مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، م١٨ ع١، ص ص: ٤٣-٥٩ (٢٠٠٧م/ ١٤٢٨هـ)

تقدير الاستهلاك المائي لأهم المحاصيل الحقلية في المناطق الزراعية الرئيسة للمملكة العربية السعودية

جلال محمد البدري باصهي

قسم علوم وإدارة موارد المياه - كلية الأرصاد والبيئة و زراعة المناطق الجافة

جامعة الملك عبدالعزيز - جـــدة - المملكة العربية السعودية

المستخلص. تم استخدام معادلة بنمان مونتيث لتقدير الاستهلاك المائي (ETC) لأهم المحاصيل الحقلية للمناطق الزراعية الرئيسة في المملكة العربية السعودية (القمح، والشعير، والذرة الشامية، والذرة الرفيعة، والدخن، والسمسم). وقد بينت النتائج أن أعلى قيمة للاستهلاك المائي لمحصولي القمح والشعير كانت ٦٢١٧ و٤٩٦٤ (م^3/ هكتار/ موسم) لمنطقتي المدينة المنورة والشرقية على التوالي، بينما كانت أقل قيمة في منطقة تبوك و تساوي ٤٢٤٩ و٣٨٠٤ (م^3/ هكتار/ موسم) لمحصولي القمح والشعير على التوالي. وقدرت قيمة الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الشامية ٧١٣٦ و ١٢٣١٢ (م^3/ هكتار/ موسم) لمنطقتي عسير والمنطقة الشرقية على التوالي، ومن ناحية أخرى ازدادت قيم الاستهلاك المائي في منطقة مكة المكرمة عن منطقتي جازان وعسير لمحاصيل الذرة الرفيعة، الدخن والسمسم، حيث بلغ الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الرفيعة ٨٥٦٣، ٨٠٣٧ و ٦٩٩٨ (م^3/ هكتار/ موسم) ولمحصول الدخن ٦٨٠١، ٦٣٨٣ و ٥٥٦٣ (م^3/ هكتار/ موسم) ولمحصول السمسم ٦٧٥٨، ٦٣٥٧ و ٥٥٤٢ (م^3/ هكتار/ موسم) وذلك لمناطق مكة، وجازان وعسير على التوالي.

المقدمة

تعتبر معرفة الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية الركيزة الأساسية لعملية التخطيط والإدارة الناجحة للمياه في المجال الزراعي. لذا فقد اهتم عديد من الباحثين بذلك، وطوروا طرقًا عدة لقياس تقدير الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة. ومن تلك الطرق ماهو مباشر كالليسمترات وطرق قياس التغير في المحتوى الرطوبي للتربة في منطقة جذور النبات، ومنها أيضًا طرق تجريبية «معادلات» تعتمد على الظروف المناخية السائدة في منطقة الدراسة. وتعتبر معادلة بنمان (Penman) التي طورت عام ١٩٤٨م أهم المعادلات المستخدمة لتقدير البخر - نتح المرجعي (Jensen *et al.*, 1990) وساعد على انتشار تلك المعادلة نشر منظمة الأغذية والزراعة الورقة رقم ٢٤ والتي تشمل وصف تفصيلي لاستخدام تلك المعادلة (Doorenbos and Pruitt,1977). وفي المقابل قام مونتيث (Monteith) عام ١٩٦٥م بإضافة عامل مقاومة سطح المحصول للرياح إلى معادلة بنمان لينتج ما سمي بمعادلة بنمان - مونتيث (Penman-Monteith). وقد حد من استخدام تلك المعادلة صعوبة الحصول على البيانات اللازمة لها. وبالرغم من انتشار استخدام معادلة بنمان إلاّ أنه وجد أن القيم المقدرة بواسطتها للبخر-نتح المرجعي أعلى من القيم المقاسة بقيمة قد تصل إلى ٢٥٪ (Smith, 1992 and Allen *et. al.*, 1998). لذلك قامت منظمة الأغذية والزراعة بتكوين لجنة استشارية من الخبراء لدراسة الطرق المستخدمة لتقدير الاحتياجات المائية وأوصت اللجنة بتبني طريقة بنمان-مونتيث كطريقة معيارية لتقدير البخر - نتح المرجعي. وتم تطوير طرق لتقدير المتغيرات «البيانات» التي يصعب قياسها وسميت بطريقة الفا بنمان - مونتيث (Allen *et al.*, 1998)، وقد قام عديد من الباحثين بتقييم تلك الطريقة ووجدوا أنها أفضل الطرق لتقدير البخر - نتح المرجعي تحت ظروف المناطق الجافة والرطبة على حد سواء (Abdelhadi, *et al.*, 2000, Hussein, 1999, Kashyp and Panda, 2001).

يستهلك القطاع الزراعي في المملكة العربية السعودية أكثر من ٨٠٪ من الاستهلاك المائي الكلي (الزباري، ٢٠٠٠م) ونظرًا لمحدودية مصادر المياه حيث تقع المملكة ضمن الدول الأكثر فقراً في موارد المياه، لذا يجب الاهتمام بعملية ترشيد استخدام المياه خاصة في المجال الزراعي. ومن العوامل المهمة التي تؤدي إلى ترشيد استخدام المياه في

الزراعة، التصميم الصحيح والإدارة الجيدة لنظم الري والتي تعتمد بصورة كبيرة على معرفة الاستهلاك المائي للمحاصيل المنزرعة. ونظراً لكبر مساحة المملكة وتنوع الظروف المناخية لمناطقها الزراعية، فإن الحاجة ماسّة لتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل السائدة في كل منطقة، وتعتبر محاصيل القمح والشعير والذرة الشامية والذرة الرفيعة والدخن والسمسم أهم المحاصيل الحقلية في المملكة. وتختلف التركيبة المحصولية للمحاصيل المذكورة من منطقة إلى أخرى نتيجة التنوع الجغرافي. فبينما يعتبر القمح والشعير المحصولين الرئيسين لمعظم المناطق الزراعية، نجد أن محاصيل الذرة الرفيعة والدخن والسمسم تعتبر المحاصيل الرئيسة في مناطق نجران وعسير وجازان (وزارة الزراعة، ٢٠٠٦م).

