

استخدام بعض معايير انبعاثية التربة للأشعة تحت الحمراء الحرارية في التنبؤ برطوبة التربة وجدولة الري لمحصول الذرة الصفراء(*)

أ.م.د. أحمد مدلول الكبيسي نور شبيب ذنون الراوي

جامعة الانبار/ كلية الزراعة

الخلاصة

اجريت دراسة حقلية في الموقع الجامعي / محافظة الانبار في العروة الخريفية لسنة 2012 بهدف التنبؤ برطوبة التربة وجدولة الري لمحصول الذرة الصفراء اعتمادا على قياس بعض معايير انبعاثية التربة للأشعة تحت الحمراء الحرارية. تم زراعة الذرة الصفراء صنف 5018 تركيبي بتاريخ 2012/7/20، واجريت العمليات الزراعية من تسميد ومكافحة ... الخ وفقا لتوصيات وزارة الزراعة، أما الري فقد تم جدولته بعد استنفاد 60% من الماء الجاهز. سجلت درجة الحرارة المطلقة و الأعداد الرقمية الممثلة لانبعاثية التربة على طول موسم النمو باستخدام آلة التصوير الحرارية نوع FLIR i7 وبالتزامن مع وصول الرطوبة الحجمية للتربة الى السعة الحقلية ، وبعد استنفاد 15% و 30% و 45% و 60% من الماء الجاهز. تم قياس المستويات الرطوبة السالف ذكرها باستخدام جهاز مقياس التردد المنعكس (FDR) Frequency Domain Reflectometry، وعولجت البيانات المتحصل عليها من الصورة الحرارية باستخدام برنامج ERDAS . 8.4 IMAGINE رسمت العلاقات بين المتغيرات الثلاثة (الرطوبة الحجمية والقيم الرقمية الممثلة لانبعاثية ودرجة الحرارة المطلقة) باستخدام برنامج spss ver. 19.

أظهرت الدراسة وجود علاقة ارتباط طردية بين رطوبة التربة والأعداد الرقمية كمعيار لانبعاثيتها وبمعامل تحديد (R^2) بلغ نحو 0.944. كما تم الحصول على علاقة انحدار عالية المعنوية $R^2 = (0.990)$ بين الأعداد الرقمية ودرجة الحرارة المطلقة للتربة. في حين لم تكن العلاقة واضحة بين رطوبة التربة ودرجة حرارتها المطلقة . بلغ معدل الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول الذرة الصفراء نحو 835.0 مم في سنة تنفيذ التجربة وتحت ظروفها .

The Use of the Soil Infrared Emissivity Parameters in the Prediction of the Soil Moisture and Scheduling Irrigation for Yellow Corn

Ahmed M. Mohammed Al –Kubiasi

Noor Sh. Thanoon Alrawi

College of Agric. Anbar Univ.

البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الثاني

Abstract

Afield Study was conducted at the University of Anbar Campus / Anbar Province during autumn season 2012 to predict soil moisture and scheduled the irrigation of yellow corn by measuring infrared emissivity of soil .corn seeds (var. 5018) were planted on 7/20/2012. Agricultural practices such as fertilization , plant protection etc were

achieved according to the scientific recommendations , while the irrigation of the crop was scheduled after 60% depletion of soil available water.FLIR i7 camera was used to record each of the absolute soil temperature (T_k) and Digital Number (DN) in synchronous when soil moisture reached at the levels of field capacity , after 15% , 30% , 45% and 60% depletion of the available water.Frequency Domain Reflectometry (FDR) sensor was used to measure the pre-mentioned soil moisture levels. Data acquired from the camera were processed through using ERDAS IMAGINE software (ver. 8.4) . The relationships among volumetric soil moisture (P_v) , DN and T_k were plotted by SPSS software (ver.19).

The results showed that a significant regression ($R^2 = 0.944$) between DN as a parameter for soil emissivity and soil moisture . Also , a significant regression ($R^2 = 0.990$) was obtained between DN and T_k . However , the relationship between soil moisture and temperature was unclear .The average seasonal consumption of water for yellow corn was about (835.0)mm during the execution year of the experiment and under its conditions.

المقدمة

تعرف رطوبة التربة بأنها مقدار ما تحتويه التربة من ماء في لحظة معينة. ومن الناحية العملية فإنها تمثل كمية الماء التي تتبخر عند تجفيف التربة في فرن قياسي على درجة حرارة 105-110°س حتى ثبات كتلتها. أشار Hillel (1980) الى أهمية معرفة المحتوى الرطوبي للتربة في حساب كمية الماء الجاهز للنبات وكمية المياه التي يمكن للتربة أن تحتفظ بها وكمية المياه الواجب إضافتها عند الري...الخ. وتتوقف صحة التقدير وتحديد كمية مياه الري المطلوبة للنبات على دقة طريقة القياس. وضعت العديد من الطرائق لتقدير المحتوى الرطوبي للتربة ولكل منها مزايا وعيوب، ولا مجال لسردها في هذا البحث.

ذكر Schmugge وآخرون (1974) و Ulaby (1975) إمكانية استخدام انبعائية التربة في تقدير محتواها الرطوبي، او لمعرفة التغيرات في درجة حرارتها، إلا إن من معوقات استخدام هذه التقنية هي كلفتها الصناعية وحجمها وتعقيدها. وبالرغم من عدم شيوع استخدام هذه التقنية، إلا إن النتائج التي حصل عليها Myhre و Shih (1990) كانت ايجابية وواعدة. ذكر Van de Griend و Engman (1985) إنهم لا يتوقعون ظهور علاقة قوية بين درجة حرارة التربة ورطوبتها السطحية بسبب تأثير السطح بعوامل عدة اهمها سرعة الرياح ووجود الغيوم والرطوبة الجوية، في حين أشار Carlson وآخرون (1981) و (1983) Price و Taconet وآخرون (1986) و Carlson (1986) و Carlson وآخرون (1994) و McNider وآخرون (1994) و Gilles و Carlson (1995) و van den Hurk وآخرون (1997) و Jones وآخرون (1998) و Hain وآخرون (2009) أن الدراسات والبحوث القديمة قد ركزت على

الاستغلال الأمثل للأشعة تحت الحمراء الحرارية لتقدير حرارة سطح التربة و تشخيص رطوبتها. ولاحظوا أن درجة حرارة سطح التربة أو (النبات) في ساعات الصباح تتأثر بقوة برطوبة التربة أو (رطوبة النبات)، إذ إنها في هذه الفترة من اليوم تسخن بصورة بطيئة.

