تأثير السماد الحيواني في الانتشارية والتوصيلية الحرارية للتربة

حسام الدين أحمد توفيق أميرة حنون عطية علاء علي حسين علي عباس محمد
هشام سلمان العبيدي
مركز التربة والموارد المائية / دائرة البحوث الزراعية وتكنولوجيا الغذاء

المستخلص

تعد الايصالية الحرارية أحدى الصفات الفيزيائية للتربة وتعتمد بالأساس على الجزء المعدني للتربة ومحتواها من المادة العضوية والماء. تهدف الدراسة الى التعرف على تأثير محتوى التربة من المادة العضوية في السعة الحرارية(Heat Capacity) والانتشارية الحرارية (Thermal Diffusivity) والايصالية الحرارية(Thermal Conductivity) للتربة. أجريت الدراسة بإضافة 3 مستويات من المادة العضوية (سماد حيواني) 2% و 3% و 4% على أساس الوزن وبثلاث مكررات الى عينات تربة مزيجة (Loam soil) محتواها من الرمل 382 والغرين 247 والطين 191 $g.k^{-1}$ حضنت التربة مع المادة العضوية لمدة 18 يوما" في درجة حرارة المختبر (25 – 30 م^0) مع الحفاظ على مستوى رطوبي عند السعة الحقلية (Field Capacity). أخذت قراءات درجة حرارة التربة عند عمقين الأول 5 سم والثاني 10 سم وفي أوقات منتظمة كل ساعة ولمدة 24 ساعة.

أظهرت نتائج الدراسة وجود زيادة في السعة الحرارية للتربة عند زيادة نسبة محتوى التربة من المادة العضوية. حيث كانت 0.436 كالوري/سم^3 . كلفن عند نسبة 1% من المادة العضوية، وازدادت الى 0.565 كالوري/سم^3 . كلفن عند نسبة 4% من المادة العضوية. أما قيم الايصالية الحرارية فقد ازدادت أيضا مع زيادة نسبة المادة العضوية المضافة وذلك عند مقارنة القيم للمستويين 3% و 4% بتلك المسجلة عند المستويين 1% و 2% من المادة العضوية.ازدادت الانتشارية الحرارية للتربة مع زيادة أضافة السماد الحيواني وكانت العلاقة بشكل Quaderatic وذات أرتباط عالي يبلغ R = 0.991. بينت الدراسة ايضا" حصول انخفاض في الفترة الزمنية لوصول موجة درجة الحرارة القصوى من العمق 5سم الى 10سم حيث بلغت 2700 ثانية عند مستوى 4% سماد حيواني بعد ان كانت 7200 ثانية عند مستوى 1% سماد حيواني.

المقدمة

تعد حرارة التربة أحدى أهم خصائصها الفيزيائية وقد أهتم الباحثون بدراسة تغيراتها كونها تؤثر في الكثير من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية للمنطقة الجذرية للنبات وطبقة الجو المحيطة بسطح التربة. تعتبر كل من الانتشارية الحرارية والايصالية الحرارية والسعة الحرارية (الخصائص الحرارية للتربة) أحدى مكونات النظام الحراري للتربة والتي يعبر عنها بدرجة حرارة التربة (Baver et al., 1972). أن مقدار تدفقات الحرارة المنطلقة من التربة تفوق التدفقات الداخلة لها، لذا يسعى الباحثون الى تحسين النظام الحراري للتربة بإيجاد وسائل سهلة التطبيق وغير مكلفة اقتصادياً لتقليل الطاقة المفقودة وتحسين كفاءة خزن الطاقة الحرارية في التربة. من تلك الوسائل المستخدمة هو تغير الخصائص الحرارية للتربة والتحكم بالمحتوى المائي لها (Hadas, 1979).

