



دراسة العلاقة بين معامل المحصول (K_c) لمحصول القمح المحدد حقلياً والقرينة النباتية المعدلة (NDVI) المستنتجة من بيانات الاستشعار عن بعد

Studying the Relationship between Crop Coefficient (K_c) of Wheat Crop and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Using Remote Sensing Data

Received 29 January 2013 / Accepted 13 March 2013

م . أفين داود⁽¹⁾ ، د . إيهاب جناد⁽¹⁾ ، و د . أحمد ياغي⁽²⁾

(1): المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة / أكساد - دمشق - سورية.

(2): الهيئة العامة للاستشعار عن بعد - دمشق - سورية.

المُلخَص

نُفذ هذا البحث بهدف تقويم معامل المحصول (K_c) المحسوب من بيانات الاستشعار عن بعد. أُجريت التجربة الحقلية في محافظة حمص / سورية، خلال الموسمين الزراعيين 2008 و2009 حيث حُددت في الموسم الأول قيم معامل المحصول (K_c) حقلياً بطريقة الموازنة المائية وقيم القرينة النباتية المعدلة (NDVI) خلال مراحل نمو المحصول المختلفة باستخدام جهاز السبيكتروراديو متر (Field Specpro)، ومن ثم درست العلاقة بين قيم K_c و قيم NDVI حيث وجد أن هذه العلاقة خطية .

استُخدمت نتائج الموسم الثاني لتقويم العلاقة المستنتجة في الموسم الأول. أثبتت نتائج هذه الدراسة أن استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في تحديد معامل المحصول (K_c) تُعد طريقة جيدة إذ أنها نتجت بخطأ متوسط تربيع (RMSE) قدره 0.12 مم/يوم . وخطأ مطلق (MBE) مقداره - 0.12 مم/يوم وبفعالية (E) مقدارها 0.68 بين القيم المقاسة وتلك المحسوبة لمعامل المحصول.

الكلمات المفتاحية : الاحتياج المائي (ETc) ، القرينة النباتية المعدلة (NDVI) ، معامل المحصول (K_c)، القمح.

Abstract

This research implemented to evaluate the crop coefficient (K_c) using Remote Sensing Data. The experiment carried out in Homs City, Syria during the agricultural season 2008 -2009. The K_c values estimated

for the first season using water balance method. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) measured using spectroradiometer (Field Specpro) through different growth stages of the crop. A linear relationship found between the Kc and NDVI.

The obtained equation was evaluated using the measured (Kc) values during the second season. The results of this study confirm that crop coefficient (Kc) derived from Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is a good and valid tool for the assessment of (Kc). The Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Bias Error (MBE) and Efficiency (E) were 0.12, -0.12, and 0.68 respectively.

Keywords: Crop Water Requirement (ETc), Crop Coefficient (Kc), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

تمثل انتهاء مرحلة التغطية الكاملة.

كما أجريت دراسة في الجزء الشمالي من مدينة سردينيا في إيطاليا (Richter وزملاؤه، 2009) تم فيها مقارنة الاستهلاك المائي الفعلي لحصولي الذرة والفصه، المقاسة باستخدام نظام الـ Eddy Covariance مع الاستهلاك المائي المحسوب من بيانات الاستشعار عن بعد باستخدام القرينة النباتية المعدلة (NDVI)، وقد بلغ معامل الارتباط بين ET المقاسة و ET المحسوبة 0.91 للفصه و 0.96 للذرة.

كذلك أجريت دراسة في الأردن (Suifan، 2006) تم فيها تقويم معامل الارتباط بين معامل الحصول (Kc) المقاس والقرينة النباتية المعدلة (NDVI) لعدد من المحاصيل مثل الباذنجان والبطيخ والفليفلة، وقد تراوح معامل الارتباط بين 0.83 و 0.99.

أما في سورية فلم تنفذ أية دراسة سابقة حول استخدام تقانات الاستشعار عن بعد لتحديد منحني معامل الحصول. لذلك هدف هذا البحث إلى دراسة العلاقة بين معامل الحصول (Kc) المحدد حقلياً والقرينة النباتية المعدلة (NDVI) المستنتجة من بيانات الاستشعار عن بعد وذلك لحصول القمح.

مواد البحث وطرائقه

1 - موقع الدراسة :

نُفذ البحث في حقول إدارة بحوث الموارد الطبيعية التابعة للهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في محافظة حمص. الواقعة وسط سورية بين خطي عرض (34 و 35 شمالاً)، وبين خطي طول (35 و 36 شرقاً) على ارتفاع 483 م فوق مستوى سطح البحر (الشكل 1). تغطي الأراضي القابلة للزراعة (Arable Land) في المحافظة (وجميعها مستثمرة) مساحة تبلغ 348897 هكتاراً (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2009).

المقدمة

يُعد تقدير الاحتياج المائي للمحاصيل الزراعية أمراً مهماً لحساب كمية المياه اللازمة للري وجدولته، وبالتالي يعد حجر الأساس في إدارة الموارد المائية والحفاظ عليها. إن أكثر الطرائق انتشاراً في تحديد الاحتياجات المائية الفعلية للمحاصيل الزراعية تعتمد على استخدام الاستهلاك المائي المرجعي ومنحني معامل الحصول (Allen وزملاؤه، 1998). لكن من أهم سلبيات هذه الطريقة صعوبة تحديد منحني معامل الحصول وعدم توافر بيانات منشورة عن هذا المنحني للمناطق كافة ولجميع المحاصيل الزراعية.

تطورت تقانات الاستشعار عن بعد في العقد الأخير وأصبحت تستخدم في مختلف المجالات وأهمها التطبيقات الزراعية ذلك لأنها تؤمن معلومات عالية الدقة زمنياً ومكانياً حول المساحات المزروعة، وأنواع المحاصيل الزراعية، كما أنها تؤمن نظام مراقبة حقيقي للمحصول ومراحل تطوره خلال موسم النمو وذلك من خلال المؤشرات النباتية (vegetation index) مثل (NDVI, SAVI, RVI, DVI) (Apan وزملاؤه، 2003).