استخدم Mira وآخرون (2007) عدة حزم للأشعة تحت الحمراء لدراسة تأثير المحتوى الرطوبي للتربة على انبعاثيتها؛ وحصلوا على علاقة ارتباط معنوية موجبة ($r=0.999$) بين رطوبة التربة وانبعاثيتها في بعض الحزم الطيفية المدروسة. حصل Mira و Maria وآخرون (2010) على زيادة في انبعاثية التربة مع زيادة محتواها الرطوبي عن نقطة الذبول إلى السعة الحقلية، وقد تلاشت الاعتمادية بين رطوبة التربة وانبعاثيتها عند المستويات العالية للرطوبة. أشار الراوي (2012) إلى كفاءة متحسس قياس التردد المنعكس للأشعة الكهرومغناطيسية (FDR) Frequency Domain Reflectometry في دراسة التوزيع الرطوبي لمقد التربة وتقدير كفاءة إضافة المياه.

لقد تم تنفيذ البحث بهدف اختبار إمكانية استخدام بعض المعايير الدالة لانبعاثية التربة كدرجة حرارتها المطلقة والأعداد الرقمية (DN) Digital Number المسجلة بواسطة التصوير الحرارية، في تقدير المحتوى الرطوبي للتربة وجدولة الري لمحصول الذرة الصفراء، فضلاً إلى بحث العلاقات بين كل من رطوبة التربة وحرارة سطحها وانبعاثيتها.

المواد وطرائق العمل

نفذت تجربة حقلية في العروة الخريفية لسنة 2012 في محافظة الأنبار / قضاء الرمادي / الموقع الجامعي بهدف استشراف رطوبة التربة وجدولة الري لمحصول الذرة الصفراء اعتماداً على قياس انبعاثية التربة للأشعة تحت الحمراء. تم إزالة نحو (70) سم من تربة الموقع كونها تمثل بقايا أنقاض بناء ضمن الحي السكني الجامعي وعوضت الانقراض وجزء من التربة الأصلية بتربة تم نقلها من حقل زراعي في منطقة الجزيرة / البوعساف بعد تصنيفها إلى تربة رسوبية ذات نسجة مزيجية تنتمي إلى مستوى تحت المجموعة العظمى Torrifluent Typic حسب التصنيف الأمريكي الحديث ، 2011. غمرت تربة الحقل بالمياه لغرض استقرار التربة . ونظراً لتجانس التربة المنقولة وصغر مساحة الحقل ، فقد تم أخذ عينة تربة واحدة وجففت هوائياً ومررت بمنخل قطر فتحاته 2مم وأجريت عليها بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية (الجدول 1) .

تم تسوية التربة و أضيف لها سماد الداب (DAP) كمصدر لعنصري الفسفور والنيتروجين وبمعدل 184g^p و 72g^N هـ⁻¹ قبل الزراعة في حين تم استكمال الاحتياج النيتروجيني بإضافة سماد اليوريا وكما سيرد لاحقاً. قسمت الأرض إلى مروز يدويا وبطول 3 م وبفاصله 0.8 م بين مرز وآخر. أعطيت رية التعبير في 2012/7/19 وتم زراعة بذور الذرة الصفراء صنف إباء 5018 بتاريخ 2012/7/20 وبواقع ثلاث بذور في الجورة الواحدة وعلى مسافة 0.25 م بين جورة وأخرى. ويوضح الشكل (1) المخطط الحقلية للتجربة.

جدول (1) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

القيمة	الصفة
6.4	التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ds.m^{-1})
7.1	pH
21	الكلس (غم . كغم ⁻¹ تربة)
tracc	الجبس (غم . كغم ⁻¹ تربة)
4.7	المادة العضوية (غم . كغم ⁻¹ تربة)
1.39	الكثافة الظاهرية (ميكاغرام. م ⁻³)
46	التوزيع النسبي لمفصولات الرمل
40	التربة (غم.كغم ⁻¹ تربة) الغرين
14	الطين
مزيجة	النسجة
0.32	الرطوبة الحجمية (سم ³ . عند شد 33 كيلو باسكال
0.14	(سم ³) عند شد 1500 كيلو باسكال
0.53	نسبة الاشباع %
0.18	الماء الجاهز (سم ³ . سم ⁻³)

أعطيت رية الإنبات في 2012/7/20 ، وبعد اكتمال الانبات ووصول النباتات الى مرحلة الورقة الخامسة ، تم خفها الى نبات واحد في كل جورة. أضيف السماد النايتروجيني بمعدل 276 كغم.N. هـ⁻¹ وبما يكفي 600 كغم يوريا. هـ⁻¹، وعلى ثلاث دفعات ؛ اذ أعطيت 100 كغم يوريا. هـ⁻¹ كدفعة أولى بعد 15 يوم من البزوغ و 200 كغم يوريا. هـ⁻¹ كدفعة ثانية بعد 30 يوم من الدفعة الأولى ، و 300 كغم يوريا. هـ⁻¹ كدفعة ثالثة في مرحلة التزهير.

تمت مكافحة الأدغال بالتعشيب اليدوي بصورة مستمرة خلال موسم النمو لضمان انسياب الماء وتوزيعه بشكل متجانس على طول المرز. كما تم اجراء المكافحة الوقائية لحفار ساق الذرة باستعمال مبيد الديازينون المحبب (10% مادة فعالة) وبمقدار 6 كغم. هـ⁻¹ تلقياً في قلب النبات ولثلاث مرات ؛ الأولى بعد 20 يوماً من الزراعة والثانية بعد عشرة أيام من الدفعة الأولى والثالثة بعد عشرة أيام من الدفعة الثانية.