وقد أجريت عديد من الدراسات لتقدير الاحتياجات المائية لبعض المحاصيل الحقلية في المملكة، حيث قامت وزارة الزراعة بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة بدراسة لتقدير الاحتياجات المائية لأهم المحاصيل الزراعية في مناطق المملكة العربية السعودية (الزيد وآخرون، ١٩٨٨م). وقد شملت الدراسة محاصيل القمح والشعير والذرة الشامية والذرة الرفيعة. وأوضحت نتائج الدراسة أن الاحتياجات المائية لمحصولي القمح والشعير تراوحت بين ٤١٧٦ و٧٢٦٥ (م٣/ هكتار/ موسم) لمنطقتي الحدود الشمالية والمدينة المنورة على التوالي، وكانت لمحصول الذرة الشامية ٣٦٤٠ (م٣/ هكتار/ موسم) في منطقة تبوك و١١٥٩٠ (م٣/ هكتار/ موسم) لمنطقة المدينة المنورة، أمّا بالنسبة لمحصول الذرة الرفيعة فتراوحت بين ٦٧٩٨ و١٢٣٤٠ (م٣/ هكتار/ موسم) لمنطقتي عسير والمدينة المنورة على التوالي. وقام العمران وشلبي (١٩٩٢م) بتقدير الاستهلاك المائي لمحاصيل القمح والشعير والذرة الشامية للمنطقتين الوسطى والشرقية، وقد اختلفت التقديرات لكل محصول حسب نظام الري وملوحة المياه المستخدمة في الري، حيث تراوحت بين ٧٥٧٠ و١٠٩١٠ (م٣/ هكتار/ موسم) لمحصول القمح وبين ٧٥١٠ و١٠٠٩٠ (م٣/ هكتار/ موسم) لمحصول الشعير، أمّا بالنسبة للذرة الشامية فقد تراوحت بين ١٧٠٣٠ و٧١٥٧٠ (م٣/ هكتار/ موسم). واستخدم الغباري (٢٠٠٠م) معادلة بنمان لتقدير الاحتياجات المائية لمحاصيل القمح والشعير والذرة الشامية في منطقة نجران، ووجد أن الاحتياجات المائية للقمح تراوحت

بين ٧٢٦٣ و٩٢٢٨ (م٣/ هكتار/ موسم) حسب نظام الري وملوحة مياه الري، بينما تراوحت بين ٧٦٩٥ و٩٧٧٦ (م٣/ هكتار/ موسم) للشعير، وبين ١٠٩٤٥٠ و٤٠٩٤٩ (م٣/ هكتار/ موسم) لمحصول الذرة الشامية. وقدر الغباري وآخرون (٢٠٠٢م) الاستهلاك المائي لمحصولي القمح والشعير في المنطقة الوسطى بـ ٩١٦٠ و ١٠٧١٠ (م٣/ هكتار/ موسم) على التوالي.

ونظرًا لأن الدراسات التي تمت في المملكة لا تغطي جميع المناطق الزراعية عدا تلك التي قام بها الزيد وآخرون (١٩٨٨م) والتي يؤخذ عليها محدودية البيانات المناخية (١٩٧٦-١٩٨٢م)، إضافة إلى أن العمران وشلبي (١٩٩٢م) قد أوصيا بعدم الأخذ بالقيم المقدرة فيها بسبب عدم دقة البيانات المستخدمة، وكذلك لعدم شمولية معظم الدراسات لبعض المحاصيل الحقلية المهمة مثل الذرة الرفيعة والدخن والسمسم، ولدقة معادلة بنمان مونيث في تقدير البخر - نتح المرجعي مقارنة بالطرق الأخرى (Jensen, *et al.*, 1990) فإن الهدف من هذا البحث هو استخدام معادلة بنمان-مونيث لتقدير الاستهلاك المائي لأهم المحاصيل الحقلية (القمح، والشعير، والذرة الشامية، والذرة الرفيعة، والدخن، والسمسم) في المناطق الزراعية الرئيسة للمملكة العربية السعودية.

البيانات وطرق العمل المستخدمة

تم استخدام الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي (وزارة الزراعة، ٢٠٠٦م) لتحديد المناطق الزراعية الرئيسة في المملكة العربية السعودية وهي الرياض، ومكة المكرمة، ونجران، والقصيم، والشرقية، وتبوك، والجوف، وعسير، والمدينة المنورة، وحائل، وجازان، وكذلك لتحديد المحاصيل الحقلية الرئيسة في المملكة العربية السعودية، وهي القمح، والشعير، والذرة الشامية، والذرة الرفيعة، والدخن، والسمسم. ونظرًا للاختلاف البيئي لمناطق المملكة المختلفة وكذلك اختلاف الاحتياجات البيئية للمحاصيل المختلفة، نجد أن التركيبة المحصولية تختلف من منطقة إلى أخرى كما هو موضح في الجدول (١).

جدول (١). التركيبة المحصولية للمناطق الزراعية الرئيسة بالمملكة.

المنطقة	المساحة المزروعة للمحصول (هكتار)					
	قمح	شعير	ذرة شامية	ذرة رفيعة	دخن	سمسم
الرياض	١١٢٩٨٢	١٥١٠	٦٣٤	–	–	–
مكة	١٣٢	٥٧٥	٢٣٩	٤٣٠٧	٢١٥٠	١٨٧
نجران	٩٥٩	–	*	–	–	–
القصيم	١١٧٩٥٧	٣٤٠	٤٧٠٠	–	–	–
الشرقية	٤٧٣٦٣	١٦٢	٢٤٦	–	–	–
تبوك	٢٩٨٣٢	١٤٥٥	–	–	–	–
الجوف	١١٧٢٥٩	٨٠٣	–	–	–	–
عسير	٣٨٠٠	٥٣٠	٢٣٨	٢٦٨٢	١١٦	١٦٩
المدينة المنورة	٦٦٥	–	–	–	–	–
حائل	٥٧٢٥٢	١٨٧٦	١٧٧٩٤	–	–	–
جازان	–	–	٣١٥	٩٦٤٢٧	١٩٠٩	٢٥٧٧
الإنتاج الكلي**	٤٨٨٨٧٦	٧٢٥١	٢٤١٦٦	١٠٣٤١٦	٤١٧٥	٢٩٣٣

* تم استبعاد المناطق المزروعة بمساحة أقل من ١٠٠ هكتار من المحصول.

