



# بحوث جغرافية



سلسلة محكمة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

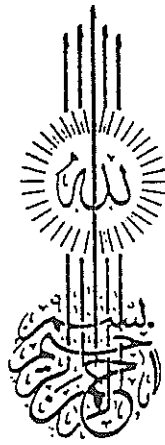
٧٧

تقدير الإحتياجات المائية الشهرية للمحصول  
المرجعي في الإحساء

د. ناصر بن عبد العزيز السعيران

جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية

١٤٢٧هـ - ٢٠٠٦م





# بحوث جغرافية

سلسلة محكمة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

٧٧

## تقدير الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في الأحساء

د. ناصر بن عبد العزيز السعران

جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية

١٤٢٧هـ - ٢٠٠٦م

ISSN 1018-1423  
Key title =Buhut Gugrafiyya

● مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية ●

أ.د. محمد شوقي بن إبراهيم مكّي	رئيس مجلس الإدارة.
د. محمد بن صالح الربدي	نائب رئيس مجلس الإدارة.
د. عبد الله بن حمد الصليح	أمين السر.
د. محمد بن عبد الله الفاضل	أمين المال.
د. محمد بن عبد الحميد مشخص	رئيس وحدة البحوث والدراسات
د. عنيرة بنت خميس بلال	محررة النشرة الجغرافية
أ.د. علي بن محمد شيبان العريشي	عضو مجلس الإدارة.
د. معراج بن نواب مرزا	عضو مجلس الإدارة.
أ. محمد بن أحمد الراشد	عضو مجلس الإدارة.

● (ح) الجمعية الجغرافية السعودية، ١٤٢٧هـ ●

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر  
السعران، ناصر بن عبد العزيز  
تقدير الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في الاحساء. ناصر بن عبد العزيز السعران-  
الرياض، ١٤٢٧هـ

٤٤ ص؛ ١٧ × ٤ سم-(سلسلة بحوث جغرافية؛ ٧٧)

ردمك: ٤-٣-٩٧٢٥-٩٩٦٠

١-المياه-السعودية ٢-الزراعة-السعودية ٣-الري-السعودية أ.العنوان ب.السلسلة

١٤٢٧/١٨٧٨

ديوي ٦٣١،٧٥٣١

رقم الإيداع: ١٤٢٧/١٨٧٨

ردمك: ٤-٣-٩٧٢٥-٩٩٦٠

## قواعد النشر في سلسلة بحوث جغرافية

- ١- يراعى في البحوث التي تتولى سلسلة بحوث جغرافية، نشرها ، الأصالة العلمية وصحة الإخراج العلمي وسلامة اللغة .
- ٢- يشترط في البحث المقدم للسلسلة ألا يكون قد سبق نشره من قبل.
- ٣- ترسل البحوث باسم رئيس هيئة التحرير.
- ٤- تقدم جميع الأصول مطبوعة على نظام MS WORD بيئات النوافذ (Windows) على ورق بحجم A4، مع مراعاة أن يكون النسخ على وجه واحد، ويترك فراغ ونصف بين كل سطر وآخر بخط Traditional Arabic للمتن وبالخط Monotype Koufi للعناوين ، وينط ١٦ أبيض للمتن وينط ١٢ أبيض للهوامش (بنط أسود للآيات القرآنية والأحاديث الشريفة). ويكون الحد الأعلى للبحث [٧٥] صفحة، والحد الأدنى [١٥] صفحة.
- ٥- يرسل أصل البحث مع صورتين وملخص في حدود (٢٥٠) كلمة بالعتين العربية والإنجليزية.
- ٦- يراعى أن تقدم الأشكال مرسومة بالحبر الصيني على ورق (كلك) مقاس ١٣×١٨ سم وترفق أصول الأشكال بالبحث، أو أن تقدم في هيئة رقمية تقرأ بالحاسب الآلي، ويشترط أن يكون الشكل تام الوضوح، وأصل وليس صورة.
- ٧- ترسل البحوث الصالحة للنشر والمختارة من قبل هيئة التحرير إلى محكمين اثنين-على الأقل- في مجال التخصص من داخل أو خارج المملكة قبل نشرها في السلسلة.
- ٨- تقوم هيئة تحرير السلسلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ تسلم بحوثهم. وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه مع إعادة البحوث غير المقبولة إلى أصحابها.
- ٩- يمنح كل باحث أو الباحث الرئيسي لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمساً وعشرين نسخة من البحث المنشور .
- ١٠- تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر باستخدام نظام (اسم / تاريخ) ، ويقتضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعاً بالتاريخ ورقم الصفحة. وإذا تكرر المؤلف في مرجعين مختلفين ولكن لهما التاريخ نفسه يميز أحدهما بإضافة حرف إلى سنة المرجع. أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائياً حسب نوعية المصدر كالتالي :

- أ- الكتب: يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة -إن وجد- ثم الناشر، وأخيراً مدينة النشر. ويفصل بين كل معلومة وأخرى فاصلة مقلوبة.
- ب- الدوريات: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال، (ص ص ٥-١٥).
- ج- الكتب المحررة: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (in) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعاً بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر ed. أو محررين eds.) ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيراً الناشر، فمدينة النشر.
- د- الرسائل غير المنشورة: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.
- ١١ - تستخدم الهوامش فقط عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص.

---

تعريف بالباحث: د. ناصر بن عبدالعزيز السعران، أستاذ مشارك، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض.

## المباصر

تحتاج التنمية المستدامة لموارد التربة والمياه الجوفية، وإدارة المشاريع الزراعية في المناطق الصحراوية، التي يعتمد فيها الإنتاج الزراعي على الري، إلى معرفة دقيقة للاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية، وحيث إن واحة الأحساء تمثل أكبر وأهم الواحات الزراعية في المملكة العربية السعودية، ولا تتوفر فيها قياسات حقلية لهذه الاحتياجات، فقد هدفت هذه الدراسة لتقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي في هذه الواحة، تقديراً دقيقاً بأسلوب قياسي مبني على أسس فيزيائية، ليحل محل التقديرات السابقة، المتحصل عليها بأساليب تجريبية وشبه تجريبية، ثبت من قبل هيئات عالمية مختصة (FAO, ICID, WMO) أن أداءها متواضع. فقد قدرت الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي في واحة الأحساء بمعادلة بنمان-مونثيث المتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة FAO Penman-Monteith كالأسلوب الوحيد لتقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي. ودلت النتائج على أن الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي بواحة الأحساء، تتراوح من ٨١,٥٣ مم في شهري ديسمبر ويناير، إلى ٢٥٥,٧٥ مم في شهر يولية، وتبلغ كميتها السنوية ١٩٨٠,٦٧ مم، كما أكدت نتائج هذا البحث، أن الأساليب التجريبية وشبه التجريبية المستخدمة في دراسات سابقة لتقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي في واحة الأحساء، تبالغ في تقديراتها، بنسب تتراوح من ٨٪، إلى ٣٦٪، على المستوى السنوي، مقارنة بتقديرات معادلة بنمان-مونثيث المتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة كالأسلوب القياسي الوحيد، مما يحتم إعادة تقدير الاحتياجات المائية الفعلية للمحاصيل الزراعية المختلفة في واحة الأحساء بناء على تقديرات الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي المتحصل عليها بالأسلوب القياسي في هذه الدراسة، لتحقيق تنمية مستدامة لموارد التربة والمياه الجوفية وإدارة أكثر كفاءة للمشاريع الزراعية في الأحساء.



## مقدمة

يُعد التقدير الدقيق للاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية المروية، مطلباً أساسياً، لكل من المهتمين بالإنتاج الزراعي، والقائمين على إدارة التربة والمياه الجوفية. فالمبالغة في تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية crop water requirements، تؤدي إلى المبالغة في تقدير احتياجات ماء الري irrigation requirements، والعكس صحيح، فاحتياجات ماء الري ما هي إلا الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية مضافاً إليها احتياجات الغسيل leaching requirements كما يلي (Jensen, 1974):

$$(1) \quad IWR_{i,q} = CWR_i + LR_{i,q}$$

حيث إن :-

$IWR_{i,q}$  = احتياجات الري للمحصول  $i$ ، المروي بماء من النوعية  $q$ ،

$CWR_i$  = الاحتياجات المائية للمحصول  $i$ ،

$LR_{i,q}$  = احتياجات الغسيل للتربة المزروع فيها المحصول  $i$ ، المروي بماء من النوعية  $q$ .

فالمبالغة في تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية ينتج عنه مبالغة في تقدير احتياجات الري مما يؤدي إلى استنزاف المياه الجوفية، وزيادة تكلفة إنتاج المحاصيل الزراعية، نتيجة للتكلفة الإضافية الناتجة عن ضخ كميات من المياه الجوفية لاحتياجها، علاوة على ذلك، يؤدي ري المحاصيل الزراعية بأكثر من احتياجات ماء الري، إلى غسل المواد الغذائية من التربة، مما يستوجب زيادة في كمية المخصبات المضافة (Allen et al., 1998; Suarez et al., 1995; U.S. Salinity Lab. Staff 1954; Rhoades et al., 1992; Doorenbos and Pruitt 1977)، كذلك يؤدي ري المحاصيل الزراعية بأكثر من احتياجات ماء الري، إلى

تسرب الجزء الزائد من مياه الري إلى المياه الجوفية، حاملاً معه الأملاح والملوثات، مثل المخصبات والمبيدات، مما يقلل من جودة المياه الجوفية للأغراض المختلفة (Rhoades et al., 1992). وعندما توجد في التربة طبقة متصلبة Duripan، كما هو الحال في بعض ترب واحة الأحساء، فإن ري المحاصيل الزراعية بأكثر من احتياجات الري يؤدي إلى تجمع المياه فوق هذه الطبقة الصماء على شكل ماء جوفي قريب من سطح التربة يحد من إنتاجية المحاصيل الزراعية عن طريق إعاقة تهوية منطقة جذور النبات، وتملح التربة الناتج عن التبخر المستمر للمياه الجوفية الصاعدة إلى أعلى بفعل الخاصية الشعرية capillary rise في الطبقة غير المشبعة unsaturated zone ومن على سطح التربة. كذلك، يُحتم تجمع المياه فوق هذه الطبقة الصماء من التربة إقامة قنوات صرف للماء من التربة وصيانتها مما يزيد من التكلفة الاقتصادية للإنتاج الزراعي. في المقابل، ينجم عن التقصير في تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية، انخفاض في إنتاجية هذه المحاصيل، نتيجة لمعاناة المحاصيل الزراعية من الجفاف، وتراكم الأملاح في منطقة جذور النبات بالتربة (Rhoades et al., 1992; U.S. Salinity Lab. Staff 1954).

ولتسهيل عمليات حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية، فقد اتفقت المؤسسات الدولية المعنية بالري، على تعريف موحد للمحصول المرجعي reference crop، ينص على أنه محصول افتراضي، أخضر، نشط النمو، ويغطي سطح التربة تماماً، ويبلغ ارتفاعه ١٢ سم، والمقاومة الإيروديناميكية لسطحه قدرها ٧٠ ثانية/م، وذو معامل انعكاسية للطاقة الكهرومغناطيسية albedo قدره ٠,٢٣، ولا يعاني من نقص في الماء (Allen et al., 1998; Allen et al., 1994; )

المحصول المرجعي reference crop water requirements، وتُعرف الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي reference crop evapotranspiration، وبالتبخرنتح المرجعي reference evapotranspiration. فبهذا التعريف الموحد للمحصول المرجعي تتم عملية حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل المختلفة بمنطقة معينة في مرحلتين. المرحلة الأولى يتم فيها حساب الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي في هذه المنطقة، والمرحلة الثانية تُحسب فيها الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية المختلفة، وذلك بمجرد ضرب المعامل الخاص بالمحصول المعين في الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي كما يلي (Allen et al., 1998):

$$(٢) \quad CWR_i = k_{c,i} CWR_o = k_{c,i} ET_o$$

حيث إن :-

$CWR_o$  = الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي ،

$ET_o$  = تبخرنتح المحصول المرجعي ،

$K_{c,i}$  = معامل خاص بالمحصول  $i$ ، ويمثل نسبة التبخرنتح من المحصول  $i$  إلى التبخرنتح

من المحصول المرجعي، ويعتمد على نوع المحصول ومرحلة نموه ومدى تغطيته لسطح التربة.