تمت عملية الري باستخدام خزان مياه مدرج سعة 2 م³ متصل بثلاث خرطوم بلاستيكية قطر (0.75) إنج لتروي مرز المعاملة مع المرزتين الحارسين في آن واحد (الشكل (1)) وذلك بعد استنفاد 60% من الماء الجاهز. لقد تم الاستعانة بجهاز التردد المنعكس (FDR Frequency Domain Reflectometry لتحديد رطوبة التربة الآنية وموعد الري . أما حجم الماء الواجب إضافته للوصول إلى السعة الحقلية في كل رية ، فقد تم حسابه كالآتي :

$$d = (\Theta_{f.c} - \Theta_{b-l}) * D \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$V = d * L * w \quad \dots\dots\dots (2)$$

اذ ان :

d = عمق الماء الواجب إضافته، (سم).

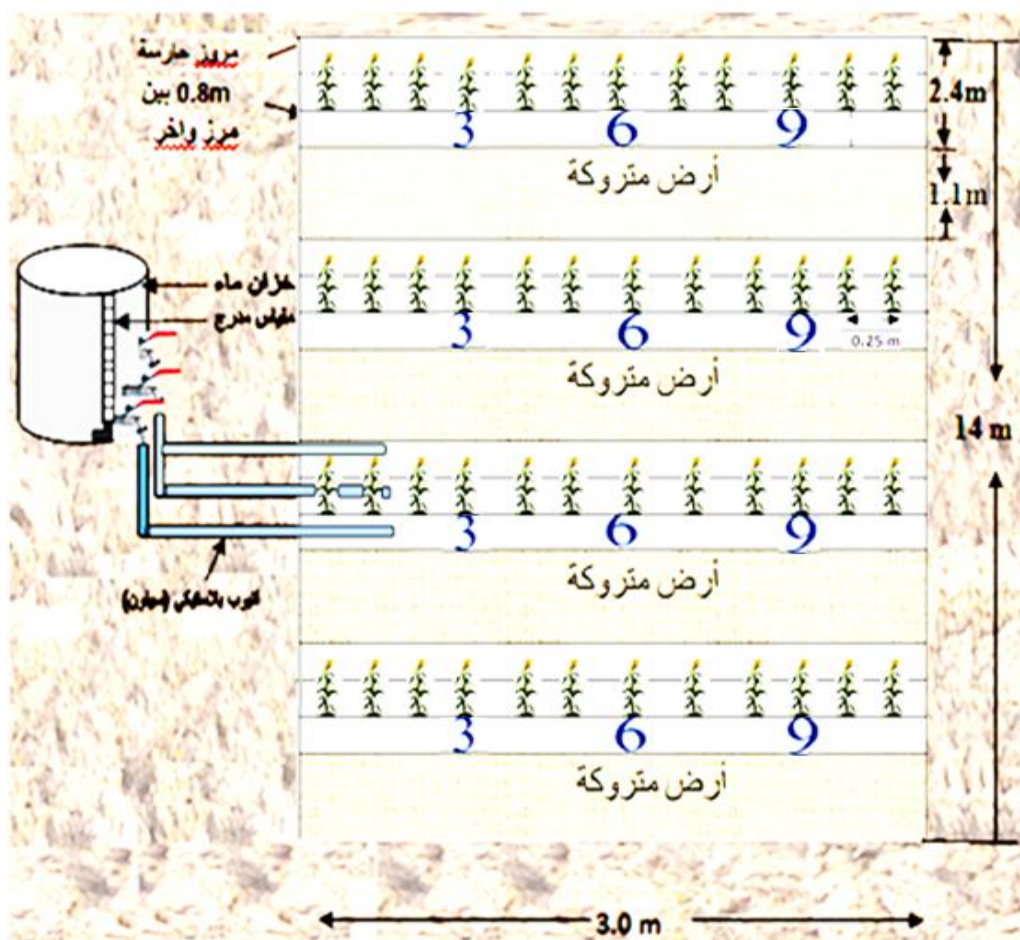
$\theta_{b-l} = \theta_{f.c}$ = الرطوبة الحجمية للتربة عند السعة الحقلية وقبل الري مباشرة، حسب الترتيب، (كسر عشري).

D = عمق المجموع الجذري وقت القياس، (سم).

V = حجم الماء الواجب إضافته، (سم³).

L = طول المرز، (سم).

W = المسافة الفاصلة بين مرز و آخر، (سم).



الشكل (1) المخطط الحقل للتجربة.

أجريت القياسات المدونة ادناه لسبعة ريات موزعة على امتداد الموسم وبواقع ثلاث ريات في مرحلة النمو الخضري وريتان خلال مرحلة التزهير ومثلهما خلال مرحلة النضج :

1. رطوبة التربة :

تم قياس رطوبة التربة على عمق (0-10 سم) عند وصولها الى السعة الحقلية وبعد استنفاد 15% و 30% و 45% و 60% من الماء الجاهز باستخدام جهاز مقياس التردد المنعكس (FDR) Frequency . Domain Reflectometry

2. الاعداد الرقمية ودرجة الحرارة المطلقة لسطح التربة :

تم تصوير سطح التربة في المواقع المؤشرة بالارقام 3 و 6 و 9 في الشكل (1) باستخدام آلة التصوير الحرارية نوع FLIRi7 وبالتزامن مع وصول رطوبة التربة الى المستويات المذكورة في الفقرة (1) . تم معالجة الصورة وتحويلها من صيغة JPEG الى صيغة image باستخدام البرنامج ERDAS (ver. 8.4) IMAGINE ، كما حذفت قيم العناصر التي تمثل اطار (frame) الصورة والتي تأخذ القيمة صفر ثم سجلت قيم العناصر المكونة للصورة لتمثل الاعداد الرقمية (DN) كميّار لإنبعائية التربة عند كل مستوى رطوبي . تم تسجيل درجة الحرارة المطلقة لسطح التربة التي تقوم آلة التصوير المذكورة أنفا بقياسها عند أخذ كل صورة .