** الإنتاج الكلي لجميع المناطق الزراعية بالمملكة شاملةً المناطق التي بها مساحة أقل من ١٠٠ هكتار من المحصول.

وتم تحديد موعد زراعة لكل محصول لجميع المناطق حسب ما ورد في المفكرة الزراعية الصادرة عن وزارة الزراعة، حيث كان ١٥ نوفمبر موعد زراعة محصولي القمح والشعير، و١٥ مارس لمحصول الذرة الشامية، و١٥ إبريل لمحاصيل الذرة الرفيعة، والدخن، والسمسم، (وزارة الزراعة، ١٩٩٩م). وعلى ذلك تمت حسابات الاستهلاك المائي لجميع المحاصيل الزراعية المستخدمة خلال فترات النمو المختلفة. حيث تم تقدير الاستهلاك المائي للمحاصيل الحقلية المختلفة كحاصل ضرب قيمة البخر- نتح المرجعي (مم/ يوم) للمنطقة الزراعية في معامل المحصول كمتوسط يومي، ثم تم جمع متوسط لمراحل نمو المحصول المختلفة. وحيث أن معامل المحصول وكذلك الاستهلاك المائي للمحصول يعتمد على فترة نمو المحصول، ونظراً لعدم وجود دراسة تفصيلية تبين فترات نمو المحاصيل لكل منطقة فقد تم تحديد فترة نمو المحصول كما ذكرها الزيد وآخرون (١٩٨٨م).

أما بالنسبة لمعامل المحصول ونظراً لأن معظم الدراسات التي تمت على بيئة المملكة العربية السعودية بما فيها دراسة الزيد وآخرون ١٩٨٨م والتي تم فيها تقدير معامل المحصول للمحاصيل الحقلية المختلفة اعتمدت على معادلة بنمان المعدلة الموصوفة بواسطة Doorenbos and Pruitt (1977)، وحيث أن القيم المقدرة لمعامل المحصول بواسطة معادلة بنمان المعدلة لا يمكن استخدامها مع معادلة بنمان-مونتيث دون تعديل كما ذكر Allen, *et al.* (1998)، لذا فقد تم استخدام قيم معامل المحصول المنشورة بواسطة منظمة الأغذية والزراعة والواردة في الورقة رقم ٥٦ (Allen, *et al.*, 1998). ويوضح الجدول (٢) فترة مراحل النمو ومعامل المحصول للمحاصيل المستخدمة في هذه الدراسة.

جدول (٢). فترة نمو المحصول (يوم) ومعامل المحصول للمحاصيل الحقلية التي درست.

المحصول		مرحلة النمو			
		المرحلة الأولية L_{ini}	مرحلة التطور L_{dev}	منتصف الموسم L_{mid}	نهاية الموسم L_{late}
قمح	فترة النمو*	٢٠	٣٠	٥٠	٣٠
	معامل المحصول**	٠,٧	٠,٩٥	١,١٥	٠,٧
شعير	فترة النمو*	٢٠	٣٠	٥٠	٣٠
	معامل المحصول**	٠,٣	٠,٧٥	١,١٥	٠,٧
ذرة شامية	فترة النمو*	٢٠	٣٠	٤٠	٣٠
	معامل المحصول	٠,٧	٠,٩٥	١,٢	٠,٩
ذرة رفيعة	فترة النمو*	٢٠	٣٠	٤٠	٣٠
	معامل المحصول**	٠,٧	٠,٩	١,١	٠,٨٥
دخن	فترة النمو**	١٥	٢٥	٤٠	٢٥
	معامل المحصول**	٠,٧	٠,٨٥	١,٠	٠,٦٥
سمسم	فترة النمو**	٢٠	٣٠	٤٠	٢٠
	معامل المحصول**	٠,٣٥	٠,٧٥	١,١	٠,٧

* الزيد وآخرون (١٩٨٨م)

** Allen *et. al.* (1998)

و بالنسبة للبخر – نتح المرجعي لكل منطقة من مناطق الدراسة فقد تم استخدام معادلة بنمان – مونتيث الموصى بها من قبل منظمة الأغذية والزراعة (Allen *et al.*, 1998) والتي يمكن كتابتها كالآتي:

$$ET_o = \frac{0.408D(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

حيث: ET_o = بخر – نتح مرجعي (مم/ يوم)، Rn = صافي الإشعاع الشمسي عند سطح المحصول (ميغاجول/ م٢/ يوم)، G = شدة تدفق حرارة التربة (ميغاجول/ م٢/ يوم)، T = متوسط درجة حرارة الهواء اليومية عند ارتفاع ٢م (°م)، u_2 = سرعة الرياح عند ارتفاع ٢م (م/ ثا)، e_s = ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال)، e_a = ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال)، e_s-e_a = عجز ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال)، Δ = ميل المنحنى المرسوم بين ضغط البخار عند التشبع ودرجة الحرارة وذلك عند درجة حرارة الهواء (كيلو باسكال/ °م) و γ = الثابت المرطابي (كيلو باسكال/ °م).

وتتمثل البيانات المناخية اللازم توفرها لاستخدام معادلة بنمان مونتيث في سرعة الرياح، ومتوسط الإشعاع الشمسي، وبيانات عن الموقع وتشمل الارتفاع عن سطح البحر وخط العرض. وتستخدم لتقدير الإشعاع الواصل لسطح الغلاف الجوي، وكذلك معدل ساعات الإضاءة اليومي. بيانات درجات الحرارة العظمى والصغرى وتستخدم لتقدير ضغط بخار الماء المشبع (e_s) والفعلي (e_a) وشدة تدفق حرارة التربة (G). بيانات الرطوبة النسبية العظمى والدنيا والتي تستخدم مع بيانات درجات الحرارة في تقدير ضغط البخار الفعلي (e_a). وفي حالة محدودية البيانات المناخية اللازمة، يمكن تقدير البيانات الناقصة بواسطة بعض المعادلات المذكورة بواسطة Allen, *et al.* (1998). ولقد تم تجميع البيانات المناخية المطلوبة (درجة الحرارة العظمى والصغرى، الرطوبة النسبية العليا والدنيا، سرعة الرياح وساعات الإشعاع الشمسي) كمتوسط شهري للفترة من ١٩٧٨ إلى ٢٠٠٠م. ويبين الجدول رقم (٣) متوسطات البيانات المستخدمة لمناطق الدراسة.

جدول (٣). المتوسط الشهري لدرجات الحرارة (م) الرطوبة النسبية (٪) سرعة الرياح (م/ ثانية) للفترة من ١٩٧٨ الى ٢٠٠٠م.

