تقدير البخر–نتح و معامل المحصول لأشجار التين لمنطقة جازان في المملكة العربية السعودية باستخدام طريقة الميزان المائي

جلال محمد البدري باصهي

قسم علوم وإدارة المياه ، كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة ، جامعة الملك عبد العزيز ، جدة

البريد الالكتروني: cl_met@kaau.edu.sa

الملخص: أجريت تجربة حقلية لمدة أثنى عشر شهراً ابتداءً من بداية شهر ابريل ٢٠٠٤ في مركز الأبحاث الزراعية التابع لوزارة الزراعة بمنطقة جازان بالمملكة العربية السعودية لتقدير معدل البخر–نتح لأشجار التين "*Ficus carica*" باستخدام طريقة الميزان المائي. حيث تمت الدراسة على ٩ أشجار من التين صنف براون تركي. و تم تسجيل التغير في المحتوى الرطوبي للتربة يومياً بإستخدام المكعبات الجبسية. حيث وضعت خمسة مكعبات في منطقة الجذور لكل شجرة على خمسة أعماق ١٠، ٣٠، ٥٠، ٧٠ و ٩٠ سم.

وقد أوضحت النتائج أن أعلى قيمة مقاسة للمتوسط الشهري للبخر–نتح كانت ٩,٤ (مم/يوم) في شهر مايو في حين اقل قيمة كانت ٤,٧ (مم/يوم) في شهر يناير. وكان المتوسط السنوي هو ٦,١ (مم/يوم).

من ناحية أخرى تم استخدام القيم المقاسة للبخر–نتح مع القيم المقدرة بواسطة معادلة بنمان–مونتيث للبخر–نتح المرجعي في تقدير معامل المحصول لأشجار التين لمنطقة الدراسة. وقد أوضحت النتائج أن متوسط قيمة معامل المحصول هي ١,١.

مقدمـــة

تعد معرفة الاحتياجات المائية للنباتات العامل الأساسي لإدارة و ترشيد استخدام المياه في المجال الزراعي وتساهم بشكل مباشر في رسم السياسات المائية لمعظم الدول. لذا فقد أهتم العديد من الباحثين على المستوى المحلي والدولي بتقدير الإستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية المختلفة. ونظراً لمحدودية مصادر المياه المتجددة في المملكة العربية السعودية فإن الحاجة شديدة لمعرفة قيم الإحتياجات المائية للمحاصيل المتزرعة. لذا فقد قامت وزارة الزراعة بالإشتراك مع منظمة الأغذية و الزراعة (FAO) بدراسة لتقدير الاحتياجات المائية لمعظم المحاصيل في المملكة (الزيد و أخرون ١٩٨٨) إلاّ أن تلك الدراسة لا تحتوي على الإحتياجات المائية لأشجار التين. ويعتبر محصول التين "*Ficus carica*" أحد المحاصيل البستانية في المملكة و الذي تنتشر زراعته في منطقة جازان في الجزء الجنوبي الغربي للمملكة. و بالرغم من وجود بعض الدراسات التي التي تتناول أثر معاملات الري على إنتاجية أشجار التين إلاّ أن هناك ندرة في الأبحاث المنشورة التي تتناول الاستهلاك

المائي لأشجار التين. فقد قام Pedrotti *et al.* (1983) بدراسة أثر أربع معاملات ري ١٢,٥، ٢٥، ٣٧,٥، ٥٠ % من معدل البخر من أوعية البخر " Class A" على النمو الخضري لأشجار التين. وقد أوضحت النتائج بأن معاملات الري المستخدمة لم تختلف معنوياً عن بعضها البعض في تأثيرها على قطر جذع وفرع أشجار التين. من ناحية أخرى قام Hernandez *et al.* (1994) بدراسة أثر معاملات مختلفة من الري تتراوح قيمها ما بين ٢٥ إلى ١٢٥% من أوعية البخر "Class A " ومعاملات مختلفة من النتروجين تتراوح بين صفر إلى ٧٥٠جم نيتروجين/شجرة تين على إنتاجية ونمو أشجار التين. وأوضحت نتائج دراستهم أن زيادة مياه الري المضافة أدت إلى زيادة إنتاجية محصول التين كما أدت إلى زيادة حجم الثمرة وطول الأفرع فيما أدت زيادة النتروجين إلى زيادة الإنتاجية و لم تؤثر على طول الأفرع . إضافة إلى ذلك أوضحت النتائج أن القيمة المثلى لمعاملات الري والتسميد التي تؤدى إلى الحصول على أعلى عائد اقتصادي كانت ٧٥% و ٣٦٥ جم نتروجين/شجرة، على التوالي. وتوصل Goldhamer and Salinas (1999) إلى نتيجة مشابهه حيث أوضحت نتائج دراسة قاما بها إلى أن زيادة كمية المياه المضافة خلال الصيف أدت إلى زيادة حجم الثمرة في التين والتي أدت بدورها إلى زيادة الإنتاج.

و يمكن تقدير البخر–نتح للنباتات بإستخدام طريقة التغير في الميزان المائي للتربة في منطقة الجذور و يمكن تمثيلها بالمعادلة التي ذكرها Steven *et al.* (1993) كالآتي:

$$T_c = P - S - D - R \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث: ET_c = البخر –نتح، P = الماء المتساقط على سطح التربة (ري أو مطر)، D = التسرب العميق، R = الجريان السطحي و S = التغير في المحتوى الرطوبي للتربة. و يقاس التغير في المحتوى الرطوبي للتربة إما مباشرة بالطريقة الوزنية أو بطرق غير مباشرة وذلك باستخدام أجهزة قياس الرطوبة مثل: التنشيومترات (Tensiometers)، أجهزة التشتت النيتروني (Scattering Neuron)، أجهزة المقاومة الكهربية (electrical resistance measurements) و المكعبات المسامية (Porous blocks).