أما الايصالية الحرارية K (Thermal Conductivity) فتعد عامل محدد لانتقال الحرارة في التربة، وهي دالة لبعض خواص التربة الفيزيائية. والأيصالية الحرارية (K) تعرف بأنها كمية الحرارة التي تنتقل عبر وحدة زمن تحت تأثير وحدة الانحدار الحراري. وان الايصالية لمكونات التربة الخاصة تختلف بدرجة كبيرة وعالية فأن المعدل المساحي (Macroscopic) للايصالية الحرارية للتربة يعتمد على المكونات المعدنية ومحتوى المادة العضوية فضلاً

عن تأثير حجم الماء والهواء(Sardar, 1996) . تكون الايصالية الحرارية دالة لنسجة التربة وتوزيع حجوم المسامات والمحتوى الرطوبي للتربة. تنتقل الحرارة في التربة بطريقة التوصيل (conduction) خلال الطور الصلب للتربة (دقائق التربة والمكونات العضوية للتربة) والطور السائل والذي يكون على هيئة أغلفة رقيقة مستمرة خلال الهواء الموجود في المسامات (de Vries, 1963). أشار (Sardar(1996 الى ان الايصـــالية الحرارية للتربة تعتمد على التركيب المعدني، المـــادة العضـــوية وحجم المـــاء. بين Lea, Micheal(1991) ان المادة العضوية في التربة تعتبر احد المكونات الصلبة غير المعدنية للتربة والتي يكون مصدرها بقايا النباتات او الحيوانات وان العديد من صفات التربة المهمة تتأثر بمحتواها من المادة العضوية ومن هذه الصفات هي قابلية التربة للاحتفاظ والإمساك بالماء وتعتمد كمية الماء الجاهز في التربة على السعة الحقلية للتربة، وهناك العديد من العوامل التي تؤثر في كمية الماء الممسوك عند السعة الحقلية منها نسبة الطين ونسبة المادة العضوية ونسبة المسامات البينية وتوزيع حجوم المسامات. وجد Boersma and Sepaskhah(1974) ان الايصالية الحرارية تزداد بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة وان الايصالية الحرارية هي دالة الصفات الحرارية للمكونات الصلبة للتربة (دقائق التربة + المكونات العضوية). من جهة أخرى يلاحظ بأن السعة الحرارية الحجمية للتربة (soil volumetric heat capacity) بأنها التبدل الحراري لوحدة حجم تربة عند تغيير وحدة حرارية، وتعتمد قيمتها على مكونات التربة الصلبة والكثافة الظاهرية ورطوبة التربة.

ذكر de Vries(1963) ان السعة الحرارية الحجمية للتربة هي دالة لمكونات التربة المعدنية والعضوية والمحتوى الرطوبي والمسامية، وان زيادة المحتوى الرطوبي للتربة تؤدي الى زيادة في السعـــة الحرارية الحجمية للتربـــة كما يحصـــل بعد عمليات الري أو بعـــد سقوط الأمطار. أشار Lea and Micheal, (1991) و Zhaogiang (2011) ان وجود المادة العضوية في التربة (بقايا النباتات او مخلفات حيوانية) تؤثر في العديد من صفات التربة ومنها قابلية التربة للاحتفاظ بالماء وهذه بدورها تؤثر على السعة الحرارية الحجمية للتربة.

تعتبر الانتشارية الحرارية للتربة (soil thermal diffusivity) أحدى مكونات النظام الحراري للتربة وتعرف بأنها التغير في درجة حرارة التربة الناتج في وحدة حجم عن طريق تقدير كمية الحرارة الجارية خلال الحجم في وحدة زمن نتيجة لتغيير درجة الحرارة وحدة واحدة. ان الانتشارية الحرارية للتربة تتأثر بالمكونات المعدنية للتربة ومحتواها من المادة العضوية والكثافة الظاهرية وحجم جزء من الماء (Sardar, 1996).

تهدف الدراسة الى التعرف على دور المادة العضوية المضافة (سماد حيواني) الى التربة في الصفات الحرارية للتربة كالسعة الحرارية الحجمية والانتشارية والتوصيلية الحرارية للتربة.