المنطقة	المتوسط اليومي	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	خط العرض	الارتفاع (متر)	عدد ساعات السطوع الشمسي
الرياض	درجة الحرارة	١٣,٣	١٥,٧	١٩,٦	٢٥,٣	٣٠,٩	٣٣,٣	٣٤,٥	٣٤,٥	٣١,٣	٢٦,٦	٢٠,٢	١٥,٠	٢٤,٩٣	٦١٤	٨,٧٥
	الرطوبة النسبية	٣٤,٩	٢٩,٢	٢٧,٧	٢٥,٦	١٦,١	٩,٢	٨,٦	١٠,٤	١١,٩	١٧,٨	٢٧,٣	٣٥,١			
	سرعة الرياح	٢,٧٥	٣,٣٤	٣,٦٧	٣,٣٥	٣,١١	٣,٤	٣,٥٢	٣,٠١	٢,٥٥	٢,١٩	٢,٥٥	٢,٧٢			
مكة	درجة الحرارة	٢٤,٣	٢٤,٦	٢٧,٣	٣١,١	٣٤,٥	٣٥,٧	٣٥,٦	٣٥,٦	٣٥,٤	٣٢,٦	٢٨,٦	٢٥,٦	٢١,٧١	٢٤٠	٨,٦٣
	الرطوبة النسبية	٥٨,٠	٥٣,٥	٤٨,٥	٤,٣٥	٣٨,٣	٣٥,٠	٣٥,٩	٣٩,٧	٤٤,٩	٤٨,٨	٥٦,٩	٥٩,٦			
	سرعة الرياح	١,٦	١,٩	٢,٠	١,٩	١,٨	١,٧	١,٦	١,٧	١,٦	١,٥	١,٤	١,٤			
نجران	درجة الحرارة	١٦,٨	١٩,٦	٢٣	٢٥,٧	٢٨,٦	٣٠,٢	٣١,٥	٣١,٣	٢٨,١	٢٣,١	١٩,٦	١٧,٣	١٧,٦١	١٢١٢	٨,٥٤
	الرطوبة النسبية	٤٥,٢	٣٩,٧	٣٧,٥	٣٤,٢	٢٥,٦	١٧,٩	٢٠,٤	٢٢,٥	٢٢,٠	٢٣,٤	٣٦,٨	٤٥,٠			
	سرعة الرياح	١,٩	٣,٣	٢,٦	٢,٦	٢,٥	٢,٧	٣,١	٢,٩	٢,٥	٢,٠	١,٨	١,٨			
القصيم	درجة الحرارة	١٢,٦	١٤,٦	١٨,٤	٢٤,٤	٣٠,١	٣٢,٨	٣٣,٩	٣٣,٩	٣,١٦	٢٦,٤	١٩,٤	١٤,٢	٢٦,٣١	٦٤٧	٨,٩٩
	الرطوبة النسبية	٥٤,٤	٤٥,٤	٤٠,٣	٣٥,٧	٢٢,٩	١٢,٩	١١,٩	١٢,٢	١٣,٧	٢٣,٠	٤٢,١	٥٤,٢			
	سرعة الرياح	٢,٥	٢,٩	٣,٣	٣,٢	٣,٩	٢,٩	٢,٩	٢,٦	٢,٣	٢,٤	٢,٧	٢,٥			
الشرقية	درجة الحرارة	١٤,٥	١٦,٧	٢٢,٥	٢٦,٧	٣٢,٥	٣٥,٣	٣٧,٠	٣٦,٦	٣٣,٢	٢٨,٤	٢١,٨	١٦,٤	٢٥,٣	١٧٨	٨,١٣
	الرطوبة النسبية	٥٧,٠	٥٢,١	٤٨,٩	٤٠,٨	٢٩,٨	٢٤,٩	٢٥,٣	٣١,٦	٣٦,٧	٤٣,٩	٥١,٦	٥٨,٩			
	سرعة الرياح	٤,٠	٤,٤	٤,٤	٤,٠	٤,٢	٥,٠	٤,٨	٣,٩	٣,٣	٢,٨	٣,٥	٣,٩			
تبوك	درجة الحرارة	١١,٠	١٢,٨	١٦,٤	٢٢,٢	٣٦,٣	٢٩,٤	٣٠,٨	٣٠,٧	٢٨,٧	٢٣,٨	٧,٢	١٢,٤	٢٨,٣٨	٧٦٨	٨,٦٨
	الرطوبة النسبية	٥٠,٥	٤٣,١	٣٧,٥	٢٩,١	٢٥,٧	٢٤,٤	٢٤,٤	٢٧,٦	٣٠,٥	٣٦,١	٤٥,٤	٥٢,١			
	سرعة الرياح	٢,٣	٢,٨	٣,٣	٣,٤	٣,٤	٣,٣	٣,٢	٣,١	٢,٨	٢,٥	٢,١	٢,٠			
الجوف	درجة الحرارة	٩,٥	١١,٣	١٥,١	٢١,٤	٢٦,٤	٢٩,٨	٣١,٦	٣١,٧	٢٩,٣	٢٣,٦	١٦,٠	١٠,٩	٢٩,٧٩	٦٦٩	٩,٣
	الرطوبة النسبية	٥٩,٦	٤٨,٧	٤٠,٤	٣٠,٣	٢١,٨	١٧,٦	١٨,٤	١٨,٨	٢٠,٠	٣١,٦	٤٧,٨	٥٧,٦			
	سرعة الرياح	٣,٥	٤,١	٤,٤	٤,٤	٤,١	٤,٠	٤,٢	٣,٧	٣,٤	٣,٤	٣,٣	٣,٢			
عسير	درجة الحرارة	١٤,٢	١٥,٥	١٧,٥	١٩,٥	٢٢,٢	٢,٤١	٢٤,٣	٢٤,١	٢٢,٥	١٩,١	١٦,٦	١٤,٩	١٨,٣	٢٠٥٦	٨,٥٦
	الرطوبة النسبية	٦٣,٤	٦٣,٢	٦٠,٣	٥٥,٧	٤٩,٤	٤٠,٨	٤٤,٠	٤٨,٢	٤٠,١	٤٢,٨	٥٥,٥	٦٠,٨			
	سرعة الرياح	٣,٢	٣,٧	٣,٧	٣,٠	٢,٦	٢,٨	٢,٩	٢,٧	٣,١	٢,٧	٢,٢	٢,٦			
المدينة المنورة	درجة الحرارة	١٧,٧	١٩,٥	٢٣,٠	٢٧,٨	٣٢,٢	٣٥,٣	٣٥,٧	٣٤,٩	٣٤,٦	٢٩,٥	٢٣,٥	١٩,٢	٢٤,٥٥	٦٣٦	٨,٩٨
	الرطوبة النسبية	٤١,١	٣٣,٦	٢٨,٣	٢٥,٥	١٩,٩	١٢,٦	١٤,٤	١٦,٤	١٥,٠	٢٢,٠	٣٦,٠	٤١,٣			
	سرعة الرياح	٣,٠	٣,١	٣,٤	٣,٢	٣,٢	٣,٣	٣,٥	٣,٤	٢,٩	٢,٧	٢,٩	٢,٨			
حائل	درجة الحرارة	١٠,١	١١,٩	١٥,٦	٢١,٥	٢٦,٥	٢٩,٦	٣٠,٥	٣٠,٨	٢٨,٨	٢٣,٦	١٦,٦	١١,٧	٢٧,٤٣	١٠٠٢	٩,٣
	الرطوبة النسبية	٥٦,١	٨٤,٦	٤٣,٧	٣٧,٦	٢٧,٧	١٨,٨	١٨,٨	١٩,٩	٢١,١	٣١,٠	٥٠,٠	٥٦,١			
	سرعة الرياح	٣,١	٣,٤	٣,٨	٣,٨	٣,٦	٣,٢	٣,١	٢,٨	٢,٧	٣,٠	٢,٩	٢,٩			
جازان	درجة الحرارة	٢٥,٨	٢٦,٤	٢٨,٢	٣٠,٤	٣٢,٥	٣٣,٨	٣٤,٠	٣٣,٣	٣٣,١	٣١,١	٢٨,٩	٢٦,٨	١٨,٢	٤٠	٨,٤٧
	الرطوبة النسبية	٧٣,٢	٧٢,١	٧٠,٢	٦٦,٢	٦٣,٣	٦٣,٦	٥٩,٥	٦٤,٣	٦٥,٩	٦٦,٩	٦٩,٣	٧٣,٤			
	سرعة الرياح	٣,٤	٣,٤	٣,٥	٣,٤	٣,٤	٣,٥	٤,٣	٣,٩	٣,٣	٣,٣	٣,٣	٣,٨			