من ناحية أخري يوجد معادلات عديدة لتقدير البخر–نتح للنباتات التي تعتمد أساساً على البيانات المناخية السائدة في المنطقة. وتعتبر معادلة بنمان–مونتيث Penman –Monteith أكثر المعادلات دقة في تقدير البخر–نتح المرجعي Reference Evapotranspiration (ET_r) للمناطق الرطبة والمناطق الجافة كما ذكر كل من Kashyp and Panda (2001) و Hussein (1999) و Abdelhadi *et. al.* (2000). و تستخدم ET_r في تقدير البخر–نتح للمحاصيل المختلفة بمعرفة معامل المحصول (K_c). وهناك قيم عامة لمعامل المحصول منشورة لمعظم المحاصيل Allen *et al.* (1998) يمكن استخدامها في حالة عدم وجود قيم مناسبة متاحة، إلاّ أن تلك القيم تفتقد معامل المحصول لأشجار التين.

تعتبر المنطقة الجنوبية و التي تقع جازان ضمن نطاقها من أحسن المناطق القابلة للتنمية الزراعية و ذلك نتيجة لارتفاع معدل الأمطار السنوي الساقط عليها مقارنة بمناطق المملكة الأخرى حيث يبلغ معدل سقوط الأمطار

في المنطقة الجنوبية الغربية حوالي ٥٠٠ مم بينما يبلغ متوسط الأمطار في المناطق الأخرى للملكة ٩٥ مم (عثمان، ١٩٨٣م و FAO, 1997). وتعتبر العوامل البيئية السائدة الجنوبية الغربية للملكة في المنطقة مناسبة لزراعة التين حيث أن التين يتحمل درجات حرارة عالية تصل إلى ٥٠ درجة مئوية كما تتحمل أشجار التين ملوحة التربة وماء الري إلى حد كبير (نصر ١٩٩١م). وتكمن الأهمية الاقتصادية لإنتاج التين في منطقة جازان في إمكانية تصديره إلى خارج المملكة نتيجة للميزة النسبية و المتمثلة في موسم الإنتاج، حيث أن موسم إنتاج التين في المنطقة هو فصل الشتاء في الوقت الذي لا يكون هناك إنتاج في معظم الدول المنتجة الرئيسية نتيجة لانخفاض درجات الحرارة في فصل الشتاء فيها.

ونظراً لأهمية معرفة قيم البخر-نتح في ترشيد إستخدام المياه المستخدمة في الزراعة فإن الهدف الرئيس من هذا البحث هو تقدير معدل البخر-نتح (ET_c) وكذلك معامل المحصول (K_c) لأشجار التين في منطقة جازان.

مواد وطرق البحث

تم عمل الدراسة لمدة اثنا عشر شهراً ابتداءً من شهر أبريل ٢٠٠٤م في محطة الأبحاث الزراعية بحاكمة أبو عريش بمنطقة جازان التابعة لوزارة الزراعة والتي ترتفع ٩٠ م عن سطح البحر و تقع على بعد ٥٠ كم شرق مدينة جازان على خط طول ٢٣" ٥١' ٤٢° شرقاً و خط عرض ٤٠" ٠٠' ١٧° شمالاً . و قد تم هذا البحث في حقل به ٧٢ شجرة تين صنف براون تركي عمرها ٥ سنوات، مزروعة على مسافات غرس ٥م × ٥م بالطريقة الرباعية العادية. و قد تم استخدام التصميم الإحصائي "القطاعات العشوائية الكاملة بتسعة مكررات"، حيث تم اختيار ٩ أشجار تين غير متجاورة متماثلة بقدر الإمكان في نموها وحجمها عند بدء التجربة . وقد أتبع على أشجار الدراسة برنامج عمليات الخدمة الزراعية المتبع في المزرعة عدا الري، حيث تم تحديد كمية المياه المضافة بناء على خصائص التربة المائية. حيث حددت قيمة السعة الحقلية ونقطة الذبول ومنها تم إيجاد السعة التخزينية للتربة والتي استخدمت لتقدير كمية الماء المضافة في كل رية.

تم استخدام طريقة الري بالنبع "ببلر" وذلك لري الأشجار في منطقة الدراسة. و تم تصميم نظام الري بحيث يتم تشغيله والتحكم في فترة الري وبالتالي حجم مياه الري بصورة آلية وذلك باستخدام أجهزة التحكم الزمني في فتح وغلق محبس المياه الكهربي المثبت على شبكة الري. ونظراً لعدم توافر المياه للري بموقع التجارب على مدار اليوم حيث ساعات تشغيل الآبار المغذية لمحطة الأبحاث محدودة خلال اليوم، فقد تم استخدام خزان للمياه سعته ٤ م^3 لتحضير مياه الري ولضمان إمدادات المياه بصورة دائمة لنظام الري. حيث تم ربط الخزانات بمصدر المياه في المزرعة وتم تركيب عوامات ميكانيكية على هذه الخزانات لفتح وغلق مصدر المياه آلياً حسب الحاجة. تم استخدام مضخة واحدة لمد نظام الري المستخدم بالضغط التشغيلي المطلـــوب. ولضمان انتظامية عالية للمياه حول جذع الأشجار فقد تم تسوية سطح التربة في داخل الجور حول جذع الشجرة مع عمل عقوم ترابيه حول حوض الشجرة لمنع الجريان السطحي. و قد تم استخدام ببلر واحد لكل شجرة ذو تصرف عالي ٢ جالون/دقيقة (٤٦٢ لتر/ساعة) وذلك لضمان توزيع المياه في حوض الشجرة.