3. الاستهلاك المائي :

تم حساب أعماق المياه المضافة (مم) لمحصول الذرة الصفراء بحساب مجموع أعماق الماء المضاف في الريات خلال موسم النمو .

المعالجة الاحصائية للبيانات :

استخدم البرنامج الاحصائي SPSS (ver. 19) لبحث علاقة الانحدار بين الاعداد الرقمية التجريبية (DN_e) كمتغير استجابة response variable وبين رطوبة التربة الحجمية السطحية (P_v) وبين الاعداد الرقمية المقاسة (DN) و درجة الحرارة المطلقة (T_k) لسطح التربة كمتغير توضيحي explanatory variable . وكذلك علاقة الانحدار بين رطوبة التربة ودرجة حرارتها المطلقة السطحية . تم بناء العلاقة بين الاعداد الرقمية ودرجة حرارة سطح التربة اعتمادا على الحقيقة العلمية التي مفادها إن جميع الاجسام التي تزيد درجة حرارتها عن الصفر المطلق ، تبعث اشعة تحت حمراء حرارية اما العلاقة بين الاعداد الرقمية كدالة لإنبعائية التربة والرطوبة الحجمية للتربة فقد بنيت على الاساس التجريبي الذي أشار تحت ظروف هذه التجربة الى إن التربة عندما تقترب رطوبتها من الصفر فإن قيمة عددها الرقمي ستساوي (55) ولجميع الريات وعلى طول موسم النمو ، وقد تم الحصول على هذا الرقم استنادا الى تجربة مختبرية لخمس مكررات من عينات التربة والنبات المجففة بالفرن والمبردة في مجفف ، وتم قياس انبعائيتها واخذ معدلها . واستنادا لذلك فقد تم حساب الأعداد الرقمية التجريبية (DN_e) وفقا للمعادلة الآتية:

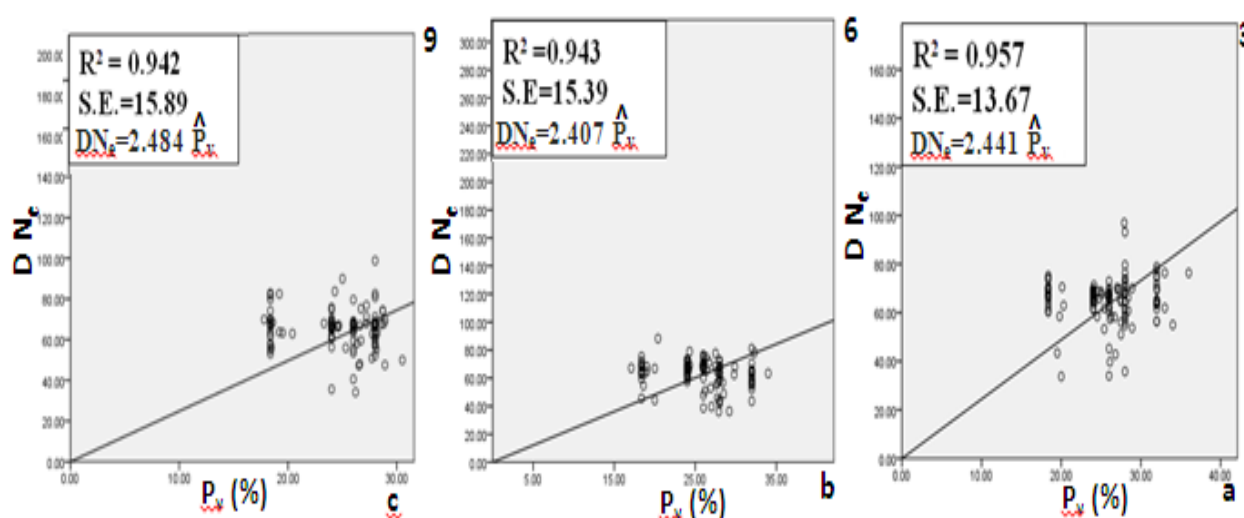
$$DN_e = DN - 55 \dots\dots\dots (3.4)$$

وتم استعمال نفس البرنامج الاحصائي المذكور انفا لبيان علاقات الانحدار بين الأعداد الرقمية التجريبية (DN_e) كمتغير استجابة وبين كل من الرطوبة الحجمية للتربة والرطوبة الوزنية للنبات كمتغير توضيحي.

النتائج والمناقشة:

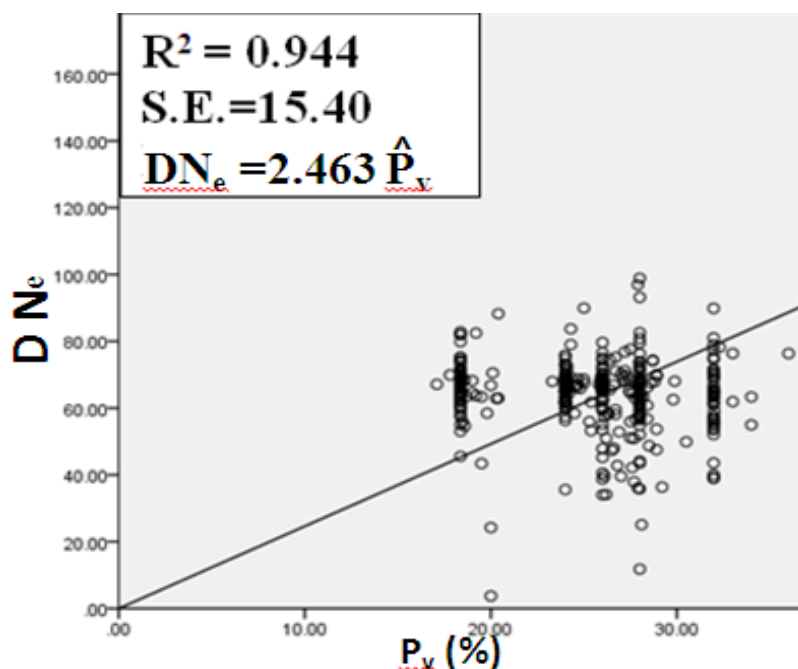
1. رطوبة التربة الحجمية وانبعاثيتها:-

تراوحت رطوبة التربة الحجمية المقاسة (P_v) بين 17.3 و 34.0 % في حين تراوحت القيم الممثلة للانبعائية التجريبية بين 33.7 و 98.8.