ونظراً لصعوبة القياس الحقلية لتبخرنتح المحصول المرجعي، فقد طُور وعيبر

خلال القرن العشرين العديد من الأساليب التجريبية empirical وشبه التجريبية

semi-empirical، لتقدير تبخرنتح المحصول المرجعي، من المتغيرات المناخية، أو

أحواض التبخر، في العديد من بقاع العالم المتغيرة مناخياً ( Penman, 1948;

Blaney and Criddle, 1950; Jensen and Haise, 1963; Christiansen,

1968; Tanner and Pelton, 1960; Tanner and Fuchs, 1968; Monteith,

1965, 1981; Allen and Pruitt, 1986, 1991; Allen, 1986, 1992;

(Doorenbos and Pruitt, 1977). فبعض هذه الأساليب طور وعيبر في أقاليم رطبة، بينما طور وعيبر أساليب أخرى في أقاليم جافة أو شبه جافة. ونظراً للطبيعة التجريبية لهذه الأساليب، فإن أداءها يكون متدنياً، عندما يستخدم الأسلوب في إقليم جغرافي يختلف في خصائصه المناخية عن خصائص الإقليم الذي طور وعيبر فيه هذا الأسلوب (Batchelor, 1984; Allen et al., 1989; Jensen et al., 1990; Allen et al. 1998; Smith et al. 1992; Pereira and Smith, 1989; Seguin et al., 1982; Hashemi and Habibian, 1979; DehghaniSanij et al., 2004; Chiew et al., 1995; Amatya et al., 1995; Jensen et al., 1997).

وقد تبنت منظمة الأغذية والزراعة FAO عام ١٩٧٧م أربعة أساليب تجريبية بحتة أو شبه تجريبية لتقدير تبخر نتج المحصول المرجعي هي: معادلة بنمان بتعديل منظمة الأغذية والزراعة (FAO Penman)، ومعادلة منظمة الأغذية والزراعة المبنية على كمية الأشعة الشمسية (FAO Radiation)، ومعادلة بليني-كريدل بتعديل منظمة الأغذية والزراعة (FAO Blaney-Criddle)، وحوض التبخر لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO Evaporation Pan)، حيث يتم اختيار الأسلوب حسب مدى توفر البيانات الميئورولوجية المتوفرة في المكان المعين (Doorenbos and Pruitt 1977). وأصبحت هذه الأساليب قياسية، على المستوى العالمي، لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية إلى أواخر الثمانينيات من القرن العشرين (Smith et al. 1992).

ومع التقدم في البحوث والتقييم وأجهزة القياس، تبين أن هذه الأساليب التي كانت مُتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة، تعاني من قصور كبير، يحد من ثقة الاعتماد عليها لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية (

لجنة (Batchelor, 1984; Allen et al., 1989; Jensen et al., 1990). فقد قامت لجنة احتياجات ماء الري Committee on Irrigation Water Requirements، المنشقة من الجمعية الأمريكية للهندسة المدنية (ASCE)، بدراسة مستفيضة، شملت خطوات مفصلة جداً، لتقييم أداء ٢٠ طريقة مختلفة لتقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي، مقارنة بقياسات حقلية متوثق منها للتبخرنتح بطريقة اليزامتر lysimeter، في ١١ موقعاً متباينة في مناخها، وأكدت هذه الدراسة أن هناك تبايناً كبيراً، بين تقديرات الأساليب المختلفة، في الأقاليم المختلفة (Jensen et al., 1990)، كما هو موضح في الجدول رقم (١)، كما توصلت دراسة مماثلة، قام بها المجتمع الأوربي European Community نشرت نتائجها عام ١٩٩٢م، إلى نتائج مماثلة (Allen et al. 1998).

فقد تبين من هذه الدراسات المفصلة، أن معادلة بنمان بتعديل منظمة الأغذية والزراعة، تبالغ عادةً في تقدير التبخرنتح المرجعي، وأن الأساليب الثلاثة الأخر المتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة عام ١٩٧٧م، تعطي تقديرات متفاوتة جداً، حسب الظروف المناخية السائدة. فمتوسط الزيادة في تقدير التبخرنتح المرجعي بهذه الأساليب في الأقاليم الصحراوية بلغ ١٨٪، ٦٪، ٥٪، بينما بلغ الانحراف المعياري لتقديرات هذه الأساليب ١٠، ٦٢، ٧٦، ١،٢٥ مم/يوم، لمعادلة بنمان بتعديل منظمة الأغذية والزراعة FAO Penman، معادلة منظمة الأغذية والزراعة المبنية على كمية الأشعة الشمسية (FAO Radiation)، ومعادلة بليني-كريدل بتعديل منظمة الأغذية والزراعة (FAO Blaney-Criddle)، وحوض التبخر لمنظمة الأغذية والزراعة

(FAO Evaporation Pan)، على التوالي. بينما يبلغ متوسط النقصان، في تقدير التبخرنتح المرجعي بمعادلة بنمان-مونتيث FAO Penman-Monteith، ١٪ في الأقاليم الصحراوية، وبناء على قيم متوسط الزيادة، والانحراف المعياري لتقديرات هذه الأساليب للتبخرنتح المرجعي في الأقاليم الصحراوية، احتلت معادلة بنمان-مونتيث المركز الأول، ومعادلة بنمان بتعديل منظمة الأغذية والزراعة المركز العاشر، ومعادلة منظمة الأغذية والزراعة المبنية على كمية الأشعة الشمسية المركز الثالث، ومعادلة بلييني-كريدل بتعديل منظمة الأغذية والزراعة المركز التاسع، وحوض التبخر لمنظمة الأغذية والزراعة المركز الرابع عشر (Jensen et al., 1990)، ويلاحظ هنا مدى تأثير الانحراف المعياري للقيم المقدرة، على ترتيب أداء الأساليب المختلفة، فرغم أن متوسط نسبة الزيادة في تقديرات معادلة بلييني-كريدل بتعديل منظمة الأغذية والزراعة يبلغ ٠٪، إلا أن هذا الأسلوب، أتى في الترتيب التاسع، نظراً للتذبذب الكبير لتقديراته حول المتوسط، والمتمثل في انحراف معياري يبلغ ٠,٧٦ مم/يوم.

وفي مُنتدى للخبراء والباحثين أُقيم في روما عام ١٩٩٠م، من قبل منظمة الأغذية والزراعة، بالتعاون مع الوكالة الدولية للرى والصرف International Commission for Irrigation and Drainage، و المنظمة العالمية للأرصاد الجوية World Meteorological Organization، لتقييم الأساليب المتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة عام ١٩٧٧م، أوصي بتبني معادلة بنمان-مونتيث Penman-Monteith، المبنية على أسس فيزيائية، وليست تجريبية، لتكون المعادلة القياسية الوحيدة لتقدير التبخرنتح المرجعي (Smith et al. 1992; Allen et al.).

(1998)، ومنذ تبني معادلة بنمان-مونتيث من قبل الهيئات العالمية المختصة لتكون المعادلة القياسية الوحيدة لتقدير التبخرنتح المرجعي، شاع استخدامها في الأقاليم الجغرافية المختلفة وأصبحت نتائج هذه المعادلة تشكل مرجعاً لتقييم أداء الأساليب الأخرى لتقدير التبخرنتح المرجعي (Gavilan et al., 2005; Utset et al., 2004; Alexandris and Kerkides, 2003; Abdelhadi et al., 2000; Hess, 1998).

## جدول (١)

الأداء التجريبي لأهم معادلات تقدير تبخرنتح المحصول المرجعي (Jensen et al., 1990)

المنخفضات الصحراوية			المنخفضات الرطبة			الأسلوب
الانحراف المعياري مم/يوم	نسبة الزيادة في التقدير	الترتيب	الانحراف المعياري مم/يوم	نسبة الزيادة في التقدير	الترتيب	
COMBINATION METHODS (المعادلات الثنائية (طاقة + رياح)						
٠.٤٩	٪١-	١	٠.٣٢	٪٤+	١	بنمان - مونتيث Penman-Monteith
٠.٦٩	٪١٢+	٦	٠.٩٣	٪٢٩+	١٤	بنمان الفاو FAO-24 Penman (c=1)
١.١٠	٪١٨+	١٠	١.١٤	٪٣٥+	١٩	بنمان الفاو المعدلة FAO-24 Penman (corrected)
٠.٦٨	٪٦+	٥	٠.٦٧	٪١٦+	٤	بنمان الفاو الأولى - FAO PPP-17 Penman
٠.٧٠	٪٢-	٧	٠.٦٠	٪١٤+	٣	بنمان ١٩٦٣ Penman (1963)
٠.٦٧	٪٦+	٤	٠.٦٩	٪٢٠+	٦	بنمان 1963, VPD #3
٠.٧٣	٪٦+	٨	٠.٧١	٪١٨+	٨	كيمبرلي بنمان ١٩٧٢ Kimberley Penman
٠.٥٤	٪٣+	٢	٠.٦٩	٪١٠+	٧	كيمبرلي ١٩٨٢ Kimberley Penman
١.١٢	٪١١+	١١	١.٠٣	٪٣٢+	١٦	بوسينجر - فان بافل Businger-van Bavel

المنخفضات الصحراوية			المنخفضات الرطبة			الأسلوب
الانحراف المعياري مم/يوم	نسبة الزيادة في التقدير	الترتيب	الانحراف المعياري مم/يوم	نسبة الزيادة في التقدير	الترتيب	
<b>RADIATION METHODS</b> المعادلات المبينة على كمية الأشعة						
١.٨٩	%٢٧-	١٩	٠.٦٩	%٣-	٥	برستلي - تايلور Priestley Taylor
٠.٦٢	%٦+	٣	٠.٧٩	%٢٢+	١١	الفاو FAO-Radiation
<b>TEMPERATURE METHODS</b> المعادلات المبينة على درجة الحرارة						
١.١٣	%١٢-	١٢	٠.٨٤	%١٨-	١٢	جنسون - هيز- Haise Jensen
١.١٧	%٩-	١٣	٠.٧٩	%٢٥+	١٠	هارجرافز Hargreaves
١.٨٨	%٢٦-	١٨	٠.٥٦	%٥+	٢	تورك Turc
١.٢٩	%١٦-	١٥	١.٠١	%١٧+	١٥	بلانسي - كريدل Blaney-Criddle SCS
٠.٧٦	%٠	٩	٠.٧٩	%١٦+	٩	بلانسي - كريدل للفاو FAO Blaney-Criddle
٢.٤	%٣٧-	٢٠	٠.٨٦	%٤-	١٣	ثورنويت Thornwaite
<b>PAN EVAPORATION METHODS</b> الأساليب المبينة على حوض التبخر						
١.٥٤	%٢١+	١٧	١.٢٩	%١٤+	٢٠	حوض التبخر أ Pan Class A
١.٤١	%٦-	١٦	١.١٢	%١٠-	١٨	كريستيانسن Christiansen
١.٢٥	%٥+	١٤	١.٠٩	%٥-	١٧	حوض التبخر (أ) للفاو FAO Class A

## هدف الدراسة:

نظراً لأهمية معرفة الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي لإدارة مشاريع الري و للتنمية المستدامة لموارد المياه والتربة ، وفي ظل عدم توفر قياسات حقلية لها في واحة الأحساء ، فإن هذه الدراسة تهدف إلى تقدير الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في واحة الأحساء بالأسلوب القياسي المبني على أسس فيزيائية ، والمتمثل في معادلة بنمان-مونثيث المتبناة من قبل منظمة



الأغذية والزراعة FAO Penman-Monteith كالأسلوب الوحيد لتقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي ، ليعطي تقديرات أكثر دقة ومصداقية من التقادير السابقة المبنية على معادلات تجريبية (الطاهر ١٩٩٢م ، Al-Taher 1992) وشبه تجريبية (Alsaaran 1999)، ثبت من قبل هيئات عالمية أنه لا يمكن الاعتماد عليها. لذا ستشكل هذه التقديرات الأكثر دقة للاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي ، أساساً يعتمد عليه لتقديرات أكثر دقة للاحتياجات المائية الشهرية للمحاصيل المختلفة في واحة الأحساء ، بمجرد ضرب المعامل الخاص بالمحصول المعين في الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي في الفترة المعينة ، مما يقدم ركيزة أساسية لإدارة أكثر كفاءة لمشاريع الري والصرف ، وتحقيق تنمية مستدامة لموارد المياه والتربة في الواحة. علاوة على ذلك ، فإن هذا البحث يهدف إلى عرض هذا الأسلوب القياسي ، المبني على أسس فيزيائية ، لحساب الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي ، عرضاً مفصلاً باللغة العربية ، لإيضاح خطواته للباحث العربي ، الذي لا يتوفر لديه في أدبيات هذا الموضوع باللغة العربية سوى أساليب تجريبية وشبه تجريبية.