عند بداية التجربة تم اخذ عينات من مياه الري لتقدير EC و pH و بعض الخواص الكيميائية لها، و يوضح الجدول (١) نتائج هذه التحليلات. كما تم استخدام اسطوانات بقطر ٥٠ مم و ارتفاع ٥١ مم لأخذ عينات غير مبعثرة من التربة على أعماق مختلفة وذلك لتحليل الخواص الفيزيائة و الكيميائية لها. حيث تم قياس درجة الحموضة ودرجة التوصيل الكهربي EC لمعجون التربة المشبعة. يوضح الجدول (٢) نتائج التحليلات الكيميائية لمختلف أعماق التربة خلال التجربة. حيث تراوحت قيم درجة الحموضة "pH" بين ٧,٦٧ و ٨,٠٤ لجميع القطاعات حيث كان المتوسط العام هو ٧,٨٥. كذلك يبين الجدول (٢) أن قيم التوصيل الكهربي "EC" لمختلف الطبقات تراوحت بين ١,٨ و ٣,٢١ مليموز/سم وبمتوسط عام هو ٢,٣٨ مليموز/سم.

و قد تم تحديد قوام التربة لمنطقة الدراسة وعلى أعماق مختلفة بإستخدام طريقة الهيدرومتر وكذلك تم تقدير كثافة التربة الظاهرية في مختلف عينات التربة. ويتضح من الجدول (٢) أن قوام التربة طميي لكل الأعماق. وبالرغم من أن تصنيف القوام متماثل لجميع الأعماق إلا أن الأعماق السفلية الأعمق من ٦٠ سم تحتوي على نسبة رمل أكثر من الأعماق العلوية. وقد أوضحت نتائج الإختبارات المعملية أن قيمة الكثافة الظاهرية تراوحت بين ١,٤١ جرام/سم^3 و١,٦٠ جرام/سم^3 بمتوسط ١,٥٢ جرام/سم^3. حيث ارتفعت الكثافة الظاهرية للطبقات الأعمق من ٦٠ سم.

و لمعرفة خصائص التربة المائية مثل المحتوى الرطوبي للتربة عند التشبع والسعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم وكذلك تقدير حجم المياه الميسر في التربة، تم أخذ عينات تربة غير مبعثرة على أعماق مختلفة تتراوح بين ١٠ إلى ١٠٠ سم. ثم تم إيجاد العلاقة بين محتوى رطوبة التربة والشد الرطوبي بإستخدام تجربة طبق الضغط (Pressure plate) في المعمل وذلك عند ضغوط متزايدة في المدى من ٠,١ بار إلى ٨ بار.

جدول ١. نتائج التحليل الكيميائي لمياه الري

التوصيل الكهربائي (مليموز /سم)	الأس الهيدروجيني	البايكربونات HCO3 (مليجرام/لتر)	الصوديوم Na+ (مليجرام/لتر)	كلور Cl- (مليجرام/لتر)	الكالسيوم Ca++ (مليجرام/لتر)	البوتاسيوم +K (مليجرام/لتر)
0.67	7.35	150	50	145	37.5	4.4

جدول ٢. الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة في موقع الدراسة.

العمق (سم)	التوصيل الكهربي (مليموز /سم)	درجة الحموضة (pH)	الكثافة الظاهرية (جرام/سم^3)	القوام	توزيع حبيبات التربة (%)		
					الطين	السلت	الرمل
0-10	1.8	7.67	1.54	طميية	20	46	34
10-20	2.05	7.85	1.53	طميية	22	46	32
20-30	3.21	7.7	1.52	طميية	24	48	28
30-40	2.8	7.95	1.53	طميية	26	50	24
40-60	2.3	7.89	1.41	طميية	24	50	26
60-100	2.14	8.04	1.60	طميية	16	38	46

يبين الجدول (٣) نتائج تجربة لوح الضغط (Pressure plate) و منها تم تقدير متوسطات قيم السعة الحقلية على مستوى الطبقات و كمتوسط عام للقطاع حيث تظهر النتائج أن درجة الرطوبة عند التشبع لمختلف الطبقات تدرجت ما بين ٠,٣٧ إلى ٠,٤٧ (سم^3/سم^3) بمتوسط كلي للطبقات مقداره ٠,٤٢ (سم^3/سم^3)، أما بالنسبة لدرجة الرطوبة عند السعة الحقلية فقد تراوحت بين ٠,٣٨ و ٠,٢٧ (سم^3/سم^3) بمتوسط كلي للقطاعات مقداره ٠,٣٤. و يظهر تجانس قيم درجات الرطوبة عند التشبع للطبقات من ١٠ إلى ٦٠ سم و كذلك عند السعة الحقلية، حيث كانت الاختلافات فيما بينها صغيرة وقيمة الرطوبة أعلى مقارنة بالطبقات السفلية الأعمق و التي تحتوي على نسبة عالية من الرمل.