المواد وطرائق العمل

أجريت الدراسة في تربة مزيجة (Loam soil)، سطحية، أخذت عينات تربة من السطح للعمق 30 سم جففت عينات التربة هوائياً وطحنت ومررت بمنخل قطر فتحاته 2 ملم. يبين الجدول (1) بعض خصائص تربة الدراسة ، وقـــد قدرت هذه الخصـــائص حسب الطرائـــق القياسية الواردة فـــي Klute (1986) و Page (1982) . تضمنت الدراسة ثلاث مستويات من المادة العضوية (سماد حيواني) 2 و 3 و 4 % أضيفت الى التربة على أساس الوزن الجاف إضافة الى عينة التربة الأصلية غير المعاملة يدوياً وعبأت عينات التربة في أصص بلاستيكية سعة 7 كغم وبلغت كثافتها الظاهرية 1.35 ميكاغرام.م$^{-3}$ لجميع المعاملات. وكررت كل معاملة ثلاث مرات. قدرت السعة الحقلية (field capacity) لكل معاملة من المعاملات (جدول 2). رطبت الأصص بإضافة الماء لكل أصيص بحيث يتم الحفاظ على مستوى رطوبي عند السعة الحقلية بأخذ وزن الأصص وتعويض الفرق بالوزن بإضافة الماء لحين الوصول الى وزن 100% من السعة الحقلية لكل معاملة. حضنت العينات في المختبر لمدة 18 يوما" بدرجة حرارة 25 م0 ± 5 م0 ثبت

محرارين الأول عند عمق 5 سم والثاني عند عمق 10 سم. أخذت قراءات درجة الحرارة عند هذين العمقين لمدة 24 ساعة وعلى فترات زمنية كل 60 دقيقة.

جدول 1: بعض خصائص تربة الدراسة للتربة المدروسة:

الخصائص	
الرمل غم.كغم$^{-1}$	382
الغرين غم.كغم$^{-1}$	427
الطين غم.كغم$^{-1}$	191
نسجة التربة	مزيجة
التوصيل الكهربائي (ديسي سيمنز /م)	1.77
pH_c	7.09
O. M. غم.كغم$^{-1}$	9

جدول 2: وزن المادة العضوية الى وزن التربة وقيم المحتوى المائي الحجمي عند السعة الحقلية للمعاملات.

معاملات المادة العضوية غم.كغم$^{-1}$	وزن التربة (غم)	وزن المادة العضوية (غم)	السعة الحقلية الحجمية (سم^3. سم-^{3})
10(عينة مقارنة)	6160	---	0.295
20	6025	135	0.320
30	5957	203	0.360
40	5890	270	0.397

حساب الانتشارية الحرارية للتربة Soil Thermal Diffusivity.

رسمت العلاقة بين التغايرات لدرجة الحرارة وللعمقين X1 و X2 (5 و 10 سم) على التوالي مع الزمن لمدة 24 ساعة ومنها حدد وقت وصول درجة الحرارة حدها الأقصى عند العمق 5 سم (t1) وقدر كذلك الزمن المستغرق لانتقال موجة درجة الحرارة القصوى ووصولها الى العمق 10 سم (t2). حسبت الانتشارية باستخدام المعادلة الاتية (Jackson and Kirkham, 1958):

$$k = P(X_2 - X_1)^2 / 4\pi (t_2 - t_1)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان:

K= الانتشارية الحرارية للتربة (سم^2 / ثا)

P= الفترة الزمنية لدورة واحدة في درجة الحرارة (24 ساعة) (ثانية).

X_1 = العمق الأول 5 سم (سم)

X_2 = العمق الثاني 10 سم (سم)

t_1 = زمن وصول درجة الحرارة حدها الأقصى عند العمق 5 سم (ثانية)

t_2 = زمن وصول درجة الحرارة حدها الأقصى عند العمق 10 سم (ثانية)

π = النسبة الثابتة (3.141)

حساب السعة الحرارية الحجمية للتربة (Soil Volumetric Heat Capacity):

حسبت السعة الحرارية الحجمية للتربة بجمع السعات الحرارية لمكونات التربة المختلفة وعلى أساس حجم كل مكون باستخدام المعادلة التالية (Jackson and Kirkham, 1958):

$P_C = f_m(P_C)_m + f_o(P_C)_o + f_w(P_C)_w$ ..... (2)

حيث ان:

P_c = السعة الحرارية (كالوري / سم^3. كلفن)

f = حجم جزء كل طور (سم^3)

m = رمز الجزء المعدني للتربة

O = رمز المادة العضوية

W = رمز الماء

وبالتعويض في معادلة (2) عن (Pc)m = 0.48 و (Pc)o = 0.60 و (Pc)w = 1.0 نحصل على المعادلة de Vries,(1975)

$P_c = 0.48 f_m + 0.60 f_o + f_w$ .....(3)

حساب الايصالية الحرارية للتربة (Soil Thermal Conductivity):

حسبت الأيصالية الحرارية للتربة باستخدام المعادلة التالية (Jackson and Kirkham, 1958):

$K = k P_c$ .....(4)

حيث ان:

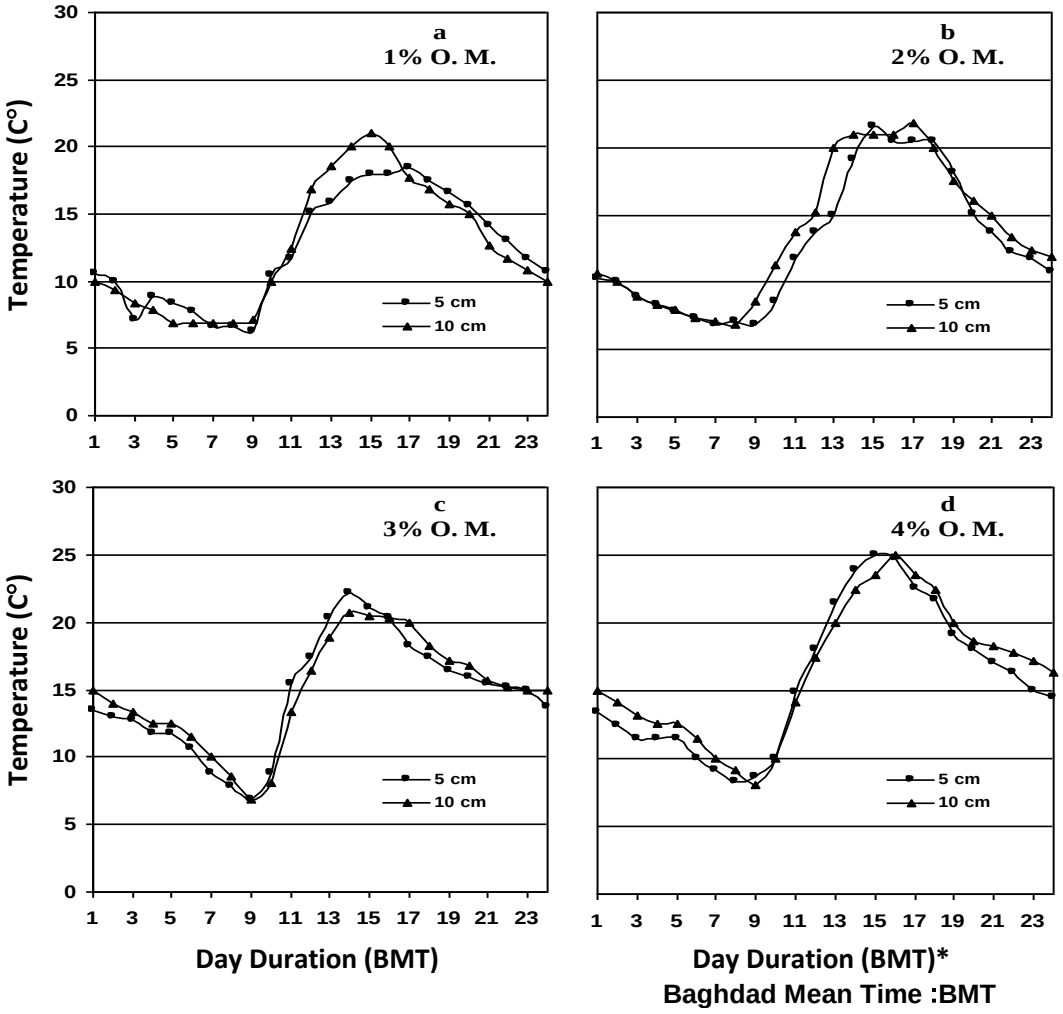
K= الايصالية الحرارية للتربة (كالوري/سم.ثا.م^0)

k= الانتشارية الحرارية للتربة (سم^2/ثا)