الشكل 2.1.4- العلاقة بين الرطوبة الحجمية للتربة والقيم الممثلة لانبعائيتها التجريبية لجميع الريات وعند المواقع 3 و 6 و 9.

يوضح الشكل (2 - a , b , c) العلاقة بين الرطوبة الحجمية للتربة كمتغير توضيحي وقيم الاعداد الرقمية كمعيار لانبعائيتها كمتغير استجابة عند استخدام بيانات جميع الريات المنفذة بالمواعيد (16/8/2012 ، 22/8/2012 ، 28/8/2012 ، 14/9/2012 ، 24/9/2012 ، 2/10/2012 ، 13/10/2012) ولكل موقع للنباتات المؤشرة بالأرقام 3 و 6 و 9 على الشكل (1) ، حسب الترتيب . ومنها يتضح ان المنحى العام (Trend) للعلاقة هي خطية طردية وان اختلفت بمعامل التحديد وقيم الخطأ القياسي (S.E.) باختلاف مواعيد الري ومواقع القياس فضلا عن عدم تأثر قيمة معامل التحديد بتغير موعد الري وبقاء العلاقة بنفس القوة. وقد بلغت قيم معامل التحديد (R^2) نحو 0.957 و 0.942 و 0.943 وقيم الخطأ القياسي (S.E.) نحو 13.67 و 15.39 و 15.89 عند المواقع 3 و 6 و 9 ، حسب الترتيب .



الشكل (2) العلاقة بين رطوبة التربة الحجمية P_v والقيم الممثلة لانبعائيتها التجريبية DN_e لجميع الريات وللمواقع 3 و6 و9 .

وعند استخدام جميع البيانات المستحصل عليها خلال جميع الريات ولجميع المواقع في رسم العلاقة المذكورة (الشكل (3))، تبين عدم تأثر قوة العلاقة بتغير موقع القياس وموعد الريات، وتفسر العلاقة الخطية الموجبة على أساس ان الأجسام الأكثر محتوى رطوبي لها قدرة أعلى لامتصاص وبعث الطاقة ذات الأطوال الموجية الطويلة ، كما إن الأجسام الأدكن (ذات الرطوبة الأعلى) ذات انبعائية أعلى من الأجسام الأفصح، وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه كل من Mira وآخرون (2007) و Maria Mira وآخرون (2010) إذ لاحظوا زيادة انبعائية التربة مع زيادة رطوبتها لمستوى السعة الحقلية أو أقل من ذلك قليلا.

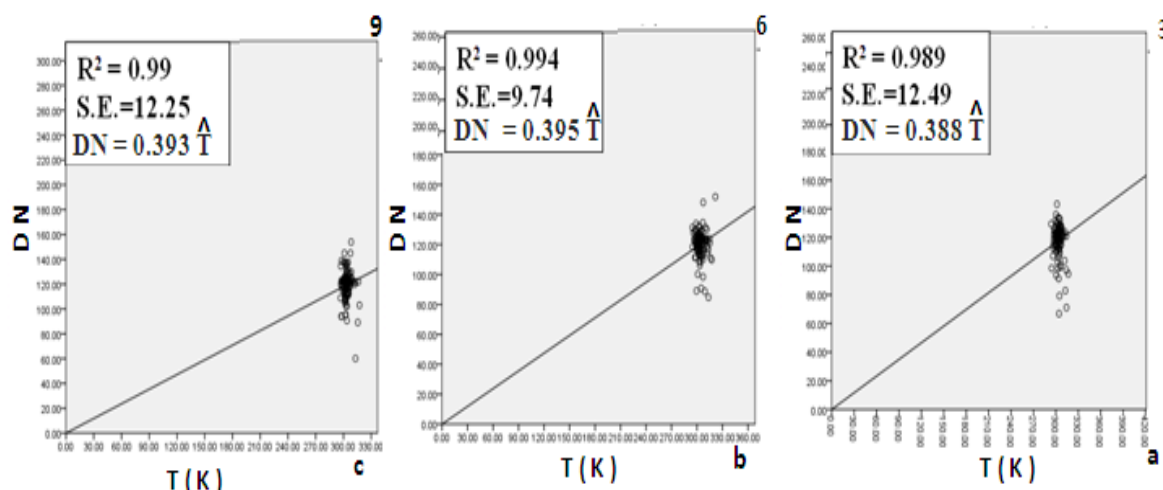
يبين الجدول (2) بعض قيم الرطوبة الحجمية المقاسة (P_v) والمستشرف بها (P_v) باستخدام أنموذج الاستشراف $DN_e = 2.407 P_v$ المتحصل عليه في الموقع (6) ، وقيم الخطأ النسبي المئوي المطلق (E). ومنه يتضح ان معظم القيم المستشرف بها قد زاد فيها مقدار الخطأ عن 10% ، الأمر الذي يجعل عملية استشراف رطوبة التربة باستخدام بيانات الأعداد الرقمية كمييار للانبعاثية بمفردها، غير واردا على الرغم من ارتفاع قيمة معامل التحديد للأنموذج المذكور وانخفاض قيمة الخطأ القياسي نسبيا (الشكل 2- b) وقد تعزى هذه النتيجة الى وجود عوامل اخرى مؤثرة في رطوبة التربة ولم تؤخذ بنظر الاعتبار لأسباب خارجة عن امكانية الباحث فقد أشار Engman و van de Griend (1985) الى تأثير كل من سرعة الرياح ووجود الغيوم والرطوبة الجوية في رطوبة التربة السطحية وان جميع تلك العوامل لم يكن بالإمكان قياسها لعدم توفر الأجهزة والمعدات اللازمة لذلك في موقع اجراء التجربة. فضلا الى عن العديد من الباحثين ومنهم Xiao

واخرين (2003) و Ogawa واخرين (2006) قد اشاروا الى ان تحليل التغيرات في انبعاث الأشعة تحت الحمراء الحرارية بالتلازم مع رطوبة التربة ، هو احد القضايا المعلقة في مجال التحسس النائي.