النتائج والمناقشة

يبين جدول (٤) المتوسط الشهري للبخر - نتح (مم/ يوم) للمناطق الزراعية تحت الدراسة. وكما هو واضح من الجدول فهناك تباين بين قيم البخر - نتح المرجعي بين مناطق الزراعة، ويعود ذلك لاختلاف الظروف المناخية. إضافة لذلك يبين الجدول تباينا واضحا بين قيم البخر - نتح المرجعي لأشهر الصيف عنها في أشهر الشتاء وذلك للمناطق الداخلية والبعيدة عن البحر، بينما يقل هذا التباين بالنسبة للمناطق الساحلية. فمنطقة الرياض مثلا والتي تقع في وسط المملكة، فإن أقصى معدل للبخر - نتح المرجعي يبلغ ١١,٤ (مم/ يوم) في شهر يوليو، بينما يبلغ أقل معدل ٣,٦ (مم/ يوم) في شهر يناير، بفارق بين القيمتين يساوي ٧,٨ (مم/ يوم).

أمّا في منطقة جازان والتي تقع على ساحل البحر الأحمر، فيبلغ أقصى معدل ٧,٨ (مم/ يوم) في شهر يوليو، بينما أقل معدل يبلغ ٤,٣ (مم/ يوم) في شهر يناير، بفارق يساوي ٣,٥ مم.

جدول (٤). المتوسط الشهري للبخر - نتح (مم/ يوم) للمحصول المرجعي للمناطق الزراعية في المملكة العربية السعودية.

المنطقة	يناير	فبراير	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
الرياض	٣,٦	٤,٩	٦,٣	٧,٧	٩,٣	١١,٠	١١,٤	١٠,٤	٨,٦	٦,٧	٥,٢	٣,٨
مكة	٣,٨	٤,٥	٥,٥	٦,٦	٧,٧	٨,١	٧,٨	٧,٨	٧,٥	٦,٣	٤,٧	٣,٨
نجران	٣,٩	٥,١	٦,٣	٧,١	٧,٥	٨,٤	٨,٧	٨,٤	٧,٥	٥,٩	٤,٦	٣,٨
القصيم	٣,٠	٤,١	٥,٤	٧,٠	٩,٠	٩,٩	١٠,١	٩,٣	٧,٩	٦,٦	٤,٧	٣,١
الشرقية	٣,٩	٤,٩	٦,٢	٨,٠	١٠,٦	١٣,١	١٣,١	١١,٤	٩,٢	٦,٩	٥,٤	٤,٠
تبوك	٢,٨	٣,٩	٥,٤	٧,٦	٨,٥	٩,٠	٩,٤	٩,٢	٧,٨	٥,٨	٣,٨	٢,٧
الجوف	٢,٧	٣,٩	٥,٥	٧,٨	٩,٦	١٠,٨	١١,٥	١٠,٥	٨,٩	٦,٧	٤,٢	٢,٨
عسير	٣,٧	٤,٣	٥,١	٥,٧	٥,٩	٦,٨	٦,٥	٦,٢	٦,٦	٥,٥	٤,٢	٣,٦
المدينة المنورة	٤,٤	٥,٥	٦,٩	٨,١	٩,٥	١٠,٨	١١,٢	١٠,٨	٩,١	٧,٤	٥,٦	٤,٤
حائل	٣,٠	٣,٩	٥,٢	٧,١	٨,٧	٩,٥	٩,٦	٨,٩	٧,٨	٦,٥	٤,١	٣,٠
جازان	٤,٣	٤,٩	٥,٨	٦,٧	٦,٩	٧,٤	٧,٨	٧,٠	٦,٨	٦,١	٥,٣	٤,٣

وتوضح القيم المعروضة في جدولي (٥) و(٦) المناطق الزراعية الرئيسة والاستهلاك المائي لمحصول القمح خلال فترة النمو (نوفمبر- مارس)، إضافة إلى الاستهلاك المائي الموسمي (م٣/ هكتار/ موسم). وكما هو واضح من الجدول (٥) فقد ارتفع الاستهلاك المائي لمحصول القمح في منطقة المدينة المنورة أكثر من بقية مناطق المملكة لجميع أشهر النمو، وكذلك في قيمة الاستهلاك المائي الكلي، والذي يساوي ٦٢١٧ (م٣/ هكتار/ موسم) في حين كانت أقل قيمة للاستهلاك المائي الكلي هي ٤٢٤٩ (م٣/ هكتار/ موسم) في منطقة تبوك. وتعتبر مناطق القصيم والجوف والرياض وحائل والشرقية وتبوك أكبر المناطق مساحةً لإنتاج القمح مرتبةً من الأكبر فالأصغر، وتمثل ٩٩٪ من المساحة الكلية المزروعة بالقمح في المملكة بينما تمثل بقية المناطق ١٪.