### منطقة الدراسة:

تُعد واحة الأحساء أهم الواحات الزراعية في المملكة العربية السعودية السعودية ، وتقع نحو ٦٠ كم إلى الغرب من ساحل الخليج العربي ، في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية السعودية ، بين دائرتي العرض "18° 25° و "39° 25° شمالاً ، وخطي الطول "31° 49° و "46° 49° شرقاً ، وتُحد واحة

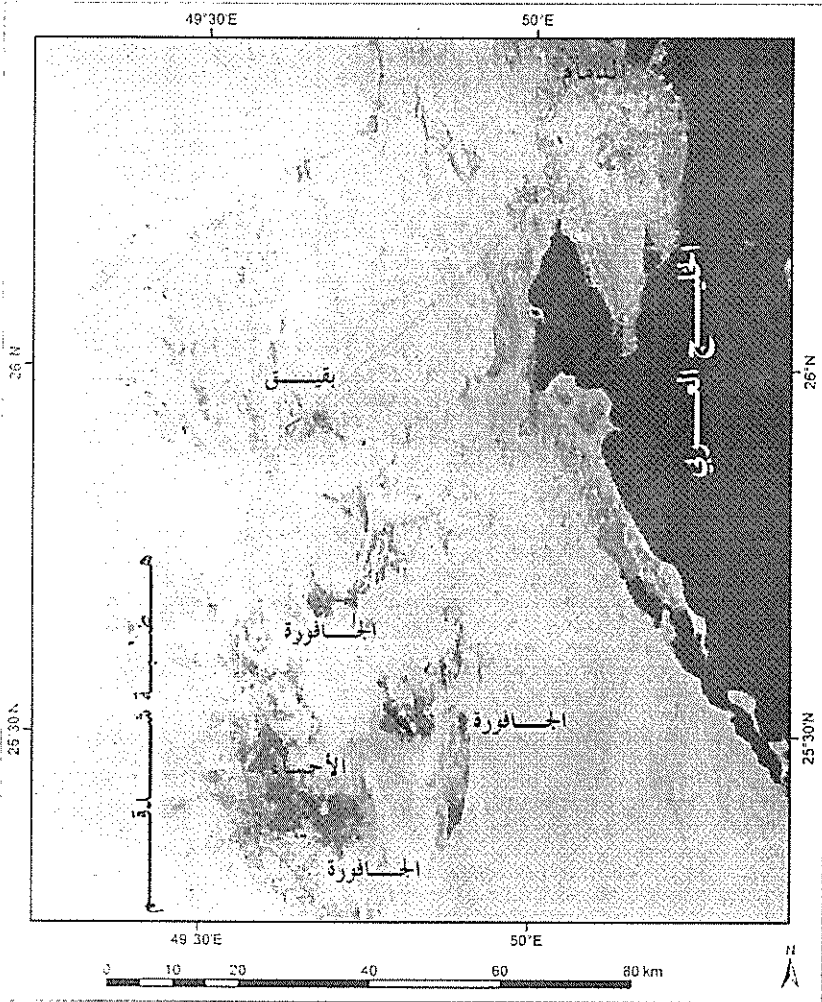
الأحساء من الشرق والجنوب والشمال بكتبان نفود الجافورة، التي تزحف باستمرار نحو الواحة، ويحدها من الغرب هضبة شدقم (جزء من هضبة الصمان)، التي هي عبارة عن منكشف تكوين اللدام الجيري (الشكل رقم ١). ويتراوح ارتفاع سطح الأرض في واحة الأحساء، من ١٥٥ متر فوق مستوى سطح البحر في الطرف الجنوبي الغربي، إلى ١١٠ متر فوق مستوى سطح البحر في الطرف الشمالي الغربي. ومع أن المحاصيل المزروعة تشغل مساحة كبيرة من الواحة، إلا أنها تعاني من الامتداد العمراني لمدينتي الهفوف والمبرز، والعيون والعمران بالإضافة للعديد من القرى أهمها المطيري والجشة والطرف والكلابية والشعبة والجليجلة والوزية والقرن والمراح على حساب الأراضي المزروعة والقابلة للزراعة (الشكل رقم ٢).

ويُعد مناخ الأحساء جافاً جداً hyper-arid. فمتوسط كمية الأمطار السنوية يبلغ نحو ٧١ مم، يسقط معظمها (٩٧٪) في فصلي الشتاء والربيع. وتتصف كمية الأمطار السنوية في المنطقة بالتذبذب الكبير، حيث تصل في بعض السنوات إلى أكثر من ١٨١ مم (عام ١٩٨٢م)، بينما لا تتجاوز كميتها ١٠ مم في سنوات أخرى، كما في عام ١٩٩٠م (الطاهر ١٩٩٩م)، كذلك تتسم الأمطار في المنطقة بعدم انتظام موسم سقوطها، ففي بعض السنوات تسقط معظم الأمطار في أواخر الخريف وأوائل الشتاء، بينما يتأخر سقوط معظم الأمطار في أعوام أخرى إلى منتصف وأواخر فصل الربيع. وتسقط معظم الأمطار في المنطقة على شكل

## شكل (١)

مرئية فضائية (Landsat TM, 741 RGB) مصححة هندسياً ومستقطبة (UTM)

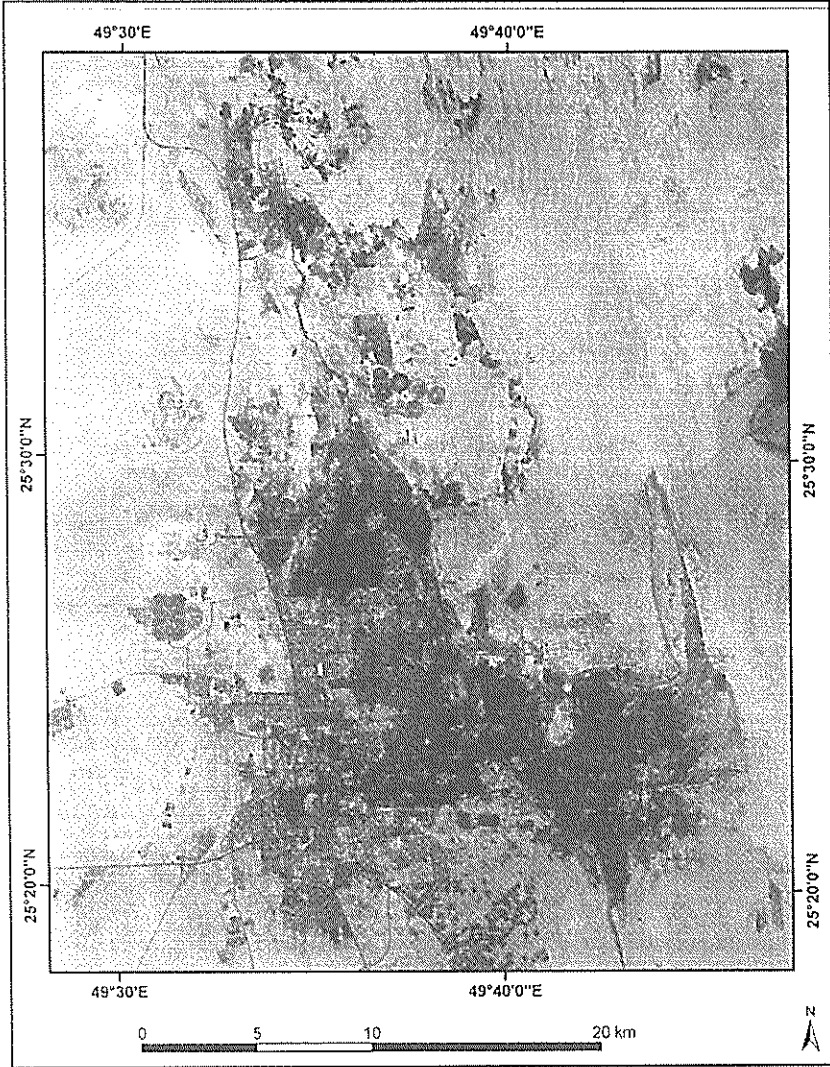
توضح موقع واحة الأحساء



## شكل (٢)

مرئية فضائية (Landsat TM, 741 RGB) مصححة هندسياً ومستقطبة (UTM) توضح

الامتداد الجغرافي للرقعة الزراعية في واحة الأحساء



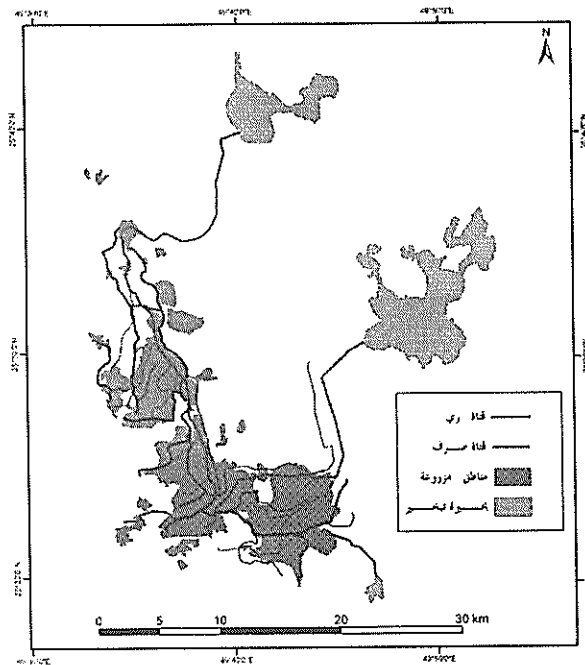
زخّات غزيرة مصاحبة للعواصف الرعدية، ويتراوح متوسط درجة الحرارة الشهرية في الأحساء من ١٤ درجة مئوية خلال شهر يناير في فصل الشتاء إلى ٣٥ درجة مئوية خلال شهر يوليو في فصل الصيف، إما رطوبة الهواء فهي منخفضة بشكل عام، حيث يتراوح متوسطها الشهري من ٢٩٪ في شهر يونيو إلى ٥٩٪ في شهر يناير (الطاهر ١٩٩٩م).