Pc = السعة الحرارية للتربة (كالوري/سم^3.كلفن)

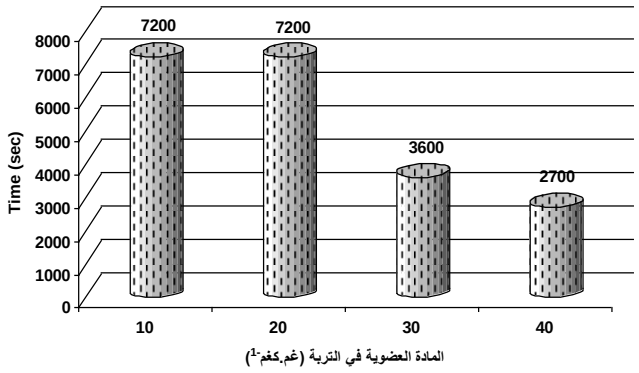
النتائج والمناقشة

يبين الشكل (1) التغايرات اليومية المقاسة لدرجات حرارة التربة عند العمقين 5 و 10 سم من سطح التربة لعينة المقارنة والعينات المعاملة بالمادة العضوية (2 و 3 و 4 %). يلاحظ ان درجة الحرارة عند العمق 5 سم كانت اعلى من درجة الحرارة عند العمق 10 سم خلال فترات شروق الشمس (خلال ساعات النهار) من الساعة 9:00 صباحاً وحتى الساعة 17:00 (5 مساءاً) وهي الفترة التي يتعرض فيها سطح التربة للاشعاع الشمسي اذ وصلت درجة الحرارة عند العمق 5 سم للمعاملة 4% مادة عضوية 11 م^0 في الساعة 5:00 صباحاً في حين بلغت 12.5 م^0 عند العمق 10 سم (شكل 1d). ان درجة الحرارة الدنيا هذه تنتقل بشكل موجات (waves) الى الاعماق السفلى من التربة حتى تصل العمق 10 سم وتخفض من درجة الحرارة. تستمر هذه الموجة من درجة الحرارة الدنيا في النزول الى الاسفل حتى بعد شروق الشمس حيث تبدأ درجة حرارة سطح التربة بالارتفاع. أما بعد شروق الشمس ترتفع درجة حرارة سطح التربة وان اقصى درجة جرارة للعمق 5 سم تكون عند الساعة 15:00 (3.0 مساءاً). ان هذه الزيادة في درجة حرارة سطح التربة تسبب في وجود موجة اخرى لدرجة حرارة قصوى للتربة (maximum soil tempreture) تتحرك باتجاه الاسفل وتصل الى عمق 10 سم بعد 45 دقيقة في الساعة 15:45. أما بعد غروب الشمس فأن الحالة تكون معكوسة حيث تنخفض درجة حرارة التربة عند العمق 5 سم مقارنة بالعمق 10 سم. وعلى سبيل المثال كانت درجة الحرارة بعد غروب الشمس الساعة 20:00 عند العمق 5 سم هي 17 م^0 بينما كانت عند العمق 10 سم 18.5 م^0 (شكل d1) .



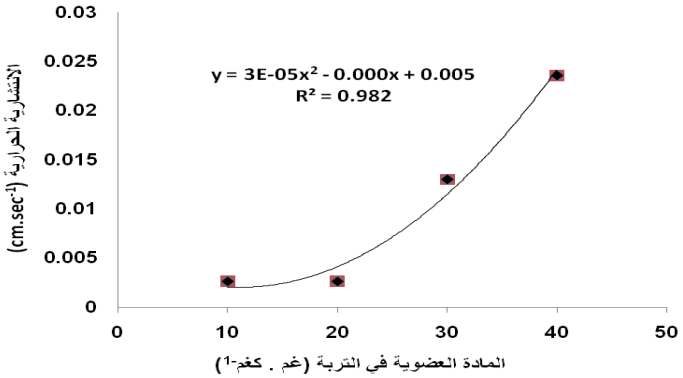
شكل 1: التغايرات اليومية لدرجة الحرارة وعلى عمقين 5 و 10 سم للمعاملات الاربعة من المادة العضوية المضافة.