جدول (2) بعض قيم رطوبة التربة الحجمية المقاسة (P_v) والمستشرف بها (P_v) باستخدام المعادلة

$$2bDN_e = 2.407 P_v \text{ المثبتة على الشكل}$$

$DN = DN_e - 55$ $\hat{P}_v = \frac{DN}{2.407}$ $\%E = \left \frac{P_v - \hat{P}_v}{P_v} \right * 100$ الخطأ النسبي المئوي المطلق					
o.					
	N	v			
1	115.0	26.0	60.0	24.9	4.1
2	123.9	26.0	68.9	28.6	10.1
3	123.2	22.0	68.2	28.3	28.8
4	110.2	27.6	55.2	22.9	16.9
5	118.3	32.0	63.3	26.3	22.6
6	126.1	26.7	71.1	29.5	10.7
7	127.6	24.1	72.6	30.2	25.1
8	99.2	20.0	44.2	18.4	8.1
9	114.3	29.0	59.3	24.7	15.0
10	119.6	22.0	64.6	26.8	21.9
11	123.9	25.9	68.9	28.6	10.5
12	128.2	24.0	73.2	30.4	26.8
13	118.5	32.0	63.5	26.4	17.4
14	120.5	26.4	65.5	27.2	3.1
15	133.9	24.3	78.9	32.8	35.0
16	118.4	21.0	63.4	26.4	40.9
17	91.4	29.2	36.4	15.1	48.3
18	129.5	26.4	74.5	30.9	17.2
19	122.1	21.0	67.1	27.9	63.1
20	109.7	21.0	54.7	22.7	8.1

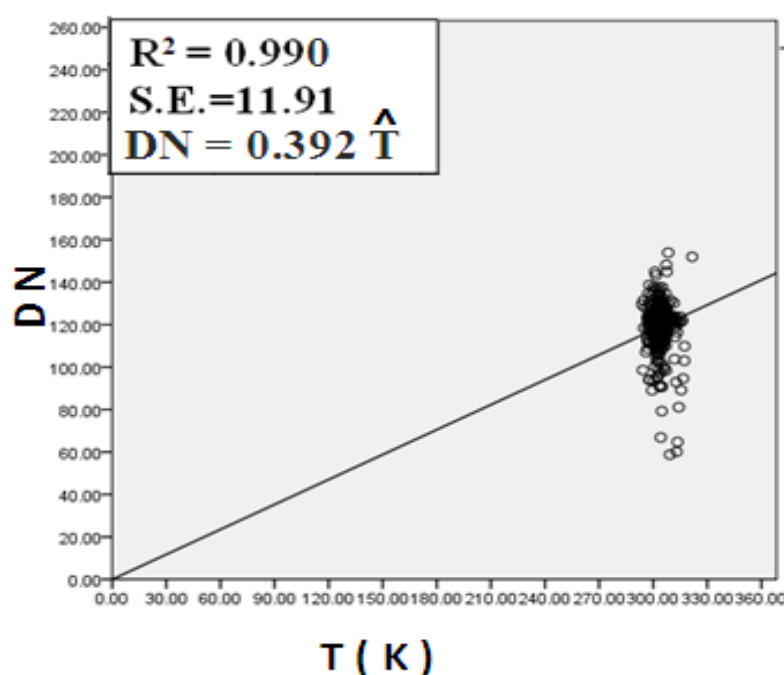


الشكل (4) العلاقة بين درجة حرارة التربة المطلقة T والقيم الممثلة لانبعائيتها DN لجميع الريات ولمواقع 3 و 6 و 9.

تراوحت درجات الحرارة المطلقة المقاسة بين 293.8 و 317.4 في حين تراوحت قيم الاعداد الرقمية كمعيار للانبعائية المقاسة بين 60.7 و 153.8. يوضح الشكل (4 - a , b , c) العلاقة بين درجة الحرارة المطلقة للتربة كمتغير توضيحي وقيم الاعداد الرقمية كمعيار لانبعائيتها كمتغير استجابة عند استخدام بيانات جميع الريات المنفذة بالمواعيد (16/8/2012 ، 22/8/2012 ، 28/8/2012 ، 14/9/2012 ، 24/9/2012 ، 2/10/2012 ، 13/10/2012) لكل موقع للنباتات المؤشرة بالأرقام 3 و 6 و 9 على الشكل (1) ، حسب الترتيب . ومنها يتضح ان المنحى العام للعلاقة هي خطية طردية وقد بلغت قيم معامل التحديد في المواقع 3 و 6 و 9 نحو 0.989 و 0.994 و 0.990، حسب الترتيب في حين بلغت قيم الخطأ القياسي نحو 12.49 و 9.74 و 12.25 للمواقع الثلاث حسب الترتيب . وقد لوحظ عدم وجود تأثير لموعد الري او موعد القياس في قوة العلاقة .

وعند استخدام جميع البيانات المستحصل عليها خلال جميع الريات ولجميع المواقع في رسم العلاقة المذكورة الشكل (5) تبين عدم تأثر قوة العلاقة بتغير موقع القياس . وتفسر العلاقة الخطية الموجبة على أساس ان كمية الأشعة تحت الحمراء الحرارية المنبعثة من الأهداف تتناسب مع درجة حرارة تلك الأهداف، فالأجسام الساخنة تبعث كميات أكبر من الأشعة تحت الحمراء الحرارية مقارنة بالأجسام الباردة. وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل اليه (2006) Abdul و (2007) Jensen.