وكما هو مبين في الجدول (٥) فإن الاستهلاك المائي لمحصول القمح في منطقتي الرياض والشرقية يتجاوز ٥٠٠٠ (م٣/ هكتار/ موسم)، ويقل عن أقصى استهلاك مائي «لمنطقة المدينة المنورة» بمتوسط يعادل ١١٪ تقريبًا، بينما يبلغ متوسط الاستهلاك المائي

جدول (٥). الاستهلاك المائي لمحصول القمح.

المنطقة الزراعية	الاستهلاك المائي لأشهر الزراعة (م٣/ هكتار/ شهر)					الاستهلاك المائي الموسمي (م٣/ هكتار/ موسم)	الانخفاض في الاستهلاك المائي عن أقصى قيمة (٪)
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس		
الرياض	٥٤٦	١٠٧٣	١٢٥٥	١٤٦٨	١١٠٣	٥٤٤٢	١٢,٥
مكة	٤٩٤	١٠٧٢	١٣٢٤	١٣٤٨	٩٦٣	٥٢٠٠	١٦,٤
نجران	٤٨٣	١٠٧٢	١٣٥٩	١٥٢٧	١١٠٣	٥٥٤٤	١٠,٨
القصيم	٤٩٤	٨٧٤	١٠٤٦	١٢٢٨	٩٤٥	٤٥٨٦	٢٦,٢
الشرقية	٥٦٧	١١٢٨	١٣٥٩	١٤٦٨	١٠٨٥	٥٦٠٧	٩,٨
تبوك	٣٩٩	٧٦١	٩٧٦	١١٦٨	٩٤٥	٤٢٤٩	٣١,٧
الجوف	٤٤١	٧٩٠	٩٤١	١١٦٨	٩٦٣	٤٣٠٢	٣٠,٨
عسير	٤٤١	١٠١٥	١٢٨٩	١٢٨٨	٨٩٣	٤٩٢٦	٢٠,٨
المدينة المنورة	٥٨٨	١٢٤١	١٥٣٣	١٦٤٧	١٢٠٨	٦٢١٧	-
حائل	٤٣١	٨٤٦	١٠٤٦	١١٦٨	٩١٠	٤٤٠٠	٢٩,٢

جدول (٦). الاستهلاك المائي لمحصول الشعير.

المنطقة الزراعية	الاستهلاك المائي لأشهر الزراعة (م٣/ هكتار/ شهر)					الاستهلاك المائي الموسمي (م٣/ هكتار/ موسم)	الانخفاض في الاستهلاك المائي عن أقصى قيمة (٪)
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس		
الرياض	٢٣٤	٧٩٨	١٢٢٦	١٤٦٨	١١٠٣	٤٨٢٨	٢,٧
مكة	٢١٢	٧٩٨	١٢٩٤	١٣٤٨	٩٦٣	٤٦١٤	٧,١
القصيم	٢١٢	٦٥١	١٠٢٢	١٢٢٨	٩٤٥	٤٠٥٧	١٨,٣
الشرقية	٢٤٣	٨٤٠	١٣٢٨	١٤٦٨	١٠٨٥	٤٩٦٤	-
تبوك	١٧١	٥٦٧	٩٥٣	١١٦٨	٩٤٥	٣٨٠٤	٢٣,٤
الجوف	١٨٩	٥٨٨	٩١٩	١١٦٨	٩٦٣	٣٨٢٧	٢٢,٩
عسير	١٨٩	٧٥٦	١٢٦٠	١٢٨٨	٨٩٣	٤٣٨٥	١١,٧
حائل	١٨٥	٦٣٠	١٠٢٢	١١٦٨	٩١٠	٣٩١٤	٢١,٢

في مناطق القصيم والجوف وحائل وتبوك ٤٣٨٤ (م٣/ هكتار/ موسم)، ويقل عن أقصى استهلاك مائي بـ ٢٩٪ تقريبًا.

وبالنسبة لمحصول الشعير فيوضح الجدول (٦) أن الاستهلاك المائي له في المنطقة الشرقية كان أكبر من بقية المناطق المنتجة للشعير ويساوي ٤٩٦٤ (م٣/ هكتار/ موسم) بينما أقل قيمة للاستهلاك المائي في منطقة تبوك وتبلغ ٣٨٠٤ (م٣/ هكتار/ موسم). وتمثل مناطق حائل والرياض وتبوك أكبر المناطق مساحة لإنتاج الشعير، حيث تحتل ٦٧٪ من المساحة الكلية المزروعة بالشعير في المملكة. وتتماثل تقريبًا قيمة الاستهلاك المائي للشعير في منطقة الرياض مع الاستهلاك المائي في المنطقة الشرقية حيث يبلغ ٤٨٢٨ (م٣/ هكتار/ موسم) والتي تقل عن أقصى استهلاك مائي بنسبة ٣٪ تقريبًا، بينما تتماثل تقريبًا قيمة الاستهلاك المائي للشعير في منطقة حائل مع الاستهلاك المائي لمنطقة تبوك، حيث تبلغ ٣٩١٤ (م٣/ هكتار/ موسم). وتقل قيمة الاستهلاك المائي لمنطقتي حائل وتبوك عن أقصى استهلاك مائي للشعير في المنطقة الشرقية بنسبة ٢١ و٢٣٪ على التوالي.

ويعود السبب في زيادة قيم الاستهلاك المائي المقدر لمحصولي القمح والشعير في منطقتي المدينة المنورة والشرقية على التوالي، مقارنة بمناطق المملكة الأخرى المنتجة لكل منها، إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة خلال موسم النمو (نوفمبر- ديسمبر) مقارنة بالمناطق الأخرى، وفي المقابل يعود انخفاض معدل الاستهلاك المائي لمحصولي القمح والشعير في منطقة تبوك إلى انخفاض متوسط درجات الحرارة أثناء موسم النمو، مقارنة بالمناطق الأخرى.

توضح البيانات المدونة في جدول (٧) قيم الاستهلاك المائي خلال فترات النمو وكذلك الاستهلاك المائي الكلي (م٣/ هكتار/ موسم) لمحصول الذرة الشامية في مناطق إنتاجه الرئيسة بالمملكة. وكانت أعلى قيمة للاستهلاك المائي وتقدر بـ ١٢٣١٢ (م٣/ هكتار/ موسم) في المنطقة الشرقية، وأقل قيمة كانت لمنطقة عسير ٧١٣٦ (م٣/ هكتار/ موسم) بفارق يساوي ٥١٧٦ (م٣/ هكتار/ موسم). وتتقارب قيم الاستهلاك المائي للذرة الشامية في أكبر المناطق مساحة في إنتاجه وهي حائل والقصيم حيث تبلغ ٩٧٤٣ و١٠٠٢٩ (م٣/ هكتار/ موسم) على التوالي. ويوضح الجدول (٧) أن نسبة الانخفاض في الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الشامية بين المناطق الزراعية المختلفة، وأقصى استهلاك مائي في المنطقة الشرقية تتراوح بين ١١٪ و٤٢٪ تقريبًا

جدول (٧). الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الشامية.

المنطقة الزراعية	الاستهلاك المائي لأشهر الزراعة (م٣/ هكتار/ شهر)					الاستهلاك المائي الموسمي (م٣/ هكتار/ موسم)	الانخفاض في الاستهلاك المائي عن أقصى قيمة (٪)
	مارس	إبريل	مايو	يونيو	يوليو		
الرياض	٧٠٦	٢١١٨	٣٣٦٧	٣٣٩٩	١٣٣٤	١٠٩٢٣	١١,٣
مكة	٦١٦	١٨١٥	٢٧٨٧	٢٥٠٣	٩١٣	٨٦٣٤	٢٩,٩
القصيم	٦٠٥	١٩٢٥	٣٢٥٨	٣٠٥٩	١١٨٢	١٠٠٢٩	١٨,٥
الشرقية	٦٩٤	٢٢٠٠	٣٨٣٧	٤٠٤٨	١٥٣٣	١٢٣١٢	-
جازان	٦٥٠	١٨٤٣	٢٤٩٨	٢٢٨٧	٩١٣	٨١٨٩	٣٣,٥
عسير	٥٧١	١٥٦٨	٢١٣٦	٢١٠١	٧٦١	٧١٣٦	٤٢,٠
حائل	٥٨٢	١٩٥٣	٣١٤٩	٢٩٣٦	١١٢٣	٩٧٤٣	٢٠,٩

لمنطقتي الرياض وعسير على التوالي، وتقع بينهما منطقتي حائل والقصيم بنسبة انخفاض عن أقصى استهلاك مائي تعادل ٢١ و١٩٪ تقريبًا. ويرجع السبب في ارتفاع قيمة الاستهلاك المائي للذرة الشامية للمنطقة الشرقية ومنطقة الرياض، إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة وسرعة الرياح أثناء فترة النمو، مقارنة بالمناطق الأخرى، عدا منطقتي جازان ومكة المكرمة، فبالرغم من زيادة متوسط درجة الحرارة فيها أثناء فترة نمو المحصول، إلاّ أن متوسط الرطوبة النسبية في منطقة جازان مرتفع، مما يؤدي إلى انخفاض معدل البخر - نتح نتيجة لانخفاض مقدار العجز في بخار الماء في الجو المحيط بالنبات. أمّا بالنسبة لمنطقة مكة المكرمة فيوضح جدول (٣) انخفاض في معدل سرعة الرياح والذي بدوره يؤدي إلى بطء عملية إحلال الكتلة الهوائية المحيطة بالنبات وبالتالي بطء في عملية البخر - نتح.

وبالنسبة لمحاصيل الذرة الرفيعة والدخن والسمسم فتوضح بيانات الاستهلاك المائي المعروضة بجدول (٨) ارتفاع قيمة الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الرفيعة في منطقة مكة المكرمة، والذي يقدر بـ ٨٥٦٣ (م٣/ هكتار/ موسم) على منطقتي جازان وعسير، والذي يقدر فيهما الاستهلاك المائي بـ ٨٠٣٧ و٦٩٩٨ (م٣/ هكتار/ موسم) على التوالي. ونفس الاتجاه ينطبق على محصولي الدخن والسمسم. حيث زادت قيم الاستهلاك المائي في منطقة مكة المكرمة على كل من منطقتي جازان وعسير. حيث بلغ الاستهلاك المائي لمحصول الدخن في منطقة مكة المكرمة ٦٨٠١ (م٣/ هكتار/ موسم)، بينما في منطقتي جازان وعسير ٦٣٨٣ و٥٥٦٣ (م٣/ هكتار/ موسم) على التوالي. ومن ناحية أخرى بلغ الاستهلاك المائي لمحصول السمسم في منطقة مكة المكرمة ٦٧٥٨ (م٣/ هكتار/ موسم)، بينما كان الاستهلاك المائي لمنطقتي جازان وعسير ٦٣٥٧ و٥٥٤٢ (م٣/ هكتار/ موسم) على التوالي. ويتضح من البيانات في الجدول (٨) أن الاستهلاك المائي لمحاصيل الذرة الرفيعة والدخن والسمسم في منطقة عسير أقل منه في منطقتي مكة المكرمة وجازان، وذلك نتيجة لانخفاض متوسط درجات الحرارة في منطقة عسير أثناء موسم نمو تلك المحاصيل.

وبصفة عامة يلاحظ وجود ميزة نسبية للمناطق التي تقع في شمال المملكة في مقدار الاستهلاك المائي لمحاصيل القمح والشعير نتيجة لانخفاض متوسط درجات الحرارة

جدول (٨). الاستهلاك المائي لمحاصيل الذرة الرفيعة، و الدخن، و السمسم.