يوضح شكل (2) المدة الزمنية المستغرقة لوصول موجة درجة الحرارة القصوى من العمق 5 الى 10سم بأختلاف المادة العضوية المضافة، أذ تبين أن المدة الزمنية قد أختلفت بأختلاف المعاملة وحصل انخفاض في المدة الزمنية منذ بلغ الزمن اللازم 7200، 7200، 3600،2700 ثانية للمعاملات 10 ,20 ,30 ,40 غم.كغم$^{-1}$ مادة عضوية على التوالي.



شكل 2 : المدة الزمنية المستغرقة لوصول موجة درجة الحرارة القصوى من العمق 5 الى العمق 10 سم.

يوضح شكل (3) العلاقة بين الانتشارية الحرارية ونسبة المادة العضوية في التربة اذ يلاحظ ارتفاع قيم الانتشارية الحرارية مع زيادة نسبة المادة العضوية وكانت العلاقة بينهما متعددة من الدرجة الثانيـــة (Polynomial Second Degree) وذات معامـــل ارتباط عالي يصل الى R=0.991 (Micheal, 1991 Lea, و Sen Lu et. Al., 2007 و Zhaogiang Ju et. Al., 2011).



شكل 3: الانتشارية الحرارية للتربة لمعاملات المادة العضوية المضافة

يبين الجدول (3) قيم السعة الحرارية الحجمية لمعاملات المادة العضوية المضافة، نلاحظ زيادة في السعة الحرارية الحجمية مع زيادة نسبة المادة العضوية المضافة الى التربة، وهذه الزيادة كانت واضحة عند المعاملتين 3 و 4% مادة عضوية. ويعزى سبب هذه الزيادة للتربة. حيث ان السعة الحرارية الحجمية للتربة تحسب من خلال جمع السعات الحرارية الحجمية لمكونات التربة المختلفة وهي المواد المعدنية + المادة العضوية + الماء. وان السعة الحرارية للمادة العضوية تبلغ 0.60 كالوري/سم^{3}كلفن هي اعلى من السعات الحرارية لكل من للكوارتز والمعادن الاخرى والتي تبلغ لكيهما (0.48) ، والجليد (0.45) والهواء (0.003 كالوري/سم.^{3}كفلن) (de Vries, 1975).

جدول 3: قيم السعة الحرارية الحجمية والايصالية الحرارية للتربة.

معاملات المادة العضوية غم.كغم$^{-1}$	معدل السعة الحرارية الحجمية (cal./cm^3 . K^0)	الايصالية الحرارية (cal./cm. sec.c^0)
10 (عينة مقارنة)	0.436	1.60 x 10^{-3}
20	0.480	1.60 x 10^{-3}
30	0.521	6.93 x 10^{-3}
40	0.565	13.33 x 10^{-3}

لوحظ ايضاً زيادة في قيم الايصالية الحرارية للتربة عند زيادة محتواها من المادة العضوية جدول (3). لم تكن هذه الزيادة مهمة عند ارتفاع نسبة المادة العضوية من 1 الى 2%، الا ان هذه الزيادة بلغت 5 مرات في التربة الحاوية على 3% مادة عضوية و 8 مرات في التربة الحاوية على 4% مادة عضوية. يعود السبب في زيادة الايصالية الحرارية بزيادة المادة العضوية الى ان الأخيرة تساهم في زيادة احتفاظ التربة بالماء والذي يساهم بدوره في زيادة الايصالية الحرارية. فضلاً عن الزيادة بالمادة العضـــوية يمثـــل زيادة في الجزء الصلب الـــذي يعد دالة للصفـــات

الحـــرارية لمكونات التربـــة المختلفـــة (Boersma and Sepaskhah, 1979). ويتفق هذا مع ما ذكره (Azooz and Arshad, 1995) بأن الايصالية الحرارية للتربة (K) قد ازدادت في تربتين، مزيجة غرينية ومزيجة رملية مع زيادة محتواها المائي الحجمي (θ). من هذا يتبين ان للمادة العضوية المضافة (سماد حيواني) دور مهم في الحفاظ على النظام الحراري للتربة من خلال الزيادة في قيم السعة الحرارية الحجمية للتربة وكذلك قيم الانتشارية والتوصيلية الحرارية للتربة.