يبين الجدول (3) بعض قيم درجة الحرارة المطلقة المقاسة (T) والمستشرف بها (T) باستخدام أنموذج الاستشرف ($DN = 0.395 T$) المتحصل عليها من جميع الريات وفي الموقع (3)، وقيم الخطأ النسبي المئوي المطلق (E)، ومنه يتضح أن نحو 80% من القيم المستشرف بها لدرجات الحرارة المطلقة للتربة قد قل فيها الخطأ النسبي المئوي المطلق عن 10% وهي نسبة خطأ مقبولة في العمل الحقل،



الشكل (5) العلاقة بين درجة حرارة التربة المطلقة T والقيم الممثلة لانبعائيتها DN لجميع الريات والمواقع.

الأمر الذي يجعل عملية استشراف درجة حرارة سطح التربة باستخدام بيانات الأعداد الرقمية كمعيار لانبعائيتها ، واردا . وهذه النتيجة تتفق مع ما أشار اليه Verstraeten (2006) في امكانية استخدام متحسسات ذوات قدرة تمييز مكاني عالية في قياس حرارة سطح التربة.

جدول (3) بعض قيم درجة الحرارة المطلقة المقاسة للتربة (T) والمستشراف بها (T) في الموقع

(3) باستخدام المعادلة المثبتة على الشكل $DN = 0.388 T$

NO.	DN	T	$\hat{T} = \frac{DN}{0.395}$	$\%E = \left \frac{T - \hat{T}}{T} \right * 100$
1	123.3	296.5	312.2	5.3
2	129.6	305.2	328.1	7.5
3	131.3	303.1	332.6	9.7
4	110.9	316.1	280.8	11.2
5	125.0	297.9	316.4	6.2
6	128.5	304.9	325.4	6.7
7	126.3	302.6	319.6	5.6
8	60.7	309.3	148.7	51.9
9	131.3	294.7	332.5	12.8
10	122.5	304.9	310.1	1.7
11	123.7	303.9	313.1	3.0

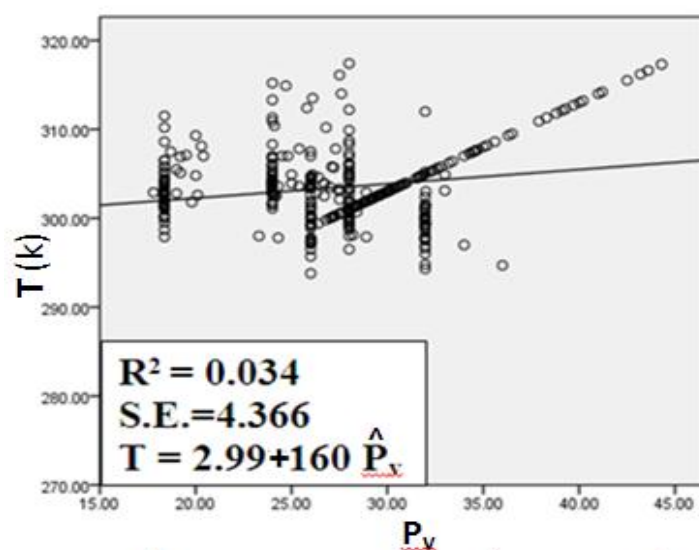
NO.	DN	T	$\frac{\Delta T}{T} = \frac{DN}{0.395}$	$\%E = \left \frac{T - \hat{T}}{T} \right * 100$
12	115.4	307.5	292.1	5.0
13	119.8	299.4	303.4	1.3
14	113.1	302.5	286.4	5.3
15	119.5	302.5	302.5	0.01
16	98.4	307.1	249.1	18.9
17	116.9	304.9	296.1	2.9
18	109.9	307.0	278.4	9.3
19	117.9	308.1	298.5	3.1
20	116.8	307.8	295.7	3.9

3. رطوبة التربة الحجمية ودرجة حرارتها:-

يوضح الشكل (6) العلاقة بين الرطوبة الحجمية للتربة (P_v) كمتغير توضيحي و درجة حرارتها المطلقة (T) كمتغير استجابة. ومنه يتضح ان العلاقة بين المتغيرين ضعيفة وقد يعزى ضعف العلاقة الى اعتماد البحث على اجراء القياسات بأوقات معينة ، فقد استند على وصول رطوبة التربة الحجمية لمستويات رطوبية ثابتة وهذه المستويات الرطوبة قد تصل اليها التربة في ساعات الصباح أو الظهيرة أو بعد الغروب أو أي وقت اخر على امتداد ساعات اليوم، فضلا الى عدم توفر محطة أنواء في موقع التجربة لقياس العوامل المؤثرة في درجة حرارة التربة السطحية والتي تشمل على كل من درجة حرارة الجو والرطوبة الجوية وزاوية سقوط أشعة الشمس وسرعة الرياح والغيوم الخ ، وهذه النتائج تتفق مع كل من van de Griend و Engman (1985) إذ إنهم لم يتوقعوا ظهور علاقة بين درجة حرارة التربة السطحية ورطوبتها بسبب قوة تأثير العوامل المذكورة انفا عليها.

4. الاستهلاك المائي

يبين جدول (4) أعماق مياه الري المضافة استنادا لقياسات المحتوى الرطوبي في التربة، خلال موسم نمو محصول الذرة الصفراء ، بلغ عدد ريات المحصول خلال موسم النمو 2012 نحو 27 رية تفاوتت خلالها أعماق مياه الري المضافة بين 10.8مم و 54.0مم وبما مجموعه 835.0مم خلال الموسم . ان قيمة الاستهلاك المائي المقاسة هذه تتفق مع قيم الاستهلاك المائي الذي أشار له الشمري (2010) والراوي (2012).



الشكل (6) العلاقة بين درجة حرارة التربة المطلقة T ورطوبتها الحجمية P_v لجميع الريات والمواقع.