أما بالنسبة لقيم محتوى الرطوبة عند نقطة الذبول الدائم، فلتعذر الحصول على ضغط أعلى من ٨ بار في الجهاز المستخدم. لذا تم افتراض أن متوسط قيمة المحتوى الرطوبي عند نقطة الذبول للقطاع تساوي متوسط قيمة المحتوى الرطوبي عند شد رطوبي يعادل ٨ بار والتي تساوي ٠,٢٤ (سم^3 / سم^3). وهذا الإفتراض و إن كان يقلل قيمة الماء المتاح للنبات للتربة في وحدة العمق، إلا انه لن يوصل النبات إلى حالة الإجهاد المائي وبالتالي فإنه لن يؤثر على قيم البخر-نتح المقدرة.

جدول (٣): يبين العلاقة بين الشد الرطوبي و المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة لأعماق مختلفة من التربة.

	الضغط	الأعماق (سم)									متوسط المحتوى الرطوبي
	(بار)	10	20	30	40	50	60	80	90	100	
التشبع	0	0.43	0.42	0.42	0.43	0.46	0.47	0.4	0.4	0.37	0.42
	0.1	0.36	0.38	0.34	0.37	0.38	0.4	0.34	0.32	0.28	0.35
السعة الحقلية	0.3	0.35	0.37	0.34	0.35	0.37	0.38	0.33	0.32	0.27	0.34
	0.5	0.34	0.36	0.33	0.35	0.36	0.37	0.32	0.31	0.27	0.33
	0.75	0.34	0.36	0.33	0.34	0.36	0.36	0.31	0.31	0.26	0.33
	1	0.33	0.35	0.32	0.33	0.35	0.35	0.3	0.3	0.26	0.32
	1.5	0.32	0.34	0.31	0.32	0.33	0.32	0.29	0.29	0.26	0.31
	2	0.32	0.32	0.3	0.30	0.32	0.33	0.28	0.28	0.25	0.30
	2.5	0.29	0.31	0.29	0.29	0.32	0.31	0.27	0.27	0.24	0.29
	3	0.29	0.30	0.29	0.29	0.31	0.31	0.27	0.27	0.24	0.29
	4	0.29	0.30	0.29	0.28	0.3	0.3	0.26	0.26	0.23	0.28
	6	0.28	0.29	0.28	0.27	0.29	0.29	0.25	0.25	0.22	0.27
نقطة الذبول	8	0.24	0.26	0.26	0.23	0.26	0.24	0.24	0.23	0.18	0.24

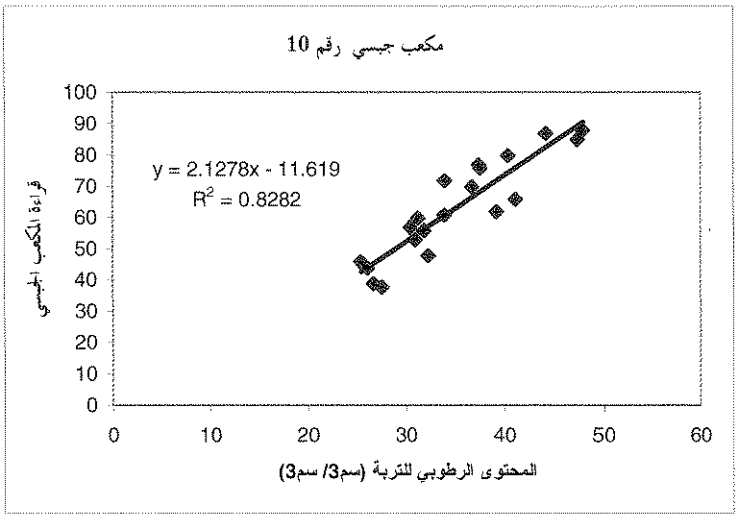
من خواص التربة المائية تم تقدير كمية الماء المتاح في عمق التربة على طول منطقة الجذور، حيث و جد أن المتوسط العام لكمية الماء المتاح في التربة لمنطقة الدراسة والذي يساوي الفرق بين السعة الحقلية ونقطة الذبول هو ١٠,٠ سم / ١٠٠ سم تربة. وبإفتراض أن الري يتم عند نسبة استنزاف تعادل ٥٠% من الماء المتاح، فإن كمية مياه الري اللازمة للنبات في هذه الحالة و التي تؤدي إلى عدم وصول النبات إلى الإجهاد المائي تساوي ٥ سم / ١٠٠ سم تربة. وبمعرفة مساحة حوض شجر التين المزروع والتي تكافئ دائرة قطرها ٢,٥ متر (المساحة تكافئ ٤,٩ م^{٢}) ، ينتج أن كمية مياه الري اللازمة تساوي ٠,٢٤٥ م^{٣}/شجرة (٢٤٥ لتر/شجرة) في الرية الواحدة.

و لتحديد ساعات التشغيل لنظام الري بإفتراض كفاءة ري تساوي ١٠٠% نظراً لصغر المساحة المروية، وحيث أن كمية مياه الري المراد إضافتها تساوي (٢٤٥ لتر/شجرة) و تصرف البلر يساوي ٤٦٢ لتر/ ساعة/ شجرة، ينتج انها تساوي ٠,٥٣ ساعة. أي أن الوقت اللازم للري يساوي تقريباً ٣٠ دقيقة. بعد ذلك ومن القراءات الحقلية للمحتوى الرطوبي للتربة تم تحديد الفترة بين الريات والتي تتغير حسب فصول السنة.