تعد هذه المؤشرات التي تستنتج من بيانات الاستشعار عن بعد من أهم مصادر المعلومات المستخدمة في مراقبة الغطاء النباتي، وهي تعتمد على قياس إشعاعات الغطاء النباتي (Gilabert وزملاؤه، 2002).

وقد أشار العديد من الباحثين (Urrea وزملاؤه، 2009، Campos وزملاؤه، 2010) إلى إمكانية استخدام هذه المؤشرات النباتية لحساب معامل الحصول. ففي وسط أريزونا في الولايات المتحدة الأمريكية أجريت دراسة (Hunsaker وزملاؤه، 2003) تم فيها تحليل العلاقة بين معامل الحصول (Kc) للقطن والقرينة النباتية المعدلة (NDVI) المستنتج من بيانات الاستشعار عن بعد، وكانت العلاقة في البداية خطية بمعامل ارتباط (R^2) بلغ 0.97، وتحولت لاحقاً إلى منحنية بمعامل ارتباط قدره 0.82 عند القيمة 0.80 للمؤشر النباتي (NDVI) والتي

وقوام التربة.

- التحاليل الكيميائية : كدرجة الحموضة (pH) والناقلية الكهربائية
لحلول عجينة التربة المشبعة (EC)، وكربونات الكالسيوم والفوسفور
والبوتاس والمنغنيز والأزوت .

حيث وجد أن تربة الموقع ذات قوام طيني على كامل المقطع المدروس
حتى عمق 90 سم.

الجدول 1. الخصائص الكيميائية لتربة الموقع المدروس.

عمق التربة (سم)	العنصر	30 - 0	60 - 30	90 - 60
عجينة مشبعة	pH	8.02	7.83	7.84
	الملوحة EC (مليموز/سم)	0.6	0.5	0.8
100 غ/ تربة	كربونات كالسيوم	29.72	32.46	75.53
	مادة عضوية	0.88	0.78	0.32
	أزوت كلي	0.082	0.06	0.011
مغ/ كغ	بوتاس متاح	228	142	30
	فوسفور	27.87	21.4	17.75
مغ/ كغ	Fe	2.39	4.24	0.133
	Cu	1.79	1.81	0.024
	Mn	3.13	4.03	0.14
	Zn	1.26	0.87	0.44
	B	1.06	0.96	0.9

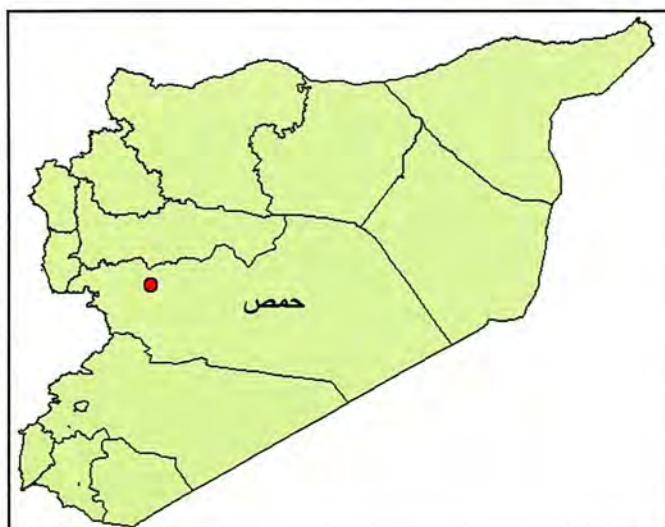
الجدول 2. الخواص الفيزيائية لتربة الموقع المدروس.

عمق التربة (سم)	المكون	30 - 0	60 - 30	90 - 60
التحليل الميكانيكي	رمل (%)	30	34	26
	سنت (%)	20	16	28
	طين (%)	50	50	46
	السعة الحقلية الوزنية (%)	28.55	30.31	31.04
	الكثافة الظاهرية (غ/سم ³)	1.34	1.33	1.15
	السعة الحقلية الحجمية (%)	38.16	40.31	35.60

5 - الزراعة والعمليات الزراعية:

- الموسم الأول (2008):

أجريت التجربة في الموسم الأول بتاريخ 2008/01/17، حيث أعطيت النباتات رية إنبات في بداية الزراعة، وخمس ريات أخرى توزعت على كامل الموسم (الجدول 3) باستخدام شبكة ري بالرذاذ عند وصول رطوبة التربة إلى 70 % من السعة الحقلية، ويوضح الجدول 4 كمية الأمطار الشهرية التي هطلت خلال الموسم الأول. تم الحصاد بتاريخ 2008/6/4 باستخدام حصاد آلي.



الشكل 1. موقع منطقة الدراسة.

2 - الظروف المناخية:

يبلغ متوسط درجات الحرارة السنوية في محافظة حمص 17 م°، وتصل درجات الحرارة إلى أقل قيمها في شهر كانون الثاني/يناير بمتوسط قدره 3 م°، وتصل إلى أعلى قيمها في شهر آب/أغسطس بمتوسط قدره 33 م°، ويبلغ متوسط الهطول المطري السنوي 400 مم تقريباً، وتحدث معظم الهطولات في الفترة بين شهري تشرين الثاني/نوفمبر وآذار/مارس، وتتراوح الرطوبة النسبية بين 55 % في شهر حزيران/يونيو و81 % في كانون الأول/ديسمبر، كما تتراوح سرعة الرياح في المحافظة بين 1.4 م/ثا في شهر تشرين الثاني/نوفمبر و5.30 م/ثا في شهر تموز/يوليو بمتوسط قدره 3 م/ثا (المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2005).

3 - المحصول المدروس:

يحتل القمح حوالي 70 % من إجمالي المساحة المروية المخصصة للمحاصيل الإستراتيجية في سورية، بينما يحتل 37 % من إجمالي المساحة البعلية، كما يشكل القمح القاسي 60 % من إجمالي إنتاج القمح (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2006). تم اختيار القمح القاسي صنف شام 7 لإنجاز هذه الدراسة، وهو صنف موصى بزراعته في محافظة حمص، من قبل الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في سورية.

4 - تحليل التربة:

أجري تحليل للتربة لمعرفة خواصها الهيدرو-فيزيائية والكيميائية (الجدولان 1 و 2)، حيث أخذت عينات التربة من الأعماق التالية: (90 - 60) و (60 - 30) و (30 - 0) سم. وأجريت عليها التحاليل الآتية:

- التحاليل الهيدرو-فيزيائية : كالكثافة الظاهرية، والسعة الحقلية

الجدول 3. مواعيد وكمية مياه الري للموسم الأول (2008).

مواعيد الريات	اليوم من السنة	18	92	106	109	114	128
كمية مياه الري (مم)	7	28	20	10	10	10	95

الجدول 4. كمية مياه الأمطار الشهرية خلال الموسم الأول (2008).

الشهر	ك2 (يناير)	شباط (فبراير)	آذار (مارس)	نيسان (أبريل)	أيار (مايو)
الهطول الشهري (مم)	70	58	30	1	15

- الموسم الثاني (2009):

تمت الزراعة في الموسم الثاني بتاريخ 2008/12/1، حيث أضيفت الأسمدة المطلوبة (10 كغ يوريا و15 كغ سوبر فوسفات) قبل الزراعة، واقتصر الري في هذا الموسم على رية إنبات فقط حيث لم تنخفض رطوبة التربة عن 70% من السعة الحقلية من بداية الموسم وحتى نهاية الطور اللبني، ويوضح الجدول 5 كمية الأمطار الشهرية التي هطلت خلال الموسم الثاني.

الجدول 5. كمية مياه الأمطار الشهرية خلال الموسم الثاني (2009).

الشهر	ك1 (ديسمبر)	ك2 (يناير)	شباط (فبراير)	آذار (مارس)	نيسان (أبريل)	أيار (مايو)
الهطول الشهري (مم)	80.9	36.6	81	101.9	47.3	0

تم البذر في كلا الموسمين باستخدام بذارة آلية بمعدل 15 كغ من البذار للدونم، وخضرت الأرض بإجراء فلاحتين متعامدتين على عمق 35 إلى 45 سم قبل الزراعة ثم فلاحة تنعيم استعداداً لعملية البذر.

6 - قياس رطوبة التربة:

استخدم جهاز النترون بروب لتتبع رطوبة التربة حيث أخذت القراءات مرة كل أسبوع، على أعماق من 15 إلى 60 سم. وأستخدمت أنابيب النيوم بطول 120 سم وبأماكن مختلفة بالنسبة للمرشات، أما الرطوبة السطحية فقد تم تحديدها بالطريقة الوزنية، حيث أخذت عينات من التربة من مستويين (من 15 سم وحتى 30 سم) باستخدام الأوغر، ثم نُقلت العينات إلى مخبر التربة التابع لإدارة بحوث الموارد الطبيعية بمحافظه حمص لتقدير رطوبتها.

7 - دراسة المجموع الجذري:

دُرس المجموع الجذري عند كل مرحلة من أطوار النمو لتحديد العمق

الفعال للجذور، وذلك بهدف استخدامه في معادلة الموازنة المائية، وتحديد كمية مياه الري. استخدمت طريقة الحفر التام (الشكل 2) لتحرير المجموع الجذري، والحفاظ على وضعه في التربة، وقياس امتداده الشاقولي، وقد تراوح عمق الجذور بين 10 و 40 سم وهذا يخالف ما نُشر في FAO (2001) وهو أن العمق الفعال لجذور القمح الشتوي يبلغ 1.2 م، بينما توافقت هذه النتيجة مع دراسة قانشاو (2006) حيث تراوح العمق الفعال لجذور القمح المزروع في محافظة القنيطرة بين 8 إلى 31 سم.



الشكل 2. مقطع يوضح انتشار جذور القمح المدروس.

8 - تحديد معامل المحصول:

خُددت قيم معامل المحصول بالاعتماد على الاستهلاك المائي الفعلي المقاس (ET_c) وعلى الاستهلاك المائي المرجعي (ET_0) باستخدام العلاقة الآتية:

$$Kc = ET_c / ET_0 \quad (1)$$

وقد قُدر الاحتياج المائي الفعلي (ET_c) من معادلة الموازنة المائية التالية

$$I + P + CR = ET_c + R_0 + \Delta P + \Delta \Theta Z \quad (2)$$

حيث:

I: كمية مياه الري (ملم).

P: كمية الهطول المطري (ملم).

CR: ماء يحصل عليه النبات بفعل الخاصية الشعرية (ملم).

ET_c : الاستهلاك المائي الفعلي (ملم).

R_0 : الجريان السطحي (ملم).

ΔP : التسرب العميق (ملم).

$\Delta \Theta$: التغير الرطوبي خلال الفترة المطلوب حساب الاستهلاك خلالها (%).

Z: العمق الفعال للجذور خلال الفترة المدروسة (ملم).

تم اعتبار قيم كل من الجريان السطحي والماء الذي يحصل عليه النبات

بفعل الخاصية الشعرية مساوياً للصفير (الأرض مستوية والمياه الجوفية عميقة).

حُسبت قيم ET_0 باستخدام معادلة بنمان مونتيس (Allen) وزملاؤه، (1998) اعتماداً على البيانات المناخية في محطة الأرصاد الجوية في محافظة حمص للموسمين المدروسين (المديرية العامة للأرصاد الجوية، 2009).

9 - المراقبة الراديومترية وتحديد القرينة النباتية المعدلة (NDVI): استخدم جهاز السبيكتروراديو متر (Field Spectro) (الشكل 3) في المراقبة الراديومترية وهو جهاز حقل ومخبري محمول خفيف الوزن، يمسح مجالاً طيفياً بين 350 و 2500 نانومتر، مما يسمح بدراسات طيفية دقيقة ضمن المجالات الطيفية المرئية وتحت الحمراء القريبة والبعيدة والحرارية.



الشكل 3. جهاز السبيكتروراديو متر المستخدم في الدراسة.

عُولجت البيانات المسجلة للمحصول خلال فترة نموه، باستخدام البرامج المرفقة مع الجهاز المذكور، وذلك بتحويل الانعكاس المسجل إلى صيغ رقمية يسهل التعامل معها، ومن ثم استخدمت تلك الصيغ في تحديد المؤشر النباتي (NDVI) وفق المعادلة التالية:

$$R = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (3)$$

حيث: NIR: الأشعة تحت الحمراء القريبة (نانومتر).

R: الأشعة الحمراء (نانومتر).

تم أخذ القراءات الراديومترية في الحقل مع مراعاة الأمور التالية:

- يجب وضع مستشعر الجهاز بشكل شاقولي على ارتفاع 0.8 إلى 1 متر فوق الغطاء النباتي.

- عدم وجود غيوم في السماء.

- أخذ القراءة في التوقيت نفسه في كل مرة .

أخذت القراءات مرة كل أسبوعين ابتداءً من ظهور النبات ولغاية نهاية طور الإشتاء، ثم مرة كل أسبوع في المراحل المتقدمة من أطوار النمو.

10 - التحليل الإحصائي:

للمقارنة بين معامل المحصول المقاس حقلياً (K_{cmi}) ومعامل المحصول المحسوب (K_{cei}) حُسبت المؤشرات الإحصائية الآتية.

- الخطأ المطلق (MBE) Mean Bias Error.

$$MBE = \overline{K_{cei}} - \overline{K_{cmi}} \quad (4)$$

- الفعالية (E) Efficiency.

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (K_{cei} - K_{cmi})^2}{\sum_{i=1}^n (K_{cmi} - \overline{kcm})^2} \quad (5)$$

- الخطأ المتوسط التربيع Root Mean Square Error (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{cei} - K_{cmi})^2}{N}} \quad (6)$$

حيث: $\overline{K_{cei}}$ وسطي قيم معامل المحصول المحسوبة.

$\overline{K_{cm}}$: وسطي قيم معامل المحصول المقاسة.

K_{cei} و K_{cmi} : القيم اليومية المحسوبة والمقاسة على التوالي.

N: عدد القيم المقاسة.

استخدمت نتائج الموسم الأول لدراسة العلاقة بين معامل المحصول

(Kc) والقرينة النباتية المعدلة (NDVI) بينما استخدمت نتائج الموسم

الثاني لتقويم هذه العلاقة.

النتائج والمناقشة

1 - الاستهلاك المائي المرجعي (ET_0) :

يوضح الجدول 6 قيم الاستهلاك المائي المرجعي اليومي المحسوب

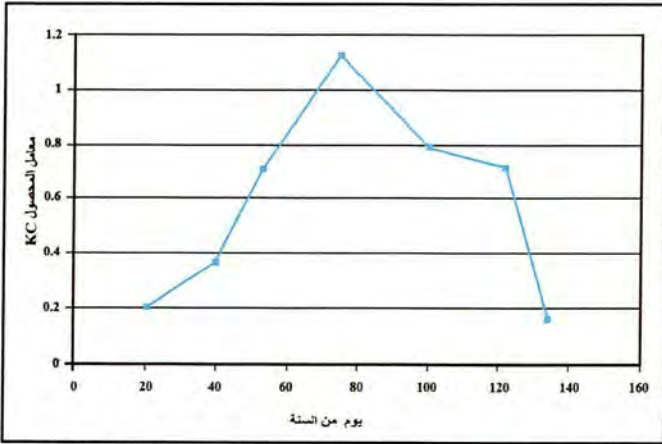
باستخدام معادلة بنمان مونتيس خلال الموسمين الأول والثاني.

الجدول 6. الاستهلاك المائي المرجعي الشهري والتراكمي خلال الموسمين الأول والثاني.

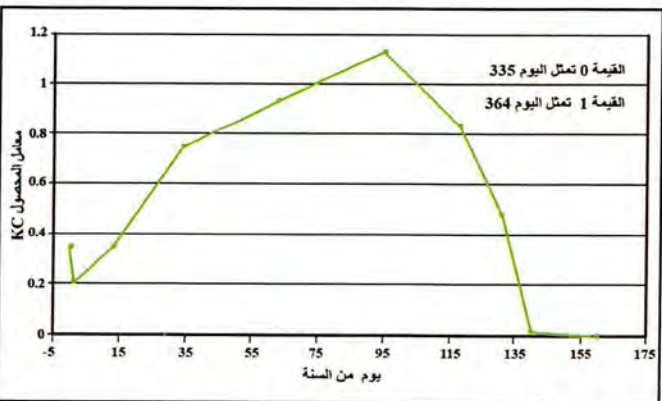
الشهر		كانون الأول (ديسمبر)	كانون الثاني (يناير)	شباط (فبراير)	آذار (مارس)	نيسان (أبريل)	أيار (مايو)	حزيران (يونيو)
الاستهلاك المائي المرجعي (ET_0) (مم/يوم)	الموسم الأول	-	0.83	1.29	2.4	3.53	4.51	5.44
	الموسم الثاني	0.6	0.7	1.2	2.3	3.0	3.6	5.6
الاستهلاك المائي المرجعي التراكمي (ET_0) (مم)	الموسم الأول	-	14.6	51.7	126.8	234.2	375.1	391.6
	الموسم الثاني	20	42.5	81.1	154.2	243.8	358.3	374.7

3 - معامل المحصول (Kc):

يُوضح الشكل 5a والشكل 5b منحنى معامل المحصول (Kc) للموسمين الأول والثاني المحسوب من المعادلة 1 اعتماداً على الاستهلاك المائي الفعلي المقاس حقلياً والاستهلاك المائي المرجعي، وكانت أقل قيمة لمعامل المحصول (Kc) خلال الموسم الأول (0.20) في بداية الموسم، ثم بدأت هذه القيمة بالازدياد حتى وصلت إلى أعلى قيمة (1.13) في مرحلة تطور المحصول، ثم انخفضت لتصل إلى 0.17 قبل الحصاد مباشرة، بينما تزايدت قيمة معامل المحصول (Kc) خلال الموسم الثاني من القيمة 0.35 في بداية الموسم حتى وصلت إلى أعلى قيمها (1.13) في مرحلة تطور المحصول ثم انخفضت لتصل إلى 0.02 عند الحصاد.



الشكل 5a. منحنى معامل المحصول (Kc) المقاس خلال الموسم الأول.



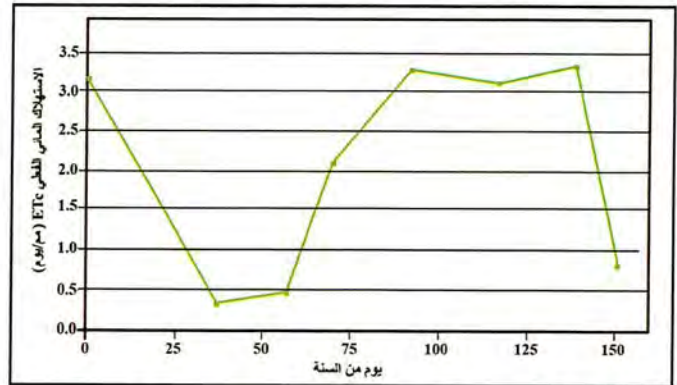
الشكل 5b. منحنى معامل المحصول (Kc) المقاس خلال الموسم الثاني.

كانت قيم معامل المحصول التي تم التوصل إليها متقاربة مع القيم المنشورة من قبل FAO (Allen وزملاؤه، 1998) حيث كانت قيم معامل المحصول (Kc) للمرحلة الابتدائية ومرحلة تطور المحصول والمرحلة النهائية 0.6 و 1.12 و 0.22 على التوالي، كما كانت هذه النتائج متقاربة مع نتائج قانشوا (2006) حيث بلغ معامل المحصول 0.39 و 1.10 و 0.18 وذلك خلال المرحلة الابتدائية ومرحلة تطور المحصول والمرحلة النهائية على التوالي لمحصول القمح المزروع في محافظة القنيطرة.

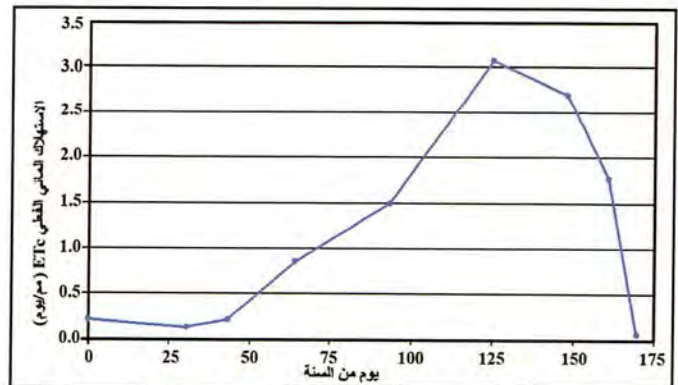
بلغت أقل قيمة للاستهلاك المائي المرجعي 0.83 و 0.6 مم/يوم خلال شهري كانون الأول/ديسمبر وكانون الثاني/يناير. للموسمين الأول والثاني على التوالي مع ملاحظة أن الموسم الأول زرع بتاريخ 2008/1/17، أما الموسم الثاني فقد زرع بتاريخ 2008/12/1. أما أعلى قيمة لـ ET_0 فكانت 5.44 و 5.6 مم/يوم. للموسمين الأول والثاني على التوالي، وقد سُجلت خلال شهر حزيران / يونيو، وبلغ مجموع قيم الاستهلاك المائي المرجعي 396.6 و 374.7 مم خلال الموسمين الأول والثاني على التوالي.

2 - الاستهلاك المائي الفعلي (ETc):

يبين الشكل 4a والشكل 4b قيم الاستهلاك المائي الفعلي اليومي المقاس بطريقة الموازنة المائية خلال الموسمين الأول والثاني.



الشكل 4a. منحنى الاستهلاك المائي الفعلي اليومي خلال الموسم الأول.

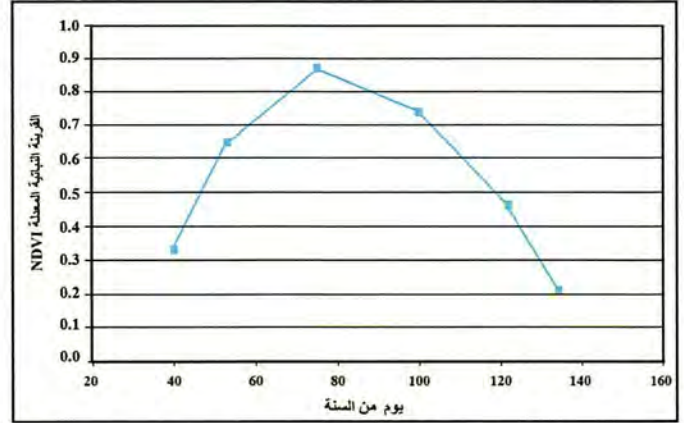


الشكل 4b. منحنى الاستهلاك المائي الفعلي اليومي خلال الموسم الثاني.

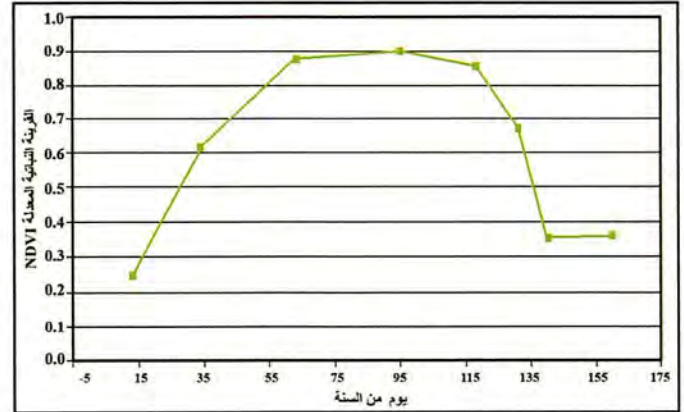
ويلاحظ أن قيم الاستهلاك المائي في كلا الموسمين كانت منخفضة في بداية الموسم ثم ازدادت لتصل إلى قيمة أعظمية مساوية لـ 3.08 و 3.36 مم/يوم خلال الموسمين الأول والثاني على التوالي، وقد توافقت هذه النتائج مع نتائج أبحاث الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية والتي أُجريت في محطة بحوث المختارية في محافظة حمص، حيث بلغت أعلى قيمة للاستهلاك المائي الفعلي للقمح خلال الموسم 3.4 مم/يوم وذلك في شهر نيسان/أبريل (العبدو وزملاؤه، 2002).

4 - القرينة النباتية المعدلة (NDVI):

يوضح الشكل 6a والشكل 6b قيم NDVI الماسة لمحصول القمح خلال مراحل نموه في الموسم الأول والثاني.



الشكل 6a. منحنى الـ NDVI لمحصول القمح خلال الموسم الأول.

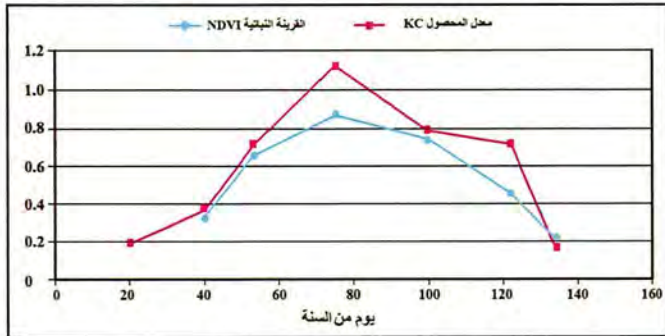


الشكل 6b. منحنى الـ NDVI لمحصول القمح خلال الموسم الثاني.

قيمة (0.162) عند الحصاد، وتتفق هذه النتائج مع نتائج دراسة أجريت في أريزونا والتي بينت أن قيم الـ NDVI لمحصول القمح تراوحت بين 0 و 0.80 (Jackson وزملاؤه، 1991).

5 - دراسة العلاقة بين معامل المحصول (Kc) والقرينة النباتية المعدلة (NDVI):

تم خلال الموسم الأول دراسة العلاقة بين معامل المحصول (Kc) المقاس حقلياً والقرينة النباتية المعدلة (NDVI) المحسوبة اعتماداً على القراءات الراديومترية. ويبين الشكل 7 توافقاً كبيراً بين منحنى Kc ومنحنى الـ NDVI من حيث السلوك خلال مراحل النمو حيث كانت قيم كل من Kc و NDVI منخفضة في مرحلة الإنبات، ثم ازدادت هذه القيم لتصل إلى أعلى قيمها في مرحلة الأشطاء ثم انخفضت إلى أقل قيمة لها قبل الحصاد.

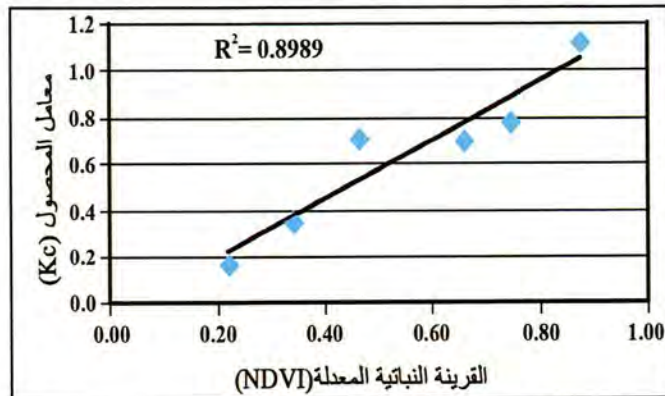


الشكل 7. مقارنة قيم الـ Kc مع الـ NDVI.

درست العلاقة الترابطية بين قيم الـ Kc والـ NDVI ابتداءً من اليوم 40 من السنة والوافق للتاريخ 2008/2/9، وهو تاريخ بدء أخذ القراءات الراديومترية والمتزامن مع اكتمال ظهور البادرات فوق سطح التربة لغاية نهاية الموسم، ويبين الشكل 8 أن العلاقة بين المتحولين هي علاقة خطية من الدرجة الأولى ومن الشكل:

$$Kc = 1.267 \times NDVI - 0.0489 \quad (7)$$

بمعامل ارتباط (R^2) يساوي 0.89.



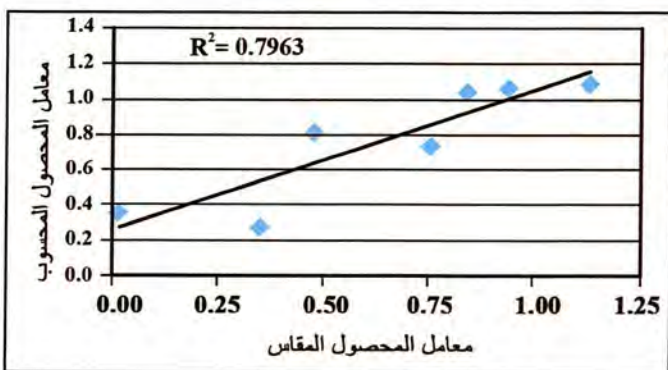
الشكل 8. العلاقة بين الـ Kc والـ NDVI خلال الموسم الأول.

بشكل عام كانت قيم NDVI منخفضة في المراحل الأولى من عمر النبات ويعود السبب في ذلك إلى أن هذه القرينة ترتبط بشكل رئيس بالمجموع الخضري للنبات (Tucker، 1979، Gutman، 1991، Wiegand وزملاؤه، 1991)

ثم ازدادت القيمة مع تقدم النبات في العمر ووصوله للنمو الخضري الأعظمي خلال مرحلة الأشطاء المتزامنة مع شهر نيسان/أبريل، ثم انخفضت إلى أدنى قيمة لها في نهاية الموسم. وتراوحت قيمة (NDVI) في الموسم الأول بين 0.34 و 0.87 أما في الموسم الثاني فتراوحت بين 0.25 و 0.90، وجاءت النتائج متوافقة مع ما وجدته AL- Khaled (2000) التي أجريت في جامعة عين شمس/مصر حول تأثير المراحل الفينولوجية للقمح في قيمة الانعكاس المسجل لمحصول القمح صنف جميزة 1، حيث بلغت أعلى قيمة لـ NDVI 0.852 في مرحلة تطور المحصول، وبلغت أقل

مرحلة بداية الموسم ومنتصفه، ولكن في مرحلة نهاية الموسم كانت قيم Kc_{NDVI} أعلى من قيم معامل المحصول المقاس، وقد يعود السبب في ذلك إلى أن درجة تآثر الـ NDVI بالعوامل المناخية أقل حساسية من درجة تآثر معامل المحصول بها، ويُعد ذلك من سلبيات هذه الطريقة. وتوافقت هذه النتيجة مع نتائج دراسات سابقة حيث أشار كل من Tasumi وزملائه (2005) و Er-Raki وزملائه، (2007) إلى أن التوافق بين Kc_{NDVI} و Kc_{meas} في فترة نهاية الموسم كان منخفضاً مقارنةً مع المراحل الأخرى.

من الناحية الإحصائية يبين الجدول 8 قيمة الخطأ المتوسط التربيع (RMSE) والخطأ المطلق (MBE) بين Kc_{NDVI} و Kc_{meas} حيث بلغ معامل الارتباط بين قيم معامل المحصول المقاس حقيقياً والحسوب من المعادلة $R^2 = 0.79$ (الشكل 10).



الشكل 10. معامل الارتباط بين معامل المحصول الحسوب من قيم NDVI والمقاس.

الجدول 8. المقارنة الإحصائية بين قيم Kc_{NDVI} و القيم المقاسة (Kc_{meas})

المعاملات الإحصائية	بين Kc_{NDVI} مع Kc_{meas}
MBE	0.12 -
RMSE	0.12
E	0.68

الاستنتاجات:

إن طريقة تحديد معامل المحصول (Kc) بالاعتماد على القرينة النباتية المعدلة (NDVI) تُعد طريقة جيدة لتحديد معامل المحصول، وهي طريقة بسيطة مقارنةً مع الطرائق الأخرى المتبعة في تحديد Kc مثل الطرائق الحقلية، أو الاعتماد على منشورات منظمة FAO، ومن أهم ميزات سهولة الحصول على قيم الـ NDVI سواء من خلال الصور الفضائية كصور ASTER أو MODIS، أو من خلال القياس باستخدام جهاز السبيكترو راديو متر.

لكن لا بد من الإشارة إلى أن المعادلة المستنتجة (المعادلة 7) صالحة لظروف منطقة الدراسة وللمحصول المدروس فقط ولا بد من إجراء دراسات أخرى في مناطق مختلفة من القطر على القمح والمحاصيل الأخرى.

تتوافق هذه العلاقة من حيث الشكل مع نتائج Er-Raki وزملائه (2007) و Campos وزملائه (2010) بأن العلاقة بين الـ Kc والـ NDVI خطية أيضاً (الجدول 7). إن الاختلاف في ثوابت المعادلات يعود لاختلاف نوع المحصول والظروف المناخية في مناطق الدراسة. كما أشارت دراسات أخرى (Urrea وزملاؤه، 2009) إلى وجود علاقة خطية جيدة بين معامل المحصول وقرائن نباتية أخرى مثل SAVI و RVI..... إلخ، إضافةً إلى القرينة النباتية المعدلة (NDVI) إلا أن الأخيرة تفوقت على أغلبية القرائن النباتية من حيث الارتباط مع معامل المحصول.

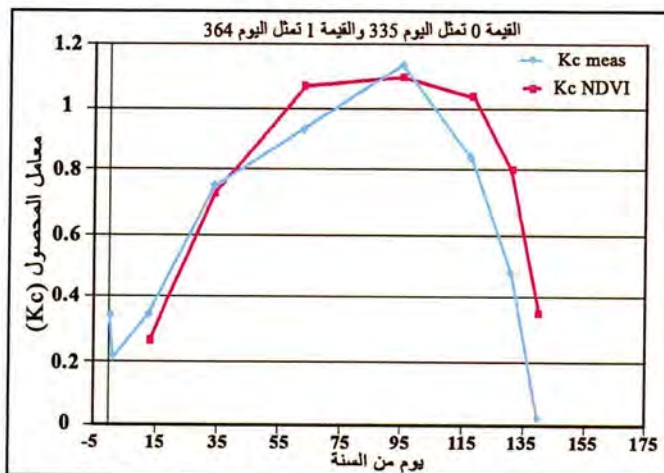
الجدول 7. العلاقات المستنتجة في أبحاث سابقة بين معامل المحصول (Kc) والـ (NDVI).

المعادلة	المرجع	المحصول ومنطقة الدراسة
$Kc = 1.267 \times NDVI - 0.0489$	هذا البحث	القمح / سورية (حمص)
$Kc = 1.44 \times NDVI - 0.1$	Campos وزملاؤه، (2010)	الكرمة / إسبانيا
$Kc = 1.34 \times NDVI - 0.14$	Urrea وزملاؤه، (2009)	القمح / إسبانيا

6 - تقويم العلاقة المستنتجة في الموسم الأول بين Kc و NDVI على الموسم الثاني:

تم تقويم معامل المحصول الحسوب خلال الموسم الأول باستخدام المعادلة Kc_{NDVI} من خلال مقارنتها مع قيم معامل المحصول المقاسة خلال الموسم الثاني (Kc_{meas}). ويبين الشكل 9 مقارنةً بين قيم Kc_{NDVI} و Kc_{meas} .

يلاحظ من الشكل 9 وجود توافق جيد بين Kc_{NDVI} و Kc_{meas} خلال



الشكل 9. مقارنة قيم معامل المحصول.

المراجع

- region" Agricultural Water Management.98:41- 54.
- FAO . 2001. Land and Water Digital Media Series n 15 Rome 2001. Crop water requirement.
- Gilbert, M.A., J. Gonzalez, F.J.Garcia – Haro and J.Melia. 2002. Remote sensing of Environment 82:303- 310 .
- Gutman, G.G., 1991. Vegetation indices from AVHRR: update and future prospects, Rem. Sens. Environ. 35: 121- 136.
- Hunsaker, D. J., P. J. Pinter, E. M. Barnes and B. A. Kimball. 2003 .Estimating cotton evapotranspiration crop coefficients with a multispectral vegetation index» J. Irrigation Science, 22: 95- 104
- Jackson, R.D. and A.R. Huete. 1991 .Interpreting vegetation indices Prev. Vet. Med., 11: 185- 200.
- Richter, K., Fvuolo, and G.Durso. 2009 .Estimation of potential Evapotranspiration :Empirical versus physical approaches of crop characteristics. Covegno Nazionale dell Associazione Italiana di Ingegneria Agraria.
- Suifan, M. 2006 .Mapping crop types and Evapotranspiration for irrigated crops from Remotely Sensed Data Doctor Paper, Faculty of Graduated Studies, the University of Jordan.
- Tasumi, M., R. G. Allen, R. Trezza and J. L. Wright. 2005 .Satellite – Based Energy Balance to Assess Within-Population Variance of Crop Coefficient Curves J. Irrigation and Drainage Engineering. 131,1(94).
- Tucker , C.J. 1979. Red and photographic infrared liner combinations for monitoring vegetation ,Rem.Sens Environ . 8:127 – 150.
- Urrea Lo´- pez, R., A. Montoro, J. Gonza´ lez-Piqueras, P. Lo´ pez-Fuster and E. Fereres .2009 .Water use of spring wheat to raise water productivity Agricultural Water Management.96:1305- 1310.
- Wiegand, C. L., A.J. Richardson, D. E. Escobar and A.H. Gegbermann. 1991.Vegetation indices in crop assessment, Rem.Sens Environ. 35: 105- 119.
- العبود ، طلال وعودة ، بسام و الجردى ، عبد الكريم . 2002 . استجابة اصناف مختلفة من القمح لمستويات مختلفة من الري التكميلي في محطة بحوث الري – المختارية ، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث الموارد الطبيعية، دمشق، سورية.
- قانشا، عناية . 2006. أثر الري التكميلي في إنتاجية القمح القاسي في محافظة القنيطرة. رسالة ماجستير، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق ، بالتعاون مع الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.
- المجموعة الإحصائية الزراعية. 2006. المكتب المركزي للإحصاء، رئاسة مجلس الوزراء، الجمهورية العربية السورية.
- المجموعة الإحصائية الزراعية. 2009. المكتب المركزي للإحصاء، رئاسة مجلس الوزراء، الجمهورية العربية السورية.
- المديرية العامة للأرصاد الجوية . 2005 . العطيات المناخية لمحافظة حمص (1990 - 2004). وزارة الدفاع.
- المديرية العامة للأرصاد الجوية. 2009 . العطيات المناخية لمحافظة حمص (2008 - 2009). وزارة الدفاع.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith . 1998. Crop Evapo-transpiration, guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrig. and Drain. Pap. 56, 300 pp., Food and Agric. Organ. of the U. N. (FAO), Rome, Italy.
- AL-Khaled, E.A. 2000 .Spectral characteristics of wheat plant at different stages of growth and their relation to the yield, Department of agronomy faculty of agricultural Ain Shams University.
- Apan, A., A. Held, S. Phinn and J. Markley. 2003. Formulation and assessment of narrow-band vegetation indices from EO-1 Hyperion imagery for discriminating sugarcane disease" Spatial Sciences.
- Campos, I ., Christopher M.U. Neale, Alfonso Calera, Claudio Balbontín, Jose González-Piqueras . 2010 . Assessing satellite – based basal crop coefficients for irrigated grapes Agricultural Water Management.98:45- 54.
- Er-Raki, S., A. Chehbouni , N. Guemouria , B. Duchemin , J. Ezzahar and R. Hadria .2007 .Combining FAO-56 model and ground-based remote Sensing to estimate water consumptions of wheat crops In a semi-arid