14	16	58	60	W1
29.00	4	7	16	18	61	68	W2
	3.00	5.50	15.0	17.0	59.5	64.0	المعدل
	WA		A		W		LSD 0.05
	0.6892		0.5045		0.2913		

وعند المقارنة بين تأثير مستويات إضافة الشب البوتاسي في أعداد الحلقات المتكونة لفترة الترطيب والتجفيف الأولى ، أظهرت النتائج في جدول (2) بأن مستويات الشب البوتاسي المضافة ذات تأثيراً معنوياً في عدد الحلقات ، إذ تفوق مستوى الإضافة 8% معنوياً على باقي المستويات الأخرى . وهذا ما يتفق مع (Hancock ، Rengasamy and ، 1980) . إما لتأثير التداخل الثنائي (مدة الترطيب والتجفيف ومستويات الإضافة) جدول (2) ، فقد بلغت أدنى قيمة لعدد الحلقات (التشققات) 2 حلقة في فترة الترطيب والتجفيف الأولى عند مستوى 8% وقد تفوقت معنوياً على باقي المعاملات الأخرى مقارنة مع أعلى قيمة لعدد الحلقات (التشققات) 68 حلقة في فترة الترطيب والتجفيف الثانية ولمعاملة المقارنة 0% .

أظهرت النتائج في جدول (3) بأن لفترتي الترطيب والتجفيف تأثيراً معنوياً في قيم مقاومة التربة للاختراق ، إذ تفوقت مدة الترطيب والتجفيف الأولى معنوياً على مدة الترطيب والتجفيف الثانية فقد كانت أدنى قيمة لقيم مقاومة التربة للاختراق 1.265 كيلوباسكال لفترة الترطيب والتجفيف الأولى مقارنة بأعلى قيمة لفترة الترطيب والتجفيف

الثانية وكانت 1.600 كيلوباسكال ويعزى سبب ذلك أن تعاقب دورة الترطيب والجفاف يعد من العوامل المهمة في تكوين طبقة سطحية متصلبة ، وهذا يتفق مع (Gerard et al ، 1961) .

جدول (3) تأثير إضافة الشب بمستويات مختلفة في قيم مقاومة التربة للاختراق (كيلوباسكال) وتحت فترتي ترطيب وتجفيف .

المعدل	مستويات إضافة الشب (A)						فترات الترطيب والتجفيف (W)
	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
1.265	0.45	0.58	0.71	0.80	2.05	3.00	W1
1.600	0.61	0.65	0.79	0.95	2.20	4.40	W2
	0.530	0.615	0.750	0.875	2.125	3.700	المعدل
	WA		A		W		LSD 0.05
	0.1025		0.0625		0.0361		

كما أظهرت النتائج في جدول (3) بأن لمستويات الشب المضافة تأثيراً معنوياً في قيم مقاومة التربة للاختراق ، إذ تفوق مستوى الإضافة 8% معنوياً على باقي المستويات الأخرى إذ بلغ 0.530 كيلوباسكال مقارنة مع بقية قيم مستويات 0% و 1% و 2% و 4% و 6% إذ بلغوا 3.700 و 2.125 و 0.875 و 0.750 و 0.615 كيلوباسكال على الترتيب ويعزى سبب ذلك إلى تحسين بناء التربة بزيادة مستوى إضافة الشب البوتاسي وهذا ما يتفق مع (Hillel ، 1980 و Ouhadi and Goodarzi ، 2006) .

كذلك يوضح جدول (3) تأثير التداخل الثنائي لفترة الترطيب والتجفيف ومستويات الإضافة ، إذ بلغت أدنى قيمة لمقاومة التربة للاختراق 0.45 كيلوباسكال في مدة الترطيب والتجفيف الأولى عند مستوى 8% من إضافة الشب البوتاسي وقد تفوقت معنوياً على بقية المعاملات الأخرى مقارنة مع أعلى قيمة لمقاومة التربة للاختراق إذ بلغت 4.40 كيلوباسكال لفترة الترطيب والتجفيف الثانية ولمعاملة المقارنة 0% .

أظهرت النتائج في جدول (4) بأن لفترتي الترطيب والتجفيف تأثيراً معنوياً في قيم معامل الكسر ، إذ تفوقت مدة الترطيب والتجفيف الأولى (3 يوم) معنوياً على مدة الترطيب والتجفيف الثانية (6 يوم) فقد بلغت قيمتها 27.77 كيلوباسكال لفترة الترطيب والتجفيف الأولى مقارنة بأعلى قيمة لفترة الترطيب والتجفيف الثانية إذ بلغت 38.54 كيلوباسكال ، ويعزى سبب ذلك بأن تعاقب دورتي الترطيب والتجفيف يعد من العوامل المهمة في تكوين طبقة سطحية متصلبة (Garcia وآخرون ، 1981) .

كما أظهرت النتائج في جدول (4) بأن لمستويات الشب المضافة تأثيراً معنوياً في قيم معامل الكسر ، إذ تفوق مستوى الإضافة 8% معنوياً على باقي المستويات الأخرى إذ بلغ 3.10 كيلوباسكال مقارنة مع بقية قيم مستويات 0% و 1% و 2% و 4% و 6% إذا بلغوا 112.63 و 54.60 و 13.01 و 10.18 و 5.38 كيلوباسكال على الترتيب ويعزى سبب ذلك إلى تحسين في ثباتية التجمعات التربة عند زيادة معدل إضافة الشب من (0 - 8%) وهذا يتفق مع ما جاء به (Eltaif and Gharaibeh ، 2008) .

كذلك أوضحت النتائج في جدول (4) تأثير التداخل الثنائي لفترة الترطيب والتجفيف ومستويات الإضافة ، إذ بلغت أدنى قيمة لمعامل الكسر 1.66 كيلوباسكال في مدة الترطيب والتجفيف الأولى عند مستوى 8% من إضافة الشب

البوتاسي وقد تفوقت معنوياً على بقية المعاملات الأخرى ، مقارنة مع أعلى قيمة لمعامل الكسر إذ بلغت 121.72 كيلوباسكال لفترة الترطيب والتجفيف الثانية لمعاملة المقارنة 0% .

جدول (4) تأثير إضافة الشب بمستويات مختلفة في قيم معامل الكسر وتحت فترتي ترطيب وتجفيف .

المعدل	مستويات إضافة الشب (A)						فترات الترطيب والتجفيف (W)
	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
27.77	1.66	3.12	5.96	8.70	43.62	103.54	W1
38.54	4.54	7.64	14.41	17.31	65.59	121.72	W2
	3.10	5.38	10.18	13.01	54.60	112.63	المعدل
	WA		A		W		LSD
	0.8518		0.5865		0.3386		0.05

المصادر :

- الذبحاني ، عبد العزيز محمد نعمان . 2000 . تكون القشرة السطحية في بعض ترب وسط العراق وتأثيرها على بزوغ بادرات الذرة البيضاء . رسالة ماجستير - كلية الزراعة - جامعة بغداد .
- حسن ، هشام محمود . 1999 . فيزياء التربة . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الموصل . الطبعة الثانية . دار الكتب للطباعة والنشر .
- عباس ، ماجد خضير وصلاح مهدي نجم . 2011 . التعبير الكمي عن التشققات في تربة طينية غرينية معاملة بالشب والحماة في فترتي ري . مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية . المجلد: 11 . العدد : 2 .
- Blake, G . R . 1965 . Bulk density . In Black , C. A . , D. D. Evans , L. E. Ensminger , J. L. White and F. E. Clark (eds.) . Methods of Soil Analysis . Part (1) . Agron. Mon. NO. 9 . Am. Soc. of . Agron. Madison , Wisconsin U. S. A. PP: 374 - 390 .
- Chertkov, V. Y. 2000. Using surface crack spacing to predict crack network geometry in swelling Soils. Soil Sci. Soc . Am. J. 64 : 1918 – 1921 .
- Donald , T . D . 1965 . Pentrometer . . In Black , C . A . , D . D . Evans , L . E . , Ensminger , J . L . White , and F . E . Clark (eds.) . Methods of Soil Analysis . Part 1 . Agronomy 9 . Am . Soc . of . Agron . Madison , Wisconsin U . S . A.
- Eltaif, N. I. and M. A. Gharaibeh . 2008 . Impact of Alum on crust prevention and aggregation of calcareous Soil: Laboratory studies . Journal compilation British Society of Soil Science , 4 : 424 – 426 .
- FAO . 1995 . Prospects for the drainage of Clay Soils . FAO Irrigation and drainage . paper . 51 . Rycroft , Amer .
- Garcia, W. J. , C. W. Blessin , G. E. Lnglett , W. F. Kwolek , J. N. Garlisle , L. N. Hughes and J. F. Meister . 1981 . Metal accumulation and crop yield for a variety of Edibt crops grown in diverse Soil media amended with Sewage Sludge. Environmental Sci. and Techology. 15: 793-804.

- Gerard, C. J. , M. E. Bloodwoth , C. A. Burleson and W. R. Cowley . 1961 . Crust strength as affected by Soil moisture loss. Soil Sci. Soc. Am. J. 25 : 460 – 463 .
- Hillel, D. 1980 . Fundamentals of Soil Physics. Academic Press , New York.
- Hoffmann, Heiko. 2000 . The dynamics of crack patterns in soil induced by desiccation. M. Sc. Thesis , Faculty of physics and Astronomy , university of Heidelberg .
- Ouhadi, V. R.; and A. R. Goodarzi . (2006) . Assessment of the stability of a dispersive Soil treated by Alum. Engineering Geology ; Issues 1 – 2 , P : 91 – 101
- Richards, L.A. (1953). Modulus of rupture as an index of crusting of soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18:130-132.
- Rengasamy, O. J. M. and T. W. Hancock . 1980 . Improvement of Soil Structure and Plant growth by addition of Alum – Sludge . Comm. Soil Sci. Plan Anal. ,11 , 533 - 545 .
- S.A.S. 2001. User guide statistic (version 6.12). S.A.S. Inst. Inc. Cary. N. C., U.S.A.
- Yule, D. F. and J. T. Ritchie . 1980 . Soil shrinkage relationships of Texas Vertisols : I. Small cores and II. Large cores . Soil Sci. soc. Am. J. 44 : 1285 - 1295 .