لتقدير البخر-نتح لأشجار التين تم استخدام طريقة الميزان المائي الموضحة بالمعادلة رقم ١ والتي تعتمد في هذه الحالة على معرفة كمية مياه الري المضافة و التغير في المحتوى الرطوبي للتربة فقط بإفتراض عدم وجود تسرب عميق لأن كمية الماء المضافة توصل التربة إلى السعة الحقلية فقط و كذلك عدم وجود سريان سطحي نتيجة لوجود عقم ترابي يحيط بحوض الشجرة. و لتقدير التغير اليومي للمحتوى الرطوبي للتربة تم استخدام المكعبات الجبسية (Gypsum Blocks). حيث تم استخدام ٤٥ مجس (مكعب جبسي) ، ٥ مجسات لكل شجرة وقد تم معايرة جميع المجسات باستخدام الطريقة الوزنية. ويبين الشكل (١) نتائج معايرة أحد المجسات (Gypsum Block). و قد تم استخدام قيم المعايرة لإيجاد العلاقة التي تربط بين المحتوى الرطوبي للتربة وقراءة المجس (Gypsum Block) وذلك لكل مجس على حدة وكذلك تم إيجاد معامل التقدير (R^2) لتلك العلاقات. و يمكن كتابة تلك العلاقة كما يلي مع اختلاف قيم الثوابت بإختلاف المجس:

$$Y = C_1 \times X - C_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث :Y هي قراءة المجس، X المحتوى الرطوبي للتربة، C_1 و C_2 ثوابت تعتمد على المجس. وتراوحت قيمة معامل التقدير (R^2) للمجسات المستخدمة في المعايرة بين ٠,٧٣ و ٠,٩٢.



شكل ١. نتائج معايرة أحد مجسات المكعبات الجبسية المستخدمة في التجربة

وبعد الإنتهاء من معايرة المجسات تم وضعها في أحواض أشجار التين المختار للدراسة بمعدل ٥ مجسات لكل شجرة وضعت على أعماق مختلفة: ١٠، ٣٠، ٥٠، ٧٠ و ٩٠ سم من سطح التربة على بعد يقارب ٥٠ سم من جذع الشجرة عند المواقع التسعة و ذلك لمتابعة التغير اليومي في محتوى الرطوبة الأرضية خلال طبقات التربة. وحللت البيانات لتقدير البخر-نتح لكل شجرة على حدة ثم حسب المتوسط ليعبر عن معدل البخر-نتح الفعلي "المقاس" للأشجار.

بعد ذلك تم استخدام قيم البخر-نتح المقاسة لأشجار التين مع قيم معدل البخر-نتح المرجعي لمنطقة الدراسة لتقدير معامل المحصول لأشجار التين. و قد تم استخدام معادلة الفاو بنمان-مونتيث الموصي بها من قبل منظمة الأغذية و الزراعة في الورقة رقم ٥٦ (Allen *et al.*, 1998) كمعادلة لتقدير معدل البخر – نتح مرجعي لمنطقة الدراسة و التي تكتب بالصورة التالية:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث: ET_o = معدل البخر-نتح مرجعي (مم/يوم)، R_n = صافي الأشعة الشمسية الساقطة على سطح التربة (ميغاجول/م^2/يوم)، G = شدة تدفق حرارة التربة (ميغاجول/م^2/يوم)، T = متوسط درجة حرارة الهواء اليومية عند ارتفاع ٢م (م^o)، u_2 = سرعة الرياح عند ارتفاع ٢م (م/ث)، e_s = ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال)، e_a = ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال)، Δ= ميل المنحني المرسوم بين ضغط البخار عند التشبع ودرجة الحرارة وذلك عند درجة حرارة الهواء (كيلو باسكال/ م^o) و γ = ثابت الهواء المرطابي (كيلو باسكال/ م^o).

والبيانات المناخية اللازم توفرها لإستخدام معادلة بنمان مونتيث تتمثل في سرعة الرياح و متوسط الأشعة الشمسية، بيانات عن الموقع وتشمل الإرتفاع 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) و شدة تدفق حرارة التربة (G). بيانات الرطوبة النسبية العظمى و الدنيا 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 و الصغرى ، الرطوبة النسبية العليا والدنيا، سرعة الرياح و ساعات السطوع الشمسي) كمتوسط شهري للفترة من ١٩٩١ إلى ٢٠٠٠م لمنطقة الدراسة كما هو مبين في الجدول (٤). وقد تم استخدم برنامج مايكروسوفت أكسل لتحليل البيانات وإيجاد قيم معدل البخر – نتح المرجعي وعمل الرسومات البيانية.