جدول (4) اعماق مياه الري المضافة

التاريخ	عمق مياه الري المضاف (مم)	عمق الجذر (سم)	الملاحظات
25/07/2012	20.0		رية انبات
28\7\2012	10.8	10	
31\7\2012	10.8	10	
2\8\2012	10.8	10	
5\8\2012	10.8	10	
7\8\2012	10.8	10	
9\8\2012	10.8	10	
11\8\2012	10.8	10	
12\8\2012	16.2	15	
14\8\2012	16.2	15	
16\8\2012	16.2	15	
19\8\2012	21.6	20	
22\8\2012	21.6	20	
25\8\2012	32.4	30	
27\8\2012	32.4	30	
3\9\2012	32.4	30	
06/09/2012	43.2	40	
8\9\2012	43.2	40	
12\9\2012	43.2	40	
17\9\2012	43.2	40	
19/09/2012	54.0	50	
25/9/2012	54.0	50	
29/09/2012	54.0	50	
05/10/2012	54.0	50	
11/10/2012	54.0	50	
21/10/2012	54.0	50	
01/11/2012	54.0	50	

المصادر

1. الراوي ، عادل خير الله . 2012. مقارنة نظام الرش المحوري التقليدي MESA مع تقائتي LESA و LEPA ذات الضغط الواسع اطروحة دكتوراه . كلية الزراعة . جامعة الأنبار .
2. الشمري ، وائل فهمي . 2010. تأثير متطلبات الغسل وأبعاد اللوح في التوزيعات الرطوبة وانتشار الجذور ونمو وحاصل الذرة الصفراء zea mays. رسالة ماجستير . كلية الزراعة . جامعة الأنبار .
1. Abdul Kadhum ,Haider Ismael . 2006. Remote Sensing Techniques for Environmental Pollution Purposes. A Thesis Submitted to the Building and Construction Department in the University of Technology in Partial Fulfillment of Requirements for degree of Master Science in Building and construction Engineering (Remote Sensing).
2. Carlson, T. N. . 1986. Regional-scale estimates of surface moisture availability and thermal inertia using remote thermal measurements. Remote Sensing Review, 1 : 197–247.
3. Carlson, T. N. ; Gilles R.R. and E. Perry. 1994. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. Remote Sensing Review, 8, 181–198.
4. Carlson, T. N. ; Benjamin S.G. and J. N. Cooper .1981.Satellite estimation of the surface energy budget, moisture availability and thermal inertia. Agric. and Forest Met., 52, 45–69.
5. Hain, C. R., J. R. Mecikalski, and M. C. Anderson, 2009: Retrieval of an available water-based soil moisture proxy from thermal infrared remote sensing. part i: Methodology and validation. J. Hydrometeor., 10, 431–447.
6. Hillel, D. 1980. Fundamentals of soil physics. UniversityMasatiosets.America.
7. Jensen, J. R., 2007, Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, 2nd Edition, Upper Saddle River: Prentice-Hall, 592 p.
8. Jones, A. S., I. C. Guch, and T. H. von der Haar, 1998: Data assimilation of satellite- derived heating rates as proxy soil wetness data into a regional atmospheric model. part i: Methodology. Mon. Wea. Rev., 126, 634–645.
9. M. Sanchez Juan, Andrew N. French, Maria Mira, Douglas J. Hunsaker, Kelly R. Thorp, Enric Valor and Vicente Caselles. 2011. Thermal Infrared Emissivity Dependence on Soil Moisture in Field Condition. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing - IEEE TRANS GEOSCI REMOT SEN. vol. 49, no. 11, pp. 4652-4659.
10. M. Maria , E. Valor, R. Boluda, V. Caselles, C. Coll, Joan M. Galve, Raquel Niclòs, Juan M. Sánchez and Rafael Boluda. 2010 . Soil Moisture Effect on Thermal Infrared (8–13- μ m) Emissivity. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing .vol. 48, no. 5, pp. 2251-2260.
11. Myhre, B.E., and S.F. Shih, 1990. Using Infrared Thermometry to Estimate Soil Water Content for a Sandy Soil. ASAE PAPER, Vol. 33(5): pp 1479-1486.
12. McNider, R. T. ; Song A.J. ; Casey D.M. ; Wetzal P.J. ; Crosson W.L. and R. M. Rabin . 1994. Toward a dynamic-thermodynamic assimilation of satellite surface temperature in numerical atmospheric models. Mon. Wea. Rev., 122, 2784–2803.

13. Price, J. C. 1983. Estimating surface temperature from satellite thermal infrared data - a simple formulation for the atmospheric effect. *Remote Sens. Environment*. 13, 353–361.
14. Schmugge T, Gloersen P, Wilheit TT, Geiger F. Remote sensing of soil moisture with microwave radiometers. *J Geophys Res* 1974;79(2):317–23.
15. Taconet, O. R. ; Bernard R. and D. Vidal-Madjar. 1986. Evapotranspiration over an agricultural region using a surface flux / temperature model based on NOAA AVHRR data. *J. Clim. and Appl. Met.*, 25, 284–307.
16. Ulaby, F.T. 1975. Radar Response to vegetation. *IEEE Trans. On Antennas and propagation*, January, vol. Ap-23, no. 1, pp.36-45.
17. USDA Soil Survey Staff ,2011.Keys to Soil Toxonomy . 10th ed.(NRCS:Washigton DC).
18. van de Griend A Aand Engman E T (1985). Partial Area Hydrology and Remote Sensing. *J Hydrol*, 81: 211–251.
19. van den Hurk, B. W.; Bastiaanssen W.; Pelgrum H. and E. V. Meijgaard. 1997. A new methodology for assimilation of initial soil moisture fields in weather prediction models using Meteosat and NOAA data. *J. Appl. Met.*, 37, 1217–1233.
20. Williams,T.R.,andA.R.Hallauer .2000.Genetic diversity among maize hybrid . *Maydica* 45 :163-171.