المحصـــــول	المنطقـــة الزراعيـــة	الاستهلاك المائي لأشهر الزراعة (م٣/ هكتار/ شهر)					الاستهلاك المائي الموسمي (م٣/ هكتار/ موسم)	الانخفاض في الاستهلاك المائي عن أقصى قيمة (٪)
		إبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس		
الذرة الرفيعة	مكة	٦٩٣	٢٠٧١	٢٦٠٨	٢٢٦٢	٩٢٨	٨٥٦٣	-
	جازان	٧٠٤	١٨٥٦	٢٣٨٣	٢٢٦٢	٨٣٣	٨٠٣٧	٦,١
	عسير	٥٩٩	١٥٨٧	٢١٩٠	١٨٨٥	٧٣٨	٦٩٩٨	١٨,٣
الدخن	مكة	٦٩٣	٢٠٩٨	٢٤٣٠	١٥٨٠	-	٦٨٠١	-
	جازان	٧٠٤	١٨٨٠	٢٢٢٠	١٥٨٠	-	٦٣٨٣	٦,١
	عسير	٥٩٩	١٦٠٨	٢٠٤٠	١٣١٦	-	٥٥٦٣	١٨,٢
السمسم	مكة	٣٤٧	١٦٣٦	٢٥٦٠	٢٠٧٥	١٤٠	٦٧٥٨	-
	جازان	٣٥٢	١٤٦٦	٢٣٣٨	٢٠٧٥	١٢٦	٦٣٥٧	٥,٩
	عسير	٢٩٩	١٢٥٤	٢١٤٩	١٧٢٩	١١٢	٥٥٤٢	١٨,٠

فيها أثناء الشتاء، مما يجعلها مناطق قابلة للتوسع في زراعة هذه المحاصيل، وكذلك ميزة نسبية لبعض المحاصيل فيما تستهلكه من مياه، مقارنة بالمحاصيل الأخرى، فأقصى قيمة للاستهلاك المائي للذرة الشامية (١٢٣١٢ م٣/ هكتار/ موسم)، تعادل تقريبًا ضعف أقصى استهلاك مائي لمحصولي القمح والشعير (٦٢١٧ و٤٩٦٤ م٣/ هكتار/ موسم) على التوالي، وقد يعود ذلك إلى حجم نبات الذرة الشامية وزيادة المساحة الورقية، إضافة إلى أن الذرة الشامية محصول صيفي، بينما القمح والشعير من المحاصيل الشتوية. وهذا التميز في مقدار الاستهلاك المائي لبعض المناطق وكذلك لبعض المحاصيل بدوره قد يؤدي إلى ترشيد استخدام المياه في الزراعة عند أخذه في الحسبان عند تحديد التركيبة المحصولية لكل منطقة، مع الأخذ في الاعتبار الظروف البيئية وكمية المياه المتاحة في المنطقة، ومدى إمكانية إبدال المحاصيل ذات الاستهلاك المائي المنخفض مكان المحاصيل ذات الاستهلاك المائي المرتفع.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

الزباري، وليد خليل (٢٠٠٠) خيارات السياسات المائية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، *الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها، الرياض، المملكة العربية السعودية.*

الزيد، عبدالله؛ وأميلو، كونتا؛ وأبوخيط، محمد؛ وموسى، نعمة؛ وبشور، عصام؛ والسامرائي، فليح (١٩٨٨) *الاحتياجات المائية للمحاصيل الرئيسية في المملكة العربية السعودية*، وزارة الزراعة والمياه، الرياض - المملكة العربية السعودية.

العمران، عبد رب الرسول؛ وشلبي، عادل (١٩٩٢) حساب الاحتياجات المائية لبعض المحاصيل في شرق ووسط المملكة العربية السعودية، *مجلة جامعة الملك سعود، العلوم الزراعية*، ٤(١): ٩٧-١١٤.

الغباري، حسين محمد (٢٠٠٠) الاحتياجات المائية الكلية لبعض المحاصيل في منطقة نجران، *الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها، الرياض، المملكة العربية السعودية.*

الغباري، حسين محمد؛ وفوزي محمد؛ وعبد رب الرسول، العمران؛ وعبد الرحمن العذبة (١٤٢٣هـ) *تطوير نموذج لتقدير الاحتياجات المائية لترشيد مياه الري في المملكة العربية السعودية*. كلية الزراعة ، جامعة الملك سعود، الرياض- المملكة العربية السعودية.

وزارة الزراعة والمياه (١٩٩٩) *المفكرة الزراعية*، إدارة الإرشاد والخدمات الزراعية، الرياض - المملكة العربية السعودية.

وزارة الزراعة والمياه (٢٠٠٦) *الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي*، إدارة الدراسات الإقتصادية والإحصاء، الرياض - المملكة العربية السعودية .

ثانياً: المراجع الأجنبية

Abdelhadi, A.W., Hata, T., Tanakamaru, H., Tada, A. and **Tariq, M.A.** (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:** 203-214.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and **Smith, M.** (1998) *Crop Evapotranspiration — Guidelines for Computing Crop Water Requirements* — FAO Irrigation and drainage paper No. 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Doorenbos, J. and **Pruitt, W.O.** (1977) *Guidelines for Prediction of Crop Water Requirements,* FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, FAO, Rome, Italy.

Hussein, A.S. (1999) Grass ET estimations using Penman-Type equations in Central Sudan, *Journal of Irrigation and Drainage,* **125:** 91-99.

Jensen, M.E., Burman, R.D. and **Allen, R.G.** (1990) *Evapotranspiration and Irrigation*

Water Requirements, ASCE Manual No. 70 New York, NY. USA.

Kashyp, P.S. and **Panda, R.K.** (2001) Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop coefficients for potato crop in a sub-humid region, *Agricultural Water Management,* **50:** 9-25.

Monteith, J.L. (1965) *Evaporation and the Environment,* In: The State and movement of water in living organisms, XIXth Symposium Soc. for Exp. Biol., Swansea, Cambridge University Press, pp: 205-234.

Smith, M. (1992) *Report on the Expert Consultation on Revision of FAO Methodology for Crop Water Requirements,* FAO. Rome, Italy.

Estimation of Water Consumption for Main Field Crops in Different Agricultural Regions of Saudi Arabia

J. M. Basahi

Department of Hydrology and Water Resources Management - Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

Abstract. Penman-Monteith equation was used to estimate water consumption (ETC) for the main field crops (wheat, barley, maize, grain sorghum, millet and esame) in Saudi Arabia agricultural regions. The obtained results showed that the highest ETC values for wheat and barley were 6217 and 4964 (m3/ha/season) for Medinah and Eastern regions, respectively, while the lowest values were 4249 and 3804 (m^3/ha/season) for wheat and barley in Tabuk region. Also, ETC values for maize were estimated to be 7136 and 12312 (m^3/ha/season) for Aseer and Eastern regions, respectively. On the other hand, ETC for sorghum, millet and sesame were higher for Makkah region comparing to Jazan and Aseer regions. The (ETC) for sorghum were 8563, 8037 and 6998 (m^3/ha/season), for millet were 6801, 6383 and 5563 (m^3/ha/season) and for sesame 6758, 6357 and 5542 (m^3/ha/season) for Makkah, Jazan and Aseer regions, respectively.