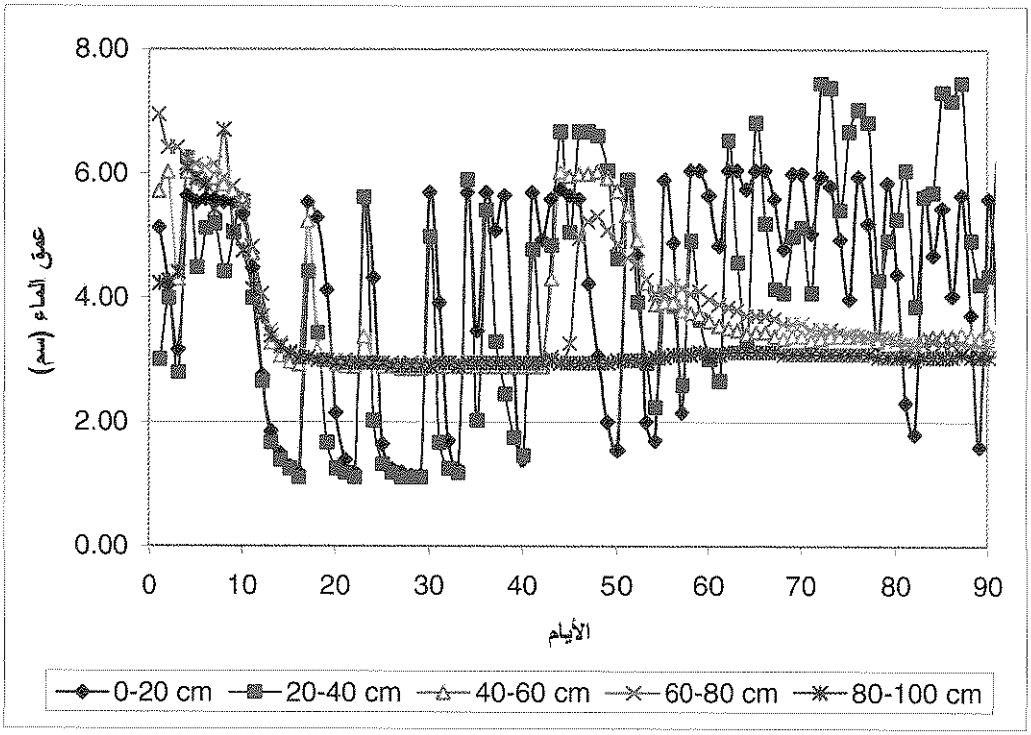
جدول (٤): المتوسط الشهري لدرجات الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح و ساعات السطوع الشمسي لمنطقة الدراسة للفترة من ١٩٩١ إلى ٢٠٠٠م.

أشهر السنـــة	الحرارة القصوى (م°)	الحرارة الصغرى (م°)	الرطوبة القصوى (%)	الرطوبة الصغرى (%)	سرعة الرياح (م/ثانية)	متوسط ساعات السطوع الشمسي (ساعة)
يناير	30.4	21.1	83.8	62.5	3.4	8.2
فبراير	30.8	21.9	82.4	61.7	3.4	9
مارس	32.6	23.7	80.7	59.7	3.5	9.7
ابريل	35.1	25.7	78.3	54	3.4	9.9
مايو	37.5	27.5	76.9	49.7	3.4	7.9
يونيو	38.3	29.3	75.4	51.8	3.5	8.8
يوليو	38.3	29.6	72	46.9	4.3	7.2
أغسطس	37.7	28.9	76.8	51.7	3.9	7
سبتمبر	38	28.1	79.3	52.5	3.3	8.5
أكتوبر	36.2	25.9	81	52.8	3.3	8.6
نوفمبر	33.8	24	82.5	56.1	3.3	9.4
ديسمبر	31.3	22.2	84.8	62	3.4	7.4

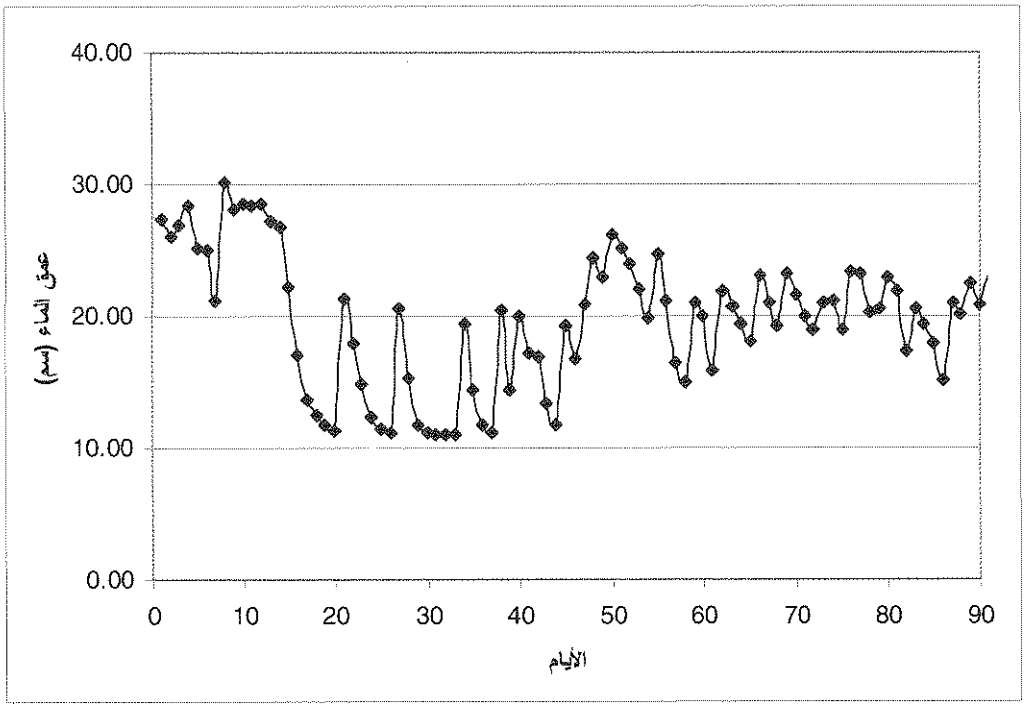
النتائج والمناقشة

لتوضيح أثر جدولة الري واستهلاك الأشجار للماء على المحتوى الرطوبي لقطاع التربة من صفر إلى ١٠٠ سم وكذلك على طبقات التربة في ذلك القطـــاع، تم رســـم المحتوى الرطوبي للتربة في منطقة الجذور لأحدى الأشجار خلال الثلاثة أشهر الأولى من التجربة. حيث قسم القطاع إلى خمسة طبقات صفر-٢٠، ٢٠-٤٠، ٤٠-٦٠، ٦٠-٨٠ و ٨٠ إلى ١٠٠ سم ويرمز لها بالطبقة الأولى، الثانية،