References

Azooz, R. H. and M. A. Arshad. 1995. Tillage Effect on Thermal Conductivity of Two Soil in Northern Columbia. Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 1413 – 1424.

Baver, L. D., W. H. Gardener and W. R. Gardener. 1972.Soil Physics. 4 th edition. John Wiley and Sons. Inc., New York. 253 – 283.

de Vries, D. A. 1963. Thermal properties of soils. "W. R. Vam Wijk(ed) In "Physics of Plant Environment, North Holland, Amestrdam. P: 210 – 235.

de Vries, D. A. 1975. Heat Transfer in Soils. In: D. A. de Vries and N. H. Afgan (eds), Heat and Mass Transfer in the Biospher Scripta Book Co., Washington, D. C. P: 5 – 28.

Hadas, A., 1979. Thermal Regimes. In : Rhodes W. F., and W. F. Charles(eds.), "The Encyclopedia of soil Science Part 1. P: 552 -557.

Jackson, R. D., and D. Kirkham. 1958. Method of measurements of real thermal diffusivity of moist Soil Soc. Am. Proc. 22: 479 – 482.

Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1, Am. Soc. of Agron., Madison, Wisconism, USA.

Micheal, A. W. and R. Lea. 1991. Soil temperature and organic matter in a disturbed forsted weltland. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 1741 – 1746.

Page, A. L. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2, Am. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin, USA.

Sardar, M. 1996. Thermal conductivity of soil under different salinity levels. m. sc. Thesis, in physics. Faculty of Science, Univ. of Agric., Faisalabad, Pakistan.

Sen Lu, Tushang Ren, Yuanshi GongAND Robert Horton. (2007). An improved modal for predicting soil thermal conductivity from water content at room temperature. soil sci soc Am.J 71: 18-14..

Sepaskhah, A. R. and L. Boersma. 1979. Thermal conductivity of soils as a function of temperature and water content. Soil Sci. Soc. Am. J. 43:439 – 444.

Zhaogiang Ju, Tusheng Ren and Chunsheng Hu. 2011. Soil thermal conductivity as influenced by aggregation at intermediate water contents. soil sci soc Am.J 75: 26-29.

Effect of animal manure application levels on soil thermal diffusivity and conductivity

Husamuldeen A. Tawfeeq, Ameerah H. Atiyah, Alaa A. Hussein, Ali A. AL-Hasani, Husham S. AL-Obaidi

Soil and Water Resources Center, Agricultural Research Directorate

Abstract

Soil thermal property is one of the soil physical properties which depends mainly on soil mineral fraction, organic matter content and soil water content.

The purpose of this study was to explain the effects of soil organic matter content on soil heat capacity, thermal diffusivity and soil thermal conductivity.

Three levels of organic matter as animal manure 2%, 3% and 4% weight bases were added to loam soil (sand 38.25, silt 24.75 and clay 19.1g.kg^{-1}) by three replicates. Soil and organic matter added samples were incubated for 18 days at room temperature (25-30c°). water conten at Field capacity was adjusted for the samples during the incubation period. Soil temperature readings were recorded at two depths 5 and 10 cm in a certain time (every one hour for 24 hours).

The results Showed, that the soil heat capacity increased when the organic matter content increased. The heat capacity magnitude was 0.436 cal/cm^3.galvn. increased to o.565 cal/cm^3 .galvn. at 1% and 4% organic matter content respectively. As well as soil thermal conductivity Vale increased in the two levels 3% and 4% of organic matter comparising with 1% and 2% content of organic matter. Soil thermal diffusivity increased with increasing of organic matter content with quadratic relation with r= 0.991. The Study also showed decreasing in the time of maximum temperature wave to move from 5 to 10cm depth from7200 sec in 1% Organic matter content to 2700 sec in 4% matter content.