وكانت الزراعة تعتمد في واحة الأحساء بشكل تام على الري بالمياه الجوفية، حيث كانت المياه الجوفية تتدفق تلقائياً على سطح الأرض، من فوهات العيون الكارستية المنتشرة في المنطقة، والتي تستمد مياهها من مكمن النيوجين، وذلك عندما كان معدل تدفق المياه الجوفية متوازناً، إلى حد كبير، مع معدلات تغذية المياه الجوفية (BRGM 1977)، وتتركز العيون في ثلاث مناطق من الواحة، على طول منخفض طبوغرافي، ممتد من الشمال إلى الجنوب، على ارتفاع ١٤٢م فوق مستوى سطح البحر، هي المراح في الشمال، والمطيرفي في الوسط، والهفوف في الجنوب (BRGM 1977). وقد أقيم في عام ١٩٧١م، مشروع كبير للري والصرف، تُشرف عليه هيئة الري والصرف بالأحساء، يُجمع مياه العيون ويوزعها على المزارع في الواحة، عبر قنوات ري رئيسية وفرعية، ويصرف المياه من التربة، عبر قنوات صرف ترابية مفتوحة، إلى أحواض تبخير تقع إلى الشمال والشرق والجنوب من الواحة (الشكل رقم ٣). ومع التزايد المضطرد للطلب على المياه، خاصة للأغراض الزراعية، نتج عنه اختلال كبير بين الاستهلاك ومعدل التغذية، تسبب في انخفاض مستمر في منسوب ونوعية المياه الجوفية في مكمن النيوجين، مما أدى إلى توقف التدفق التلقائي للمياه الجوفية من العيون في المنطقة

عام ١٩٨٧ م، (الحמיד والحسين ١٩٨٧ م)، وحتم حفر العديد من الآبار، من قبل هيئة الري والصرف والمزارعين، لسد متطلبات الزراعة من المياه الجوفية. ومع عدم وفاء المياه الجوفية بمتطلبات الري في الواحة، خلال الثمانينيات من القرن الماضي، بدأت هيئة الري والصرف في عام ١٩٨٣ م، بضخ مياه الصرف الزراعي من قناة الصرف الرئيسية (D1)، وخلطها مع مياه الري في قناة الري الرئيسية (F1)، كما بدأت هيئة الري والصرف كذلك في عام ١٩٨٧ م، بضخ مياه الصرف الصحي المعالج ثلاثياً إلى قنوات الري الرئيسية (الطاهر ١٩٩٩ م).

شكل (٣)

شبكة قنوات الري والصرف في واحة الأحساء



**منهج البحث وأساليبه:**

الأسلوب الوحيد المتبنى من قبل منظمة الأغذية والزراعة لتقدير التبخرنتح هو الأسلوب المبني على أسس فيزيائية والمتمثل في معادلة بنمان-مونتيث Penman-Monteith لتقدير التبخرنتح والتي تأخذ الصيغة التالية ( Monteith 1965, 1981; Allen et al. 1998 ):

$$(٣) \quad \lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

حيث إن :-

$\lambda$  = الحرارة الكامنة للتبخير (كيلو جول / كجم).

$ET$  = التبخرنتح (كجم / م<sup>٢</sup> يوم).

$\Delta$  = قيمة المحدار منحني ضغط بخار الماء الإشعاعي عند درجة حرارة معينة (كيلو باسكال / درجة مئوية).

$R_n$  = محصلة الإشعاع عند سطح المحصول (كيلو جول / م<sup>٢</sup> يوم).

$G$  = الحرارة المفقودة إلى التربة أو المكتسبة منها (كيلو جول / م<sup>٢</sup> يوم).

$\rho_a$  = متوسط كثافة الهواء عند ضغط جوي ثابت (كجم / م<sup>٣</sup>).

$C_p$  = الحرارة النوعية للهواء الرطب عند ضغط ثابت (كيلو جول / كجم درجة مئوية).

$e_s$  = ضغط بخار الماء الإشعاعي (كيلو باسكال).

$e_a$  = ضغط بخار الماء الحقيقي (كيلو باسكال).

$r_a$  = المقاومة الإيروديناميكية (يوم / م).

$r_s$  = مقاومة السطح (يوم/م).

$\gamma$  = ثابت سايكومتري (كيلو باسكال/درجة مئوية) يُحسب كما يلي ( Brunt )  
: (1952)

$$(٤) \quad \gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon \lambda}$$

حيث إن :-

$P$  = الضغط الجوي (كيلو باسكال).

$\varepsilon$  = كسر وزن جزيئ بخار الماء لوزن الهواء الجاف = 0,622.

ويُحسب الضغط الجوي (كيلو باسكال) عند أي ارتفاع بالمعادلة التالية ( Burman )  
: (et al. 1987)

$$(٥) \quad P = P_o \left( \frac{T_{ko} - \alpha_1 (Z - Z_o)}{T_{ko}} \right)^{\frac{g}{\alpha_1 R}}$$

حيث إن :-

$P_o$  = الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر (كيلو باسكال).

$T_{ko}$  = درجة الحرارة المرجعية عند مستوى سطح البحر (كلفن).

$\alpha_1$  = معدل تغير درجة حرارة الهواء الرطب مع الارتفاع ويساوي 0,0065 (كلفن/م).

$Z$  = الارتفاع عن مستوى سطح البحر (م).

$Z_o$  = الارتفاع المرجعي (م).

$g$  = التسارع بالجاذبية (م/ث<sup>2</sup>).

$R$  = ثابت الغاز = 287 جول/(كجم كلفن).



الحرارة الكامنة للتبخير الواردة في المعادلة رقم (٣)، والتي هي عبارة عن كمية الطاقة اللازمة لتحويل وحدة كتلة من الماء، من الحالة السائلة، إلى الحالة الغازية، عند ضغط جوي ثابت، دالة من درجة الحرارة، حيث تقل قيمتها مع زيادة درجة الحرارة التي تتم عندها عملية التبخير، كما في المعادلة التالية (Harrison 1963):

$$(٦) \quad \lambda = \lambda_0 - b T_c$$

حيث إن :-

$\lambda_0$  = الحرارة الكامنة للتبخير عند درجة حرارة صفر مئوي = ٢٥٠١ كيلو جول / كجم.

$b$  = معدل التغير في قيمة الحرارة الكامنة للتبخير مع زيادة درجة الحرارة = ٢,٣٦١

كيلو جول / (كجم درجة مئوية).

$T_c$  = درجة الحرارة (درجة مئوية).

ومتوسط كثافة الهواء عند ضغط جوي ثابت (كجم/م<sup>٣</sup>) يحسب كالتالي (Smith

et al. 1992):

$$(٧) \quad \rho_a = \frac{1000 P}{T_{kv} R}$$

حيث إن :-

$T_{kv}$  = درجة الحرارة العملية (كلفن) وتحسب كما يلي (Smith et al. 1992):

$$(٨) \quad T_{kv} = T_k \left( 1 - 0.378 \frac{e_a}{P} \right)^{-1}$$

حيث إن :-

$T_k$  = درجة الحرارة (كلفن).

والحرارة النوعية للهواء عند ضغط ثابت، هي كمية الطاقة اللازمة، لرفع وحدة كتلة من الهواء، بمقدار درجة واحدة مئوية، عند ضغط جوي ثابت، وتعتمد قيمتها على الرطوبة النسبية للهواء. إلا أن قيمتها في الظروف الجوية الاعتيادية تبلغ نحو 1.013 كيلو جول / (كجم درجة مئوية). و ضغط بخار الماء الإشباعي (كيلو باسكال)، عند درجة حرارة معينة ( $e_T^o$ )، يمكن حسابه بالمعادلة التالية (Murray 1967):

$$(9) \quad e_T^o = 0.6108 e^{\left( \frac{17.27 T_c}{T_c + 237.3} \right)}$$

وحيث إن هذه المعادلة غير خطية، فإن استخدام متوسط درجة الحرارة لفترة معينة، لحساب متوسط ضغط بخار الماء ( $e_s$ ) لتلك الفترة، ينتج عنه انخفاض في قيمة متوسط ضغط بخار الماء المحسوب، لذلك يجب أن يحسب  $e_s$  كمتوسط ضغط بخار الماء عند درجة الحرارة العظمى ( $e_{T_{\max}}^o$ ) والدنيا ( $e_{T_{\min}}^o$ ) كما يلي (Smith et al. 1992):

$$(10) \quad e_s = \frac{e_{T_{\max}}^o + e_{T_{\min}}^o}{2}$$

أما قيمة انحدار منحنى ضغط بخار الماء الإشباعي (كيلو باسكال/درجة مئوية)، عند درجة حرارة معينة، فيحسب كما يلي (Murray 1967):

$$(11) \quad \Delta = \frac{4098 \left[ 0.6108 e^{\left( \frac{17.27 T_c}{T_c + 237.3} \right)} \right]}{(T_c + 237.3)^2}$$

كذلك يمكن حساب ضغط بخار الماء الحقيقي (كيلو باسكال)، من متوسط الرطوبة النسبية ( $RH_m$ )، وضغط بخار الماء الإشباعي، عند درجة الحرارة العظمى والدنيا، بالمعادلة التالية (Smith et al. 1992):

$$(12) \quad e_a = \frac{RH_m}{100} \left( \frac{e_{T_{max}}^o + e_{T_{min}}^o}{2} \right)$$

ومحصلة الاشعاع عند سطح المحصول (كيلو جول/(م<sup>2</sup> يوم))، هو الفارق بين محصلة الأشعة القصيرة ( $R_{ns}$ )، ومحصلة الأشعة الطويلة ( $R_{nl}$ ):

$$(13) \quad R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

وتحسب محصلة الأشعة القصيرة، من الأشعة القصيرة الواصلة للسطح ( $R_s$ )، ومعامل الانعكاس ( $\alpha$ )، كما يلي:

$$(14) \quad R_{ns} = (1-\alpha)R_s$$

وعندما تكون الأشعة القصيرة ليست مقاسة، كما هو الحال في الكثير من محطات الرصد الميئورولوجية، فإنه يمكن تقديرها بمعادلة أنجستروم (Allen) (et al. 1998):

$$(15) \quad R_s = \left( a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$$

حيث إن :-

$n$  = المدة الفعلية لسطوع الشمس (ساعة/يوم).

$N$  = أعلى مدة ممكنة لسطوع الشمس (ساعة/يوم).

$R_a$  = الأشعة الشمسية عند سطح الغلاف الغازي (كيلو جول/(م<sup>2</sup> يوم)).

$a_s$  = الكسر من الأشعة الشمسية عند سطح الغلاف الغازي التي تصل إلى سطح الأرض في الأيام الغائمة ( $n = 0$ ).

$b_s$  = الكسر من الأشعة الشمسية عند سطح الغلاف الغازي التي تصل إلى سطح الأرض في الأيام التي يكون فيها الجو صحوماً ( $n = N$ )، والذي يعتمد على نسبة الرطوبة في الهواء، والغبار في الغلاف الغازي، وزاوية ميل الشمس.

الأشعة الشمسية عند سطح الغلاف الغازي (كيلو جول / م<sup>2</sup> يوم)، يمكن تقديرها بالمعادلة التالية (Smith et al. 1992):

$$(16) \quad R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)]$$

حيث إن :-

$G_{sc}$  = الثابت الشمسي = ٨٢,٠ كيلو جول / (م<sup>2</sup> دقيقة).

$d_r$  = مقلوب المسافة النسبية بين الشمس والأرض.

$\omega_s$  = زاوية ساعة طلوع الشمس (رادين).

$\varphi$  = درجة عرض المكان (رادين)، والتي تكون موجبة في نصف الكرة الشمالي، وسالبة في نصف الكرة الجنوبي.

$\delta$  = زاوية ميل الشمس (رادين)، وتحسب بالمعادلة التالية (Duffie and Beckman 1980):

$$(17) \quad \delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$$

حيث إن :-

$J$  = رقم اليوم في السنة إبتداءً من ١ للأول من يناير إلى ٣٦٥ أو ٣٦٦ للحادي والثلاثين من ديسمبر، حسب ما إذا كانت السنة كبيسة أم لا.  
ويحسب مقلوب المسافة النسبية بين الشمس والأرض كما يلي (Duffie and Beckman 1980):

$$(١٨) \quad d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$$

أما زاوية ساعة طلوع الشمس فتحسب كما يلي (Allen et al. 1998):

$$(١٩) \quad \omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan \left\{ \frac{-\tan(\varphi) \tan(\delta)}{\sqrt{1 - [\tan(\varphi)]^2 [\tan(\delta)]^2}} \right\}$$

وتحسب أعلى مدة ممكنة لسطوع الشمس (ساعة/يوم) كما يلي (Smith et al. 1992):

$$(٢٠) \quad N = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

ومحصلة الأشعة الطويلة ( $R_{nl}$ ) تحسب كالتالي (Allen et al. 1998):

$$(٢١) \quad R_{nl} = \sigma \left[ \frac{(T_{max,K})^4 + (T_{min,K})^4}{2} \right] (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \left( 1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

حيث إن :-

$\sigma$  = ثابت ستيفان-بولتزمان (كيلو جول/كلفن<sup>٤</sup> م<sup>٢</sup> يوم).

$T_{max,K}$  = درجة الحرارة اليومية القصوى (كلفن).

$T_{min,K}$  = درجة الحرارة اليومية الصغرى (كلفن).

$R_{so}$  = الأشعة الواصلة عندما يكون الجو صحواً، والذي يتم حسابها بالمعادلة التالية (Allen et al. 1998):

$$(22) \quad R_{so} = R_a e^{\left(\frac{-0.0018P}{K_t \sin(\phi_{24})}\right)}$$

حيث إن :-

$k_t$  = معامل العكس.

$\phi_{24}$  = المتوسط اليومي لزاوية الشمس فوق الأفق (رادن)، وتحسب كالتالي (Allen et al. 1998):

$$(23) \quad \sin(\phi_{24}) = \sin\left[0.85 + 0.3\phi \sin\left(\frac{2\pi}{365}J - 1.39\right) - 0.42\phi^2\right]$$

الحرارة المفقودة إلى التربة أو المكتسبة منها (كيلو جول/م<sup>٢</sup> يوم) تحسب كما يلي (Allen et al. 1998):

$$(24) \quad G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \Delta Z_s$$

حيث إن :-

$c_s$  = السعة الحرارية للتربة (كيلو جول / م<sup>٣</sup> درجة مئوية).

$T_i$  = درجة حرارة الهواء في الزمن  $i$  (مئوية).

$T_{i-1}$  = درجة حرارة الهواء في الزمن  $i-1$  (مئوية).

$\Delta t$  = الفترة الزمنية الفاصلة بين القياسين (يوم).

$\Delta Z_s$  = عمق التربة الفعّال (م)، والذي تتراوح قيمته من ٠.١ إلى ٠.٢ إذا كانت

الفترة الزمنية الفاصلة بين القياسين من يوم إلى بضعة أيام، إلا أنه قد يزيد على

المترين، إذا كانت الفترة الزمنية الفاصلة بين القياسين شهراً أو أكثر.

وتحسب المقاومة الإيروديناميكية لنقل الطاقة وبخار الماء من سطح التبخير إلى الهواء فوق الغطاء النباتي كما يلي ( Allen et al. 1998; Smith et al. 1992 ):

$$(٢٥) \quad r_a = \frac{\ln\left(\frac{Z_m - d}{Z_{om}}\right) \ln\left(\frac{Z_h - d}{Z_{oh}}\right)}{k^2 u_z}$$

حيث إن :-

$u_z$  = سرعة الرياح المقاسة على إرتفاع يزيد أو يقل عن الارتفاع القياسي (م/يوم).

$Z_m$  = الارتفاع الذي تم عنده قياس سرعة الرياح (م).

$Z_h$  = الارتفاع الذي تم عنده قياس رطوبة الهواء (م).

$d$  = ارتفاع إزاحة مسطح الصفر للقطاع الرأسي للرياح (م).

$Z_{om}$  = طول الخشونة الذي يحكم نقل الزخم momentum (م).

$Z_{oh}$  = طول الخشونة الذي يحكم نقل الحرارة وبخار الماء (م).

$k$  = ثابت فون كارمان von Karman (٠,٤١).

ويحسب ارتفاع إزاحة مسطح الصفر للقطاع الرأسي للرياح (م) كالتالي  
(Monteith 1981):

$$(٢٦) \quad d = \frac{2}{3} h_c$$

حيث إن :-

$h_c$  = ارتفاع المحصول (م).

أما طول الخشونة، الذي يحكم نقل الزخم (م)، و طول الخشونة الذي يحكم نقل الحرارة وبخار الماء (م)، فيحسب بالمعادلتين التاليتين، على التوالي ( Brutsaert 1975):

$$(٢٧) \quad z_{om} = 0.123 h_c$$

$$(٢٨) \quad z_{oh} = 0.0123 h_c$$

مقاومة المحصول (يوم/م)، التي تمثل المقاومة لحركة بخار الماء، خلال مروره بالغطاء النباتي الذي ينتج، وخلال مروره بسطح التبخير في التربة، تقدر بالمعادلة التالية (Allen et al. 1989):

$$(٢٩) \quad r_s = \frac{r_l}{LAI_a}$$

حيث إن :-

$r_l$  = متوسط المقاومة الكلية لثغور الورقة المواجهة للأشعة الشمسية (يوم/م).  
 $LAI_a$  = مؤشر للمساحة الفعالة للجهة العلوية من الأوراق (م<sup>٢</sup> من الأوراق / م<sup>٢</sup> من سطح التربة).

وعند الأخذ بالتعريف الموحد للمحصول المرجعي، تأخذ معادلة بنمان-مونتيث المتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة كالأسلوب الوحيد لتقدير للاحتياجات المائية للمحصول المرجعي FAO Penman-Monteith الصيغة التالية ( Smith et al. 1992 ; Allen et al. 1998):

$$(٣٠) \quad ET_o = \frac{\frac{1}{\lambda} \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_c + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$



حيث إن :-

$ET_0$  = تبخرنتح المحصول المرجعي (مم/يوم).

$u_2$  = متوسط سرعة الرياح خلال اليوم على ارتفاع ٢م من سطح التربة (م/ثانية).

وحيث إن احتكاك الرياح مع السطح يقلل من سرعتها، فإن سرعة الرياح المقاسة على ارتفاع يزيد أو يقل عن الارتفاع القياسي (٢م)، لا بد من تعديلها للارتفاع القياسي بالمعادلة التالية (Smith et al. 1992):

$$(٣١) \quad u_2 = \left( \frac{u_z}{86400} \right) \frac{\ln\left(\frac{z_2 - d}{z_{om}}\right)}{\ln\left(\frac{z_m - d}{z_{om}}\right)}$$

### مصادر البيانات:

يتطلب تطبيق معادلة بنمان-مونتيث Penman-Monteith، المتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة FAO، كالأسلوب الوحيد لحساب الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي (المعادلة رقم ٣٠)، حداً أدنى من البيانات الميئورولوجية المقاسة، هي المتوسط الشهري لكل من درجة حرارة الهواء العظمى ( $T_{max}$ ) والدنيا ( $T_{min}$ )، ورطوبة الهواء النسبية ( $RH_m$ )، وعدد ساعات سطوع الشمس في اليوم ( $n$ )، وسرعة الرياح ( $u_z$ )، بالإضافة إلى درجة عرض المحطة، وارتفاعها عن مستوى سطح البحر، وقد تم الحصول على قيم  $u_z$ ،  $RH_m$ ،  $T_{min}$ ،  $T_{max}$  من التقارير المناخية السطحية للرئاسة العامة للإرصاد وحماية البيئة لمحطة الأحساء،

الواقعة على درجة عرض  $25^{\circ} 17' 53''$  شمالاً، وعلى إرتفاع ٧٨.١٧ م، فوق مستوى سطح البحر، للفترة الممتدة من عام ١٩٨٥ م، إلى عام ٢٠٠٤ م، أما قيم  $n$  فقد أخذت من سجلات وزارة الزراعة والمياه للفترة نفسها، وحيث إن قياسات الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة لسرعة الرياح مقاسةً على ارتفاع ١٠ أمتار، فقد عدّلت قيم هذه المتغيرات إلى الارتفاع القياسي (٢م)، بالمعادلة رقم (٣١)، كذلك حُسبت قيم المتغيرات الأخر غير المقاسة والداخلية في معادلة تقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي بالأساليب الموضحة بالتفصيل في المدخل السابق.

## النتائج والمناقشة:

### أ- الإحصاءات الوصفية للقيم الشهرية للمتغيرات المبيتيورولوجية المقاسة:

يبين الجدول رقم (٢) المتوسطات الشهرية للقيم المقاسة لدرجة حرارة الهواء العظمى والدنيا، ومتوسط رطوبة الهواء النسبية، وعدد ساعات سطوع الشمس في اليوم، وسرعة الرياح، في واحة الأحساء للفترة من ١٩٨٥ م، إلى ٢٠٠٤ م، فالمتوسط الشهري لدرجة الحرارة العظمى في الأحساء يتراوح من ٢١,٢٣ درجة مئوية في شهر يناير، إلى ٤٥,٥٩ درجة مئوية في شهر يولية، بمتوسط سنوي يبلغ ٣٤,٧٤ درجة مئوية. أما المتوسط الشهري لدرجة الحرارة الصغرى فيتراوح من ٨,٣٨ درجة مئوية في شهر يناير، إلى ٢٩,١٢ درجة مئوية في شهر يولية، بمتوسط سنوي يبلغ ١٩,٣٦ درجة مئوية. كما يتراوح المتوسط الشهري لرطوبة الهواء النسبية من ٢١,٧٪ في شهر يونية، إلى ٥٧,٨٤٪ في شهر ديسمبر، بمتوسط

سنوي قدره ٣٨,٦٩ ٪ (الشكل رقم ٤)، فعلى العكس من درجة الحرارة، رطوبة الهواء النسبية تبلغ ذروتها في فصل الشتاء، وتتندى خلال فصل الصيف. والتغيرات الكبيرة في رطوبة الهواء النسبية بين فصلي الشتاء والصيف، ليس ناتجاً عن تغير في كمية الرطوبة الفعلية في الهواء (ضغط بخار الماء الفعلي)، وإنما راجع لزيادة قدرة الهواء على استيعاب قدر أكبر من بخار الماء (ضغط بخار الماء الاشباعي)، مع زيادة درجة الحرارة في فصل الصيف (الشكل رقم ٥).

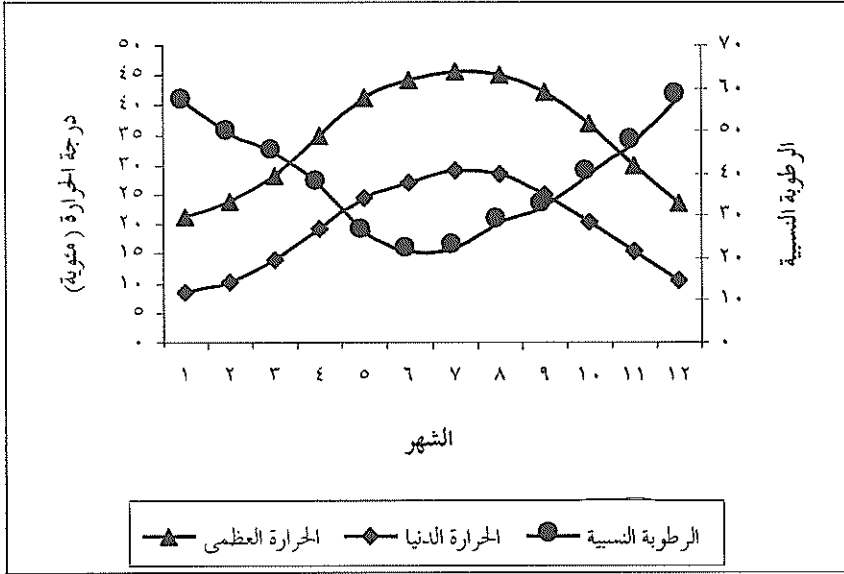
جدول (٢) المتوسطات الشهرية للمتغيرات المتولوجية المقاسة بالأحساء

للفترة ١٩٨٥-٢٠٠٤ م.

الشهر	درجة الحرارة العظمى (مئوية)	درجة الحرارة الدنيا (مئوية)	سرعة الرياح (كم/ساعة)	الرطوبة النسبية ٪	ساعات الطوع الشمسي (ساعة/يوم)
يناير	٢١,٢٣	٨,٢٨	٥,٤٢	٥٦,٧	٧,٢
فبراير	٢٣,٨٣	١٠,١٨	٥,٩٨	٤٩,٣٥	٧,٦
مارس	٢٨,٣١٥	١٣,٩	٥,٩٤	٤٤,٨	٧,٢
أبريل	٣٤,٨١	١٩,٢٢	٥,٤٩	٣٧,٢٥	٧,٩
مايو	٤١,٢٨٥	٢٤,٤٨٥	٥,٦٤	٢٦,٢٥	٩,٤
يونيو	٤٤,١٩٥	٢٧,١٢	٦,٥٨	٢١,٧	١٠,٢
يوليو	٤٥,٥٩	٢٩,١٢٥	٦,٣٥	٢٢,٤٥	١٠,٣
أغسطس	٤٥,١٩	٢٨,٦٣	٥,٣٨	٢٨,٦	١٠,٢
سبتمبر	٤٢,٠٦	٢٥,٠٥	٤,٦٤	٣٢,١٦	٩,٩
أكتوبر	٣٧,٠٦	٢٠,٤٦	٣,٩٣	٣٩,٨٩	٩,٢
نوفمبر	٢٩,٨٢	١٥,٢٩	٥,٠١	٤٧,٢٦	٨,٦
ديسمبر	٢٣,٥٣	١٠,٥٠	٥,١٥	٥٧,٨٤	٧,٤
المتوسط	٣٤,٧٤	١٩,٣٦	٥,٤٦	٣٨,٦٩	٨,٧٦

وقد تراوح المتوسط الشهري لعدد ساعات السطوع الفعلي للشمس في اليوم، والذي يعتمد على درجة عرض الشمس، وكثافة الغيوم في السماء، من ٧,٢ ساعة/يوم في شهر يناير، إلى ١٠,٣ ساعة/يوم في شهر يولية، بمتوسط سنوي يبلغ ٨,٨ ساعة/يوم. أما المتوسط الشهري لسرعة الرياح فيتفاوت من ٣,٩٣ كم/ساعة في شهر أكتوبر، إلى ٦,٥٨ كم/ساعة في شهر يونية، بمتوسط سنوي يبلغ ٥,٤٦ كم/ساعة (الشكل رقم ٦).

شكل (٤) التوزيع الشهري لدرجات الحرارة والرطوبة النسبية للهواء في واحة الأحساء

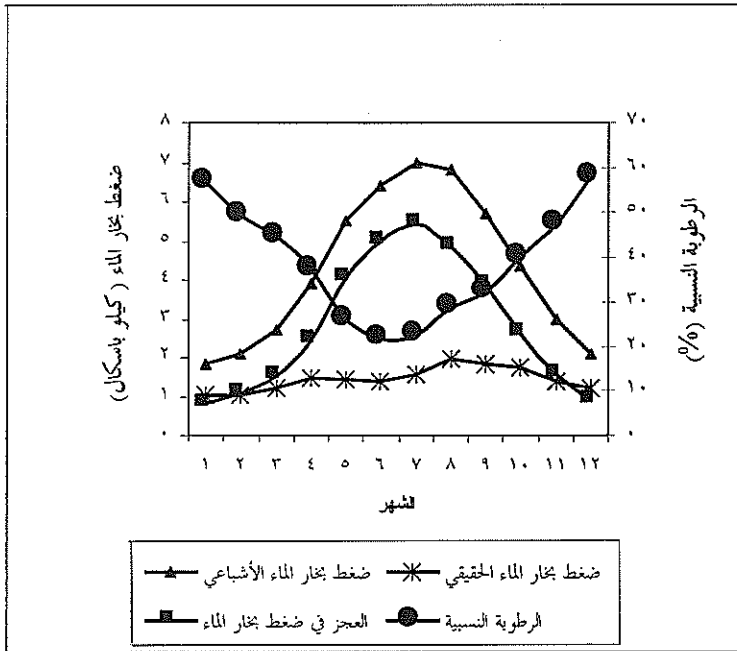


#### ب - الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي:

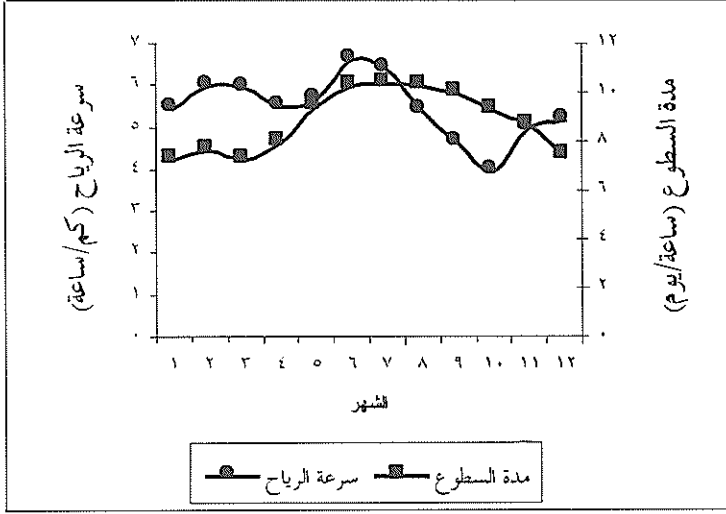
تراوحت الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي بواحة الأحساء، المحسوبة في هذه الدراسة بمعادلة بنمان-مونثيث للفاو (المعادلة رقم ٣٠)، المبينة

على أسس فيزيائية، والمتبناة من قبل منظمة الأغذية والزراعة عام ١٩٩٨ م، لتكون المعادلة القياسية الوحيدة لتقدير التبخرنتح المرجعي، من ٨١,٥٣ مم في شهري ديسمبر ويناير، إلى ٢٥٥,٧٥ مم في شهر يولية، وبلغت كميتها السنوية ١٩٨٠,٦٧ مم، ويوضح الجدول رقم (٣)، والشكل رقم (٧)، القيم الشهرية للاحتياجات المائية للمحصول المرجعي بواحة الأحساء، المحسوبة بمعادلة بنمان- مونتيث للفاو، بالإضافة إلى بعض قيم التبخرنتح المرجعي الواردة في أدبيات الموضوع، المقدره بأساليب تجريبية بحتة (الطاهر ١٩٩٢ م، و Al-Taher 1992)، وأساليب شبه تجريبية (Alsaaran 1999).

شكل (٥) التوزيع الشهري للرطوبة النسبية للهواء وضغط بخار الماء في واحة الأحساء



شكل (٦) التوزيع الشهري لسرعة الرياح ومدة سطوع الشمس في واحة الأحساء



ويتضح من الجدول والرسم البياني أن هناك تفاوتاً كبيراً جداً بين القيم المحسوبة للاحتياجات المائية للمحصول المرجعي بالأساليب المختلفة، فجميع التقديرات السابقة، بالأساليب التجريبية البحتة وشبه التجريبية، تُبالغ في تقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي بواحة الأحساء، مقارنة بتقديرات معادلة بنمان-مونتيث للفاو، ويختلف مقدار مبالغة هذه الأساليب التجريبية في تقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي بواحة الأحساء من أسلوب إلى آخر.

فتقديرات معادلة بلييني-كريدل للفاو، الواردة في دراسة Al-Taher 1992، هي الأقرب لتقديرات معادلة بنمان-مونتيث للفاو، على المستوى الشهري والسني، حيث تقل تقديرات المعادلة الأولى عن تقديرات المعادلة الثانية خلال فصل الربيع وأوائل فصل الصيف (مارس-يولية)، وتزيد عنها في بقية الشهور، خاصة خلال فصل الخريف، ويبلغ الفارق الشهري بين التقديرين ذروته في شهر

أكتوبر، إذ يزيد تقدير معادلة بليني-كريدل للفاوا عن تقدير معادلة بنمان-مونتيت للفاوا بمقدار ٤٧ مم، ولا يزيد الفارق السنوي بين التقديرين عن ١٥١ مم، وهو ما يعادل ٨٪ من الاحتياجات المائية السنوية للمحصول المرجعي، أما الأساليب الأخرى سابقة الذكر، فتبالغ في تقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي بواحة الأحساء، مقارنة بتقديرات معادلة بنمان-مونتيت للفاوا، في جميع شهور السنة، خاصة خلال فصل الصيف، فتقديرات معادلة بنمان الفاوا، الواردة في دراسة Alsaaran 1999، تزيد عن تقديرات معادلة بنمان-مونتيت بمقدار ٧٢١ مم (٣٦٪) على المستوى السنوي، ويبلغ الفارق الشهري ذروته في شهر يونية حيث يصل إلى ٧٤ مم، ولا يقل الفارق الشهري بين تقديرات الأسلوبين عن ٤٢ مم، وذلك في شهر سبتمبر. كذلك تزيد تقديرات معادلة جنسين-هيز، الواردة في دراسة الطاهر ١٩٩٢ م، عن تقديرات معادلة بنمان-مونتيت للفاوا بمقدار ٦٢٧ مم (٣٢٪) على المستوى السنوي، ولا يقل الفارق الشهري بين تقديرات الأسلوبين عن ٢٥ مم، وذلك في شهر ديسمبر، في حين يبلغ الفارق الشهري ذروته في شهر سبتمبر، حيث يصل إلى ٧٧ مم، أما الفارق الشهري بين تقديرات أسلوب حوض التبخير (أ) للفاوا، الواردة في دراسة Al-TaHER 1992، و تقديرات معادلة بنمان-مونتيت للفاوا، فيبلغ ذروته في شهر يونية، حيث يصل إلى ٦٢ مم، ويتقلص الفارق الشهري بين التقديرين إلى أدنى مستوى له في شهر ديسمبر، ليصل إلى ١٦ مم، أما مقدار الفارق السنوي بين التقديرين، فيبلغ ٤٤٨ مم (٢٣٪).

جدول (٣) المتوسطات الشهرية للتبخرنتح المرجعي بالأحساء مقارنة ببعض التقديرات السابقة (مم).

Al-Taher 1992		Alsaaran 1999 FAO ) (Penman	الطاهر ١٩٩٢ م Jensen-) (Haise	الدراسة الحالية ( FAO ) (Penman-Monteith	الشهر
FAO- Pan	FAO Blaney- Criddle				
١٠٢	١٠٧	١٤٥	١١٠	٨١.٥٣	يناير
١٢٠	١٢١	١٦٤	١٢٨	٩٨.٥٦	فبراير
١٧٦	١٢٥	٢٠٦	١٨٢	١٥٣.٤٥	مارس
٢٢٠	١٥٧	٢٣٣	٢٢٧	١٧٢.٢	أبريل
٢٧١	٢١١	٢٩٢	٢٩١	٢٢١.٩٦	مايو
٣٠٨	٢٤١	٣٢٠	٣١٥	٢٤٦.٣	يونيو
٣٠٩	٢٤٨	٣٠٣	٣٢١	٢٥٥.٧٥	يوليو
٢٨١	٢٤٣	٢٧٤	٣٠٥	٢٣١.٨٨	أغسطس
٢٣١	٢٢٤	٢٥٥	٢٦٤	١٨٦.٦	سبتمبر
١٨٥	١٩٠	١٩٩	٢١٢	١٤٢.٩١	أكتوبر
١٢٨	١٥٣	١٧٧	١٤٦	١٠٨	نوفمبر
٩٨	١١١	١٣٤	١٠٧	٨١.٥٣	ديسمبر
٢٤٢٩	٢١٣١	٢٧٠٢	٢٦٠٨	١٩٨٠.٦٧	المجموع

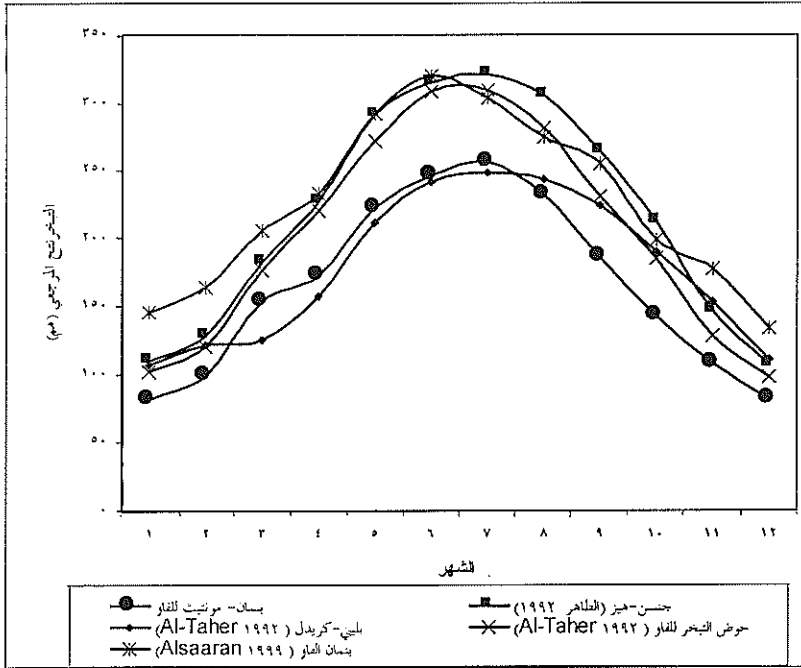
### الختام:

نظراً لأهمية معرفة الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي لإدارة مشاريع الري و التنمية المستدامة لموارد المياه والتربة، وفي ظل عدم توفر قياسات حقلية لها في واحة الأحساء، فقد تمّ في هذه الدراسة تقدير الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في واحة الأحساء، بالأسلوب القياسي المبني على



أسس فيزيائية، والمتمثل في معادلة بنمان-مونثيث المتبنية من قبل منظمة الأغذية والزراعة عام ١٩٩٨م، لتكون المعادلة القياسية الوحيدة لهذا الغرض.

شكل (٧) التوزيع الشهري للتبخر نتح المرجعي في واحة الأحساء



وحيث إن التقديرات السابقة للاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في واحة الأحساء مبنية على معادلات تجريبية وشبه تجريبية، ثبت من قبل هيئات عالمية أنه لا يمكن الاعتماد عليها، فإن التقديرات الواردة في هذه الدراسة ستشكل أساساً يعتمد عليه لتقديرات أكثر دقة للاحتياجات المائية الشهرية للمحاصيل المختلفة في واحة الأحساء، بمجرد ضرب المعامل الخاص

بالمحصول المعيّن في الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي ، مما يقدم ركيزة أساسية لإدارة أكثر كفاءة لمشاريع الري والصرف ، وتحقيق تنمية مستدامة لموارد المياه والتربة في الواحة. كذلك ، تمّ في هذا البحث شرح خطوات حساب الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي بالأسلوب القياسي المبني على أسس فيزيائية ، شرحاً تفصيلياً للقارئ العربي ، الذي لا يتوافر لديه في أدوات هذا الموضوع سوى أساليب تجريبية وشبه تجريبية.

وقد تراوحت الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي بواحة الأحساء ، المحسوبة في هذه الدراسة بمعادلة بنمان-مونثيث للفاو ، من ٨١.٥٣ مم في شهري ديسمبر ويناير ، إلى ٢٥٥,٧٥ مم في شهر يولية ، وبلغت كميتها السنوية ١٩٨٠,٦٧ مم ، وهذه القيم تقل بكثير عن التقديرات السابقة المتحصل عليها بأساليب تجريبية أو شبه تجريبية. وهذا يؤكد ضرورة إعادة حساب الاحتياجات المائية الفعلية للمحاصيل في واحة الأحساء بناء على تقديرات الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي المتحصل عليها بالأسلوب القياسي في هذه الدراسة. وحيث إن جميع الأساليب التجريبية وشبه التجريبية ، التي استخدمت في الدراسات السابقة لتقدير الاحتياجات المائية للمحصول المرجعي في الأحساء ، تبالغ في تقديراتها بنسب تتراوح من ٨ ٪ إلى ٣٦ ٪ على المستوى السنوي مقارنة بتقديرات معادلة بنمان-مونثيث للفاو ، فإن إعادة حساب الاحتياجات المائية الفعلية للمحاصيل في واحة الأحساء ، بناء على تقديرات الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي المتحصل عليها بالأسلوب القياسي في هذه الدراسة ، سيتمخض عنه ما يلي :

- أ- تقليل كلفة إنتاج المحاصيل الزراعية، مما يجعل الإنتاج الزراعي في المنطقة أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية.
- ب- توفير في كمية المياه المطلوبة لري الوحدة المساحية، مما يمكن من زيادة الرقعة الزراعية، أو توفير للمياه الجوفية التي كانت تذهب هدرًا.
- ج- التخفيف من مشكلة تملح التربة، الناتج عن تجمع مياه الري الزائدة عن حاجة النبات فوق الطبقة الصماء في ترب المنطقة، مما يرفع من منسوب الماء الجوفي إلى القرب من سطح التربة، ومن ثم تبخره.
- د- التقليل من تكلفة مشاريع صرف المياه من ترب الواحة، نتيجة لانخفاض كمية مياه الري الزائدة عن حاجة النبات، والتي لا بد من صرفها، لتهوية التربة والحد من تملح التربة.
- هـ- الحد من تلوث المياه الجوفية بالأملاح والمخصبات والمبيدات المتسربة مع المياه الزائدة عن الاحتياجات المائية للمحاصيل وغسيل التربة.
- وجميع هذه النقاط المترتبة على التقدير الأكثر دقة للاحتياجات المائية للمحصول المرجعي في واحة الأحساء، الوارد في هذه الدراسة، تُشكل ركيزة أساسية لإنتاج زراعي أكثر جدوى اقتصادية، وتنمية مستدامة لموارد المياه والتربة في واحة الأحساء.

## المراجع

### المراجع العربية:

الحميد، عبد الله عبد الرحمن و الحسين، عامر حمد (١٩٨٧م)، انخفاض مستوى الماء وتوقف التدفق الطبيعي في جميع عيون الأحساء، إدارة تنمية موارد المياه- وزارة الزراعة والمياه، المملكة العربية السعودية.

الطاهر، عبد الله أحمد (١٩٩٢م)، جدولة ري المحاصيل الزراعية والمحافظة على المياه الجوفية في واحة الأحساء، مركز بحوث كلية الآداب-جامعة الملك سعود، العدد ٣٢.

الطاهر، عبد الله أحمد (١٩٩٩م)، الأحساء: دراسة جغرافية، الطبعة الأولى.

### المراجع الإنجليزية:

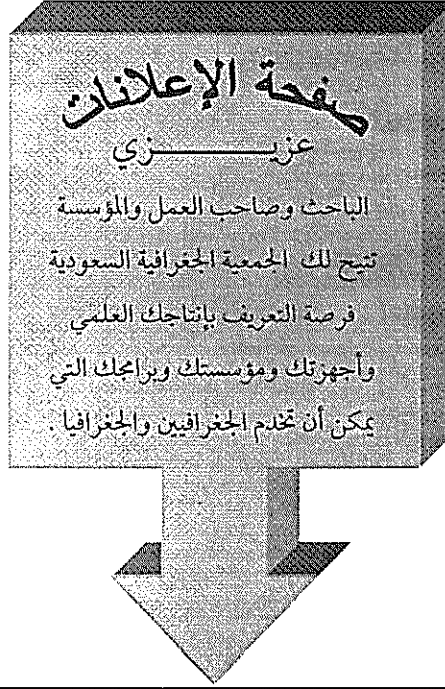
- Abdelhadi, A. W., T. H., H. Tanakamaru, A. Tada, and M. A. Tariq, 2000, Estimation of Crop Water Requirements in Arid Region Using Penman-Monteith Equation With Derived Crop Coefficients: A Case Study on Acala Cotton in Sudan Gezira Irrigated Scheme, *Agricultural Water Management*, 45(2), pp. 203-214.
- Alexandris, S., and P. Kerkides, 2003, New Empirical Formula for Hourly Estimations of Reference Evapotranspiration. *Agricultural Water Management*, 60 (3), pp. 157-180.
- Allen, R. G., 1986, A Penman for all Seasons, *J. Irrig., and Drain, Engrg*, 112(4), pp. 348-368.
- Allen, R. G. 1992, Evaluation of A temperature Difference Method for Computing Grass Reference Evapotranspiration. Report Submitted to UN-FAO Water Resources Development and Management Service, Land and Water Dev. Div., Rome, p. 50.
- Allen, R. G., and Pruitt, W. O., 1986, Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula, *J. Irrig, and Drain, Engrg, ASCE*, 112(IR2), pp. 139-155.
- Allen, R. G., and Pruitt, W. O., 1991, FAO-24 Reference Evapotranspiration Factors, *J., Irrig, and Drain, Engrg, ASCE*, 117(5), pp. 758-773.
- Allen, R. G., 1995, Evaluation of Procedures for Estimating Grass Reference Evapotranspiration Using Air Temperature Data Only, Report Prepared for FAO, Water Resources Development and Management Service, FAO, Rome.
- Allen, R. G., Jensen, M. E., Wright, J. L., and Burman, R. D., 1989, Operational Estimates of Reference Evapotranspiration, *Agron, J.*, 81, pp. 650-662.
- Allen, R. G., Smith, M. Perrier, A. and Pereira, L. S., 1994, An Update for The Definition of Reference Evapotranspiration, *ICID Bulletin*, 43(2), pp. 1-34.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998, Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements – FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Alsaaran, N. A. 1999, Spatial and Temporal Variability of Potential Evapotranspiration in Saudi Arabia. *Journal of the Gulf and Arabian Peninsula Studies*, 92, pp. 227-245.

- Al-Taher, A. A., 1992, Estimation of Potential Evapotranspiration in Al-Hassa Oasis, Saudi Arabia, *Geojournal*, **26**, pp. 371-379.
- Amatya, D. M., R. W. Skaggs, and J. D. Gregory, 1995, Comparison of Methods for Estimating REF-ET, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 121 (6), pp. 427-435.
- Batchelor, C. H. 1984, The Accuracy of Evapotranspiration Functions Estimated with the FAO modified Penman Equation, *Irrig. Science*, **5(4)**, pp. 223-234.
- Blaney, H.F. and Criddle, W. D. 1950, Determining Water Requirements in Irrigated Areas from Climatological and Irrigation Data, USDA Soil Conserv. Serv. SCS-TP96, 44 pp.
- Brunt, D. 1952, *Physical and dynamical meteorology*, 2nd ed., Univ. Press, Cambridge, 428 pp.
- Brutsaert W. (1975), The roughness length for Water Vapor, Sensible Heat and Other Scalars. *J. Atm. Sci.* 32:2028-2031.
- Bureau de Recherches Geologiques et Minières, 1977, Al Hassa Development Project, Groundwater Resources Study and Management Programme, Final Report, Riyadh.
- Burman R.D., Jensen M.E. and Allen R.G. (1987), Thermodynamic Factors in Evapotranspiration, In: Proc, Irrig, and Drain, Spec, Conf, James L.G. and English M.J. (eds), ASCE, Portland, Ore., July, pp. 28-30.
- Chiew, F. H. S., N. N. Kamadalasa, H. M. Malano and McMahon, T. A., 1995, Penman-Monteith, FAO-24 Reference Crop Evapotranspiration and Class-A pan Data in Australia, *Agric, Water Management* 28: 9-21.
- Christiansen, J. E. 1968, Pan Evaporation and Evapotranspiration from Climatic Data. *J. Irrig, and Drain, Div.*, ASCE 94: pp. 243-265.
- DehghaniSanij, H., T. Yamamoto, and V Rasiah, 2004, Assessment of Evapotranspiration Estimation Models for Use in Semi-arid Environments, *Agricultural Water Management*, **64(2)**, pp. 91-106.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977, *Guidelines for predicting crop water requirements*, FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 179 p.
- Duffie J.A. and Beckman W.A. (1980), *Solar engineering of thermal processes*. John Wiley and Sons, New York. pp. 1-109.
- Gavilán, P. I.J. Lorite, S. Tornero and J. Berengena, 2005, Regional calibration of Hargreaves equation for estimating reference ET in a semiarid environment. *Agricultural Water Management*, (*In Press*).
- Hashemi, F. and Habibian, M. T. 1979, Limitations of Temperature Based Methods in Estimating Crop Evapotranspiration in Arid-zone Agricultural Development Project. *Agric, Meteorol*, **20**: pp. 237-247.

- Hess, T. M. Trends in Reference Evapo-Transpiration in the North East Arid Zone of Nigeria, 1961-91, *Journal of Arid Environments*, 38(1), pp. 99-115.
- Jensen, D. T. G. H. Hargreaves, B. Temesgen, and R. G. Allen, 1997, Computation of ETo Under Nonideal Conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123 (5), pp. 394-400.
- Jensen, M. E. 1974, (ed.), *Consumptive use of water and irrigation water requirements*, Rep., Tech., Com., on Irrig., Water Requirements, Irrig., and Drain., Div., ASCE, 227 pp.
- Jensen, M. E. and Haise, H. R. 1963, Estimating Evapotranspiration from Solar Radiation, *J. Irrig. and Drain. Div.*, ASCE, 89: pp 15-41.
- Jensen, M. E. Burman, R. D. and Allen, R. G. (ed). 1990, *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70., Am. Soc. Civil Engrs, New York, NY, 360 p.
- Monteith J.L. (1965), Evaporation and the Environment, In: *The State and Movement of Water in Living Organisms*, XIXth Symposium, Soc. for xp. Biol., Swansea, Cambridge University Press, pp. 205-234.
- Monteith J.L. (1981), Evaporation and Surface Temperature, *Quarterly J. Royal Meteor. Soc.*, 107: pp.1-27.
- Murray, F. W. 1967, On the Computation of Saturation Vapor Pressure. *J. Appl. Meteor.*, 6: pp. 203-204.
- Penman, H. L. 1948, "Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass," *Proc. Roy. Soc. London*, A193, pp. 120-146.
- Pereira, L. S. and Smith, M. 1989, Proposed Procedures for Revision of Guidelines for Predicting Crop Water Requirements, Land and Water Use Div., FAO Rome, 36 p.
- Rhoades, J.D., A. Kandiah and A.M. Mashali, 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper 48, Rome.
- Seguin, B. Brunet, Y. and Perrier, A. 1982, Estimation of Evaporation, A review of Existing Methods and Recent Developments, *In European Geologic Society Symposium on Evaporation*, Leeds, U.K.
- Smith, M. Allen, R. G., Monteith, J. L. Perrier, A. Pereira, L. and Segeren, A. 1992, Report of the Expert Consultation on Procedures for Revision of FAO Guidelines for Prediction of Crop Water Requirements, UN-FAO, Rome, Italy, 54 p.
- Suarez, D. L. J. Simunek and M. Guzy, 1995, Practical Model for Predicting Soil Salinity and Sodicity under Transient Conditions, *Proceeding of the International Workshop on Integrated Soil Management*

- for Sustainable Use of Salt Affected Soils, Manila, The Philippines, pp. 39-54.
- Tanner, C.B. and Fuchs, M. 1968, Evaporation from Unsaturated Surfaces, A generalized Combination Equation, *J. Geophysical Res.*, 73(4): pp. 1299-1304.
  - Tanner, C.B. and Pelton, W. L. 1960, Potential Evapotranspiration Estimates by The Approximate Energy Balance of Penman, *J. Geophysical Res.*, 65 (10): pp. 3391-3413.
  - U.S. Salinity Lab. Staff, 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, USDA Agric. Handbook No. 60. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
  - Utset, A. I. Farré, A. Martínez-Cob and J. Caverro, 2004, Comparing Penman–Monteith and Priestley–Taylor Approaches as Reference-evapotranspiration Inputs for Modeling Maize Water-use Under Mediterranean Conditions, *Agricultural Water Management*, 66(3), pp.205-219.





### أسعار الإعلانات

صفحة كاملة بمبلغ ١٠٠٠ ريال سعودي

نصف صفحة بمبلغ ٥٠٠ ريال سعودي

ربع صفحة ٢٥٠ ريال سعودي

## آخر إصدارات سلسلة بحوث جغرافية

- ٥٠- العلاقة بين كميات الأمطار وارتفاع الماء الجوفي في حوض وادي محيرة بالمملكة العربية السعودية. د. محمد بن عبد الله محمد الصالح.
- ٥١- الصناعات الصغيرة في المملكة العربية السعودية. د. عبد الله بن حمد الصليح.
- ٥٢- أوجه التشبه والاختلاف وآفاق التكامل التقني والمنهجي بين المساحة التصويرية والاستشعار عن بعد. د. ظافر بن علي القرني.
- ٥٣- الخصائص المورفومترية لحوضي وادي عركان ووادي بيث بالمملكة العربية السعودية: دراسة تطبيقية مقارنة. د. محمد بن فضيل بورويه.
- ٥٤- التباين الإقليمي لتطور الصناعات الغذائية في المملكة العربية السعودية (١٣٧٣-١٤١٧هـ): تحليل جغرافي.
- ٥٥- التوزيع الجغرافي للخدمات الصحية بمنطقة مكة المكرمة.
- ٥٦- التركيب المحصولي الأمثل وأهميته على التوطن الزراعي بمنطقة مكة المكرمة. د. عبد العزيز بن إبراهيم الحرة.
- ٥٧- شكاة أثر تراكم أخطاء الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١: ٥٠,٠٠٠ على التحليل في نظم المعلومات الجغرافية. د. علي بن معاضة الغامدي.
- ٥٨- نظم المعلومات الجغرافية والتفصيل الموضوعي لخرائط المتغيرات الإيكولوجية الزراعية والرعية في المملكة العربية السعودية. د. رمزي بن أحمد الزهراني.
- ٥٩- أهمية شبكات الطرق في التنمية السياحية لشاطئ العقير بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية. د. عبد المحسن بن راجح الشريف.
- ٦٠- معايير التنمية الاقتصادية في المملكة العربية السعودية: دراسة جغرافية مقارنة. د. علي بن معاضة الغامدي.
- ٦١- دراسة تحليلية لصور الرادار الروسي (ألماز) للأعوذة لمدينة الرياض. د. بدر الدين بن طه عثمان.
- ٦٢- مساهمة الإناث السعوديات في قوة العمل. د. نجاح بنت فصيل القرعاري.
- ٦٣- الرياح السائدة للمصاحبة للأمطار على منطقة أبها في المملكة العربية السعودية. د. فريال بنت محمد المجاري.
- ٦٤- أثر الجفاف على توزيع الغطاء النباتي في حوض قرى العرضة (أحد روافد وادي الطوقي) منطقة الرياض. د. عبد الله بن الصادق علي.
- ٦٥- فاعلية مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمول بها في وسط المملكة العربية السعودية. د. حورية بنت صالح الدوسري.
- ٦٦- البطالة في المملكة العربية السعودية: أبعادها المكانية وملاحظها الديموغرافية والاجتماعية. د. أ.د. عبد الله بن محمد الكليبي.
- ٦٧- آراء السياح في منطقة عسير تجاه استخدام الخرائط السياحية: دراسة استطلاعية في محافظتي أبها والنباح. د. فهد بن محمد عبد الله الكليبي.
- ٦٨- استخدام المواقف المتعددة الأدوار في وسط مدينة الرياض. د. عماد بن ناصر المطير.
- ٦٩- النظرة الجغرافية في تخطيط المدينة الصحراوية. د. عبد الله بن سعد الخالدي.
- ٧٠- أهم خصائص رحلتي العمل والتعليم لمنسوبي جامعة الملك سعود بمدينة الرياض. د. صالح بن عبد العزيز الفوزان.
- ٧١- استخدام صور الاستشعار عن بعد الرقمية عالية الوضوح المكاني لتحديد امتداد فيضانات السيول في سهل الخرج. د. فرحان بن حسين الجعدي.
- ٧٢- مستوى المحافظة على نظافة خزانات المياه المنزلية في مدينة الرياض وأثر خصائص السكان فيها. د. نوره بنت عبد العزيز آل الشيخ.
- ٧٣- تقدير الصيب اليومي الأقصى للسيول بحوض وادي الكبير الرمال (التل الشرقي الجزائري). د. محمد بن فضيل بورويه.
- ٧٤- التحليل الجغرافي المقارن للمخطط التوجيهي الأول لمدينة الرياض (مخطط دو كسادس). د. عبد الله بن سعد الخالدي.
- ٧٥- التوافق المكاني بين الإستراحات وأنجارات النمو العمراني في مدن القصيم. د. مساعد بن عبد الرحمن المحيدب.
- ٧٦- جيمورفولوجية ساحل العقير وإمكانية تنميته سياحياً بين رأس القرية شمالاً وخشم أم حويض جنوباً. د. عاطف بن معتمد عبد الحميد.

## Price Listing Per Copy :

Individuals: S.R. 15

Institutions: S.R. 20

Handing &amp; Mailing Charges are Added on the Above Listing

## أسعار البيع:

سعر النسخة الواحدة للأعضاء : ١٥ ريالاً سعودية.

سعر النسخة الواحدة للمؤسسات : ٢٠ ريالاً سعودياً .

تضاف إلى هذه الأسعار أجرة البريد.

عزيزي عضو الجمعية الجغرافية السعودية	
هل غيرت عنوانك؟ فضلاً أملأ الاستمارة المرفقة وأرسلها على عنوان الجمعية	
الاسم:	.....
العنوان:	.....
ص ب:	..... المدينة والرمز البريدي:
البلد:	.....
الاتصالات الهاتفية:	
عمل:	..... منزل:
جوال:	..... بيجر:
بريد إلكتروني:	.....
<p>ترسل على العنوان التالي:</p> <p>الجمعية الجغرافية السعودية</p> <p>ص ب ٢٤٥٦ الرياض ١١٤٥١</p> <p>المملكة العربية السعودية</p> <p>هاتف: +٩٦٦ ١ ٤٦٧٨٧٩٨ فاكس: +٩٦٦ ١ ٤٦٧٧٧٣٢</p> <p>بريد إلكتروني: <a href="mailto:sgs@ksu.edu.sa">sgs@ksu.edu.sa</a></p> <p>كما يمكنكم زيارة موقع الجمعية على الإنترنت على العنوان التالي:</p> <p><a href="http://www.saudigs.org">www.saudigs.org</a></p>	



## Estimation of monthly reference crop water requirements in Hassa

### Abstract:

Knowledge of reference crop water requirements ( $CWR_o$ ) in arid regions, where crop production depends on irrigation, is a prerequisite for economical crop production as well as sustainable soil and groundwater development. Field measurements of  $CWR_o$  are not available for Hassa oasis, which represents the largest and the most important oasis in Saudi Arabia. Previous estimates of  $CWR_o$  were based on empirical and semi-empirical methods that have been proven by international organizations (FAO, ICID, and WMO) to be unreliable. Monthly  $CWR_o$  in Hassa oasis were estimated using the physically based FAO Penman-Monteith equation which has been recommended by leading international organization as the only acceptable method for estimating  $CWR_o$  to supersede previous estimates.

The results showed that monthly  $CWR_o$  in Hassa ranges from 81.53 mm in December and January to 255.75 mm in July, with annual total of 1980.67 mm. Overestimation of  $CWR_o$  in Hassa by previous empirically based methods compared to FAO Penman-Monteith equation estimates ranges from 8% to 36% on annual bases. Such overestimation of  $CWR_o$  in Hassa oasis by previous empirically based methods necessitates recalculation of actual crop water requirements in Hassa using the current  $CWR_o$  estimates for better irrigation management and more sustainable development of both soil and groundwater resources in the oasis.

ISSN 1018-1423  
Key title =Buhut Gugrafiyya

●Administrative Board of the Saudi Geographical Society ●

Mohammed S. Makki	Prof.	Chairman.
Mohammed S. Al-Rebdi	Assoc. Prof	Vice-Chairman.
Abdulah H. Al-Solai	Assoc. Prof.	Secretary General.
Mohammed A. Al-Fadhel	Assoc. Prof.	Treasurer.
Mohammed A. Meshkhes	Assoc. Prof.	Head of Research and Studies Unit
Anbara kh. Belal	Assis. Prof.	Editor of Geographical Newsletter
Ali M. Alareshi	Prof.	Member.
Meraj N. Mirza	Assis. Prof.	Member
Mohammed A. Al-Rashed	Mr.	Member.

# RESEARCH PAPERS IN GEOGRAPHY

PERIODICAL REFEREED PAPERS PUBLISHED BY SAUDI GEOGRAPHICAL SOCIETY

77

## **Estimation of monthly reference crop water requirements in Hassa**

**Dr. Nasser Abdulaziz Alsaaran**

King Saud University - Riyadh  
Kingdom of Saudi Arabia  
1427 A.H. - 2006 A.D.