الثالثة، الرابعة و الخامسة، على التوالي. و يوضح الشكل (٢) عمق الماء في الطبقات المختلفة ضمن قطاع التربة وذلك للأيام من ١ إلى ٩٠ يوم. حيث يمثل اليوم الأول ٢٠٠٤/٣/١ م، بينما يوضح الشكل (٣) عمق الماء في قطاع التربة شاملاً جميع الطبقات "متوسط". وكما هو واضح من الشكلين فإن المحتوى الرطوبي للتربة يتغير صعودا ونزولاً وذلك نتيجة الري و الإستهلاك المائي للشجرة. ويوضح الشكلين (٢ و ٣) ارتفاع المحتوى الرطوبي في الأسبوعين الأولين حيث تم في بداية التجربة إعطاء عدة ريات عميقة متقاربة لإيصال التربة للسعة الحقلية و بالتالي فإن قراءات الثلاثين يوم الأولى "مارس ٢٠٠٤" لم تدخل ضمن حسابات البخر-نتح للأشجار لإحتمالية وجود تسرب عميق واستعيض عنها بقراءات شهر مارس ٢٠٠٥ م. أما في الفترة من ٤٣ إلى ٥٠ يوم فيعزى ارتفاع المحتوى الرطوبي للتربة إلى نزول الأمطار. و قد تم إهمال اليوم الذي نزل به المطر وكذلك يومين بعده و لم تستخدم في الحسابات لاحتمالية حصول تسرب عميق كذلك. ويوضح الشكل (٢) تأثر الطبقتين الأولى و الثانية بعملية الري و الإستهلاك المائي، بينما لم تتأثر الطبقات الأعمق عدا تلك الأيام التي تم فيها إعطاء ريات عميقة وكذلك تلك التي نزل بها المطر. وهذا يدل على أن جذور التين سطحية تتركز في الطبقة السطحية من التربة و التي تتراوح في العمق من ٠ إلى ٤٠ سم.



شكل ٢. عمق الماء في طبقات التربة الممثلة لمنطقة الجذور



شكل ٣. عمق الماء في قطاع التربة من عمق ٠ إلى ١٠٠ سم

تقدير معدل الإستهلاك اليومي

لقد تم تحليل قراءات المجسات الموجودة في منطقة الجذور لكل شجرة (موقع) وتم حساب معدل الإستهلاك المائي اليومي (سم/يوم) لكل شهر من أشهر السنة لأشجار التين المستخدمة في التجربة والبالغ عددها ٩ و التي استخدمت كمكررات للحصول على معلومات أكثر دقة وذلك بإستخدام طريقة الميزان المائي (معادلة ١) ويوضح الجدول (٥) مثال على تطبيق معادلة الميزان المائي لشهر مايو لأحد المواقع المستخدمة في التجربة.

وقد تم إجراء تحليل إحصائي للبيانات بإستخدام برنامج SAS بناءً على التصميم الإحصائي المستخدم وهو القطاعات العشوائية الكاملة. و يبين الجدول (٦) تحليل التباين حيث يتضح من الجدول عدم وجود إختلافات معنوية بين الأشجار. وبناءً عليه فقد تم أخذ قيمة متوسط البخر–نتح للأشجار. من ناحية أخرى يوضح الجدول وجود فرق معنوي في الإستهلاك المائي للأشجار بين شهور السنة عند مستوى معنوي مساوي لـــ ٠,٠١. وهذا متوقع نتيجة لإختلاف الظروف المناخية بين شهور السنة.

جدول (٥): عينة لحسابات البخر-نتح بإستخدام طريقة الميزان المائي (شهر مايو/ موقع ٤).

أيام الشهر	عمق الماء في طبقات التربة (سم/ ٢٠ سم)					عمق الماء في قطاع التربة (سم/ ١٠٠ سم)	DS (سم)	عمق ماء الري (سم)	عمق المطر (سم)	P (سم)	البخر- نتح اليومي (سم/يوم)	البخر- نتح اليومي (مم/يوم)
	ط١	ط٢	ط٣	ط٤	ط٥							
1	4.84	2.66	3.56	3.90	3.09	18.06	-1.32	0.00	0.0	0.0	1.32	13.2
2	6.06	6.54	3.53	3.86	3.13	23.12	5.06	3.24	0.0	0.0	-1.81	-18.1
3	6.06	4.57	3.49	3.82	3.13	21.07	-2.05	0.00	0.0	0.0	2.05	20.5
4	5.75	3.30	3.42	3.73	3.13	19.33	-1.73	0.00	0.0	0.0	1.73	17.3
5	6.06	6.82	3.46	3.73	3.13	23.20	3.86	3.24	0.0	0.0	-0.62	-6.2
6	6.06	5.20	3.46	3.73	3.13	21.58	-1.62	0.00	0.0	0.0	1.62	16.2
7	5.60	4.14	3.39	3.68	3.13	19.95	-1.63	0.00	0.0	0.0	1.63	16.3
8	4.79	4.07	3.35	3.59	3.09	18.90	-1.05	0.00	0.0	0.0	1.05	10.5
9	6.01	4.99	3.39	3.59	3.09	21.07	2.17	3.24	0.0	0.0	1.08	10.8
10	6.01	5.13	3.39	3.59	3.09	21.21	0.14	0.00	0.0	0.0	-0.14	-1.4
11	5.05	4.07	3.32	3.50	3.09	19.03	-2.18	0.00	0.0	0.0	2.18	21.8
12	5.96	7.46	3.35	3.50	3.09	23.36	4.33	3.24	0.0	0.0	-1.08	-10.8
13	5.80	7.39	3.39	3.50	3.09	23.17	-0.19	0.00	0.0	0.0	0.19	1.9
14	4.94	5.41	3.39	3.46	3.09	20.29	-2.88	0.00	0.0	0.0	2.88	28.8
15	3.98	6.68	3.39	3.42	3.09	20.56	0.26	0.00	0.0	0.0	-0.26	-2.6
16	5.96	7.03	3.42	3.42	3.09	22.92	2.36	3.24	0.0	0.0	0.88	8.8
17	5.20	6.82	3.39	3.37	3.09	21.87	-1.05	0.00	0.0	0.0	1.05	10.5
18	3.27	4.29	3.32	3.37	3.04	17.29	-4.57	0.00	0.0	0.0	4.57	45.7
19	5.86	4.92	3.39	3.37	3.04	20.58	3.28	3.24	0.0	0.0	-0.04	-0.4
20	4.39	5.27	3.35	3.33	3.04	19.39	-1.19	0.00	0.0	0.0	1.19	11.9
21	2.31	6.05	3.29	3.28	3.04	17.97	-1.41	0.00	0.0	0.0	1.41	14.1
22	1.81	3.86	3.25	3.24	3.00	15.16	-2.81	0.00	0.0	0.0	2.81	28.1
23	5.65	5.62	3.35	3.28	3.04	20.96	5.80	3.24	0.0	0.0	-2.56	-25.6
24	4.69	5.70	3.39	3.33	3.04	20.15	-0.81	0.00	0.0	0.0	0.81	8.1
25	5.45	7.32	3.39	3.28	3.04	22.48	2.34	3.24	0.0	0.0	0.91	9.1
26	4.03	7.18	3.39	3.28	3.04	20.92	-1.56	0.00	0.0	0.0	1.56	15.6
27	5.65	7.46	3.42	3.28	3.09	22.90	1.98	3.24	0.0	0.0	1.26	12.6
28	3.73	4.92	3.39	3.24	3.04	18.32	-4.58	0.00	0.0	0.0	4.58	45.8
29	1.60	4.22	3.35	3.24	3.04	15.46	-2.86	0.00	0.0	0.0	2.86	28.6
30	5.60	4.36	3.46	3.24	3.04	19.70	4.24	3.24	0.0	0.0	-1.00	-10.0
31	3.17	6.61	3.49	3.24	3.09	19.60	-0.09	0.00	0.0	0.0	0.09	0.9
المتوسط											1.04	10.4

DS : التغير في المحتوى الرطوبي في قطاع التربة P : التسرب العميق

جدول (٦): تحليل التباين لمعدلات البخر-نتح الشهرية خلال فترة الدراسة.

المتغيرات	درجة الحرية	متوسط مجموع مربع الانحرافات
المكررات (الأشجار)	8	0.016 (غ م)
الأشهر	11	0.1593 **
الخطأ	88	0.011

(غ م) لا يوجد إختلاف معنوي عند مستوى معنوية ٠,٠٥

** يوجد إختلاف معنوي عند مستوى معنوية ٠,٠١

و يبين الجدول (٧) معدل البخر-نتح الشهري (سم/يوم) للأشجار لجميع المواقع وكذلك المتوسط لكل شهر من أشهر السنة، إضافة لمقارنة بين المتوسطات بإستخدام طريقة أقل فرق معنوي (LSD) . حيث يبين الجدول (٧) تفوق شهر مايو معنوياً على بقية أشهر السنة بقيمة ٩,٤ مم/يوم. يليه أشهر ما يمكن تسميته بأشهر الصيف و هي يونيو و يوليو وأغسطس وسبتمبر مع عدم وجود إختلاف معنوي بين تلك الأشهر. بعد ذلك تأتي مجموعة أشهر فبراير و ابريل و مارس وأكتوبر و التي لا يوجد بينها إختلاف معنوي. و أخيراً الأشهر التي كان فيها معدل الإستهلاك المائي في اقل قيمه وهي أشهر نوفمبر و ديسمبر و يناير. وهذا التسلسل طبيعي و متوافق مع معدلات درجات الحرارة و الرطوبة النسبية لمنطقة الدراسة خلال السنة كما هو واضح من الجدول رقم ٤ . وقد بلغ المتوسط السنوي لمعدل استهلاك المائي لأشجار التين ٦,٩ مم/يوم. بمعدل يساوي ٢٥١٨٥ م^3/هكتار/سنة.

وكما هو واضح من قيم البخر-نتح لأشجار التين الواردة في الجدول (٧) فإن معدل البخر-نتح لأشجار التين يكون منخفض في الأشهر التي تكون فيها درجات الحرارة منخفضة ثم يزيد إلى أن يصل أعلى قيمة في أشهر الصيف التي تكون درجات الحرارة فيها عالية. وهذا مشابه لمنحنيات البخر-نتح للنباتات بصفة عامة. ويتميز منحنى البخر-نتح لأشجار التين في منطقة الدراسة بعدم وجود فروق كبيرة بين القيمة القصوى في أشهر الصيف والقيمة الدنيا في أشهر الشتاء ويعود ذلك لعدم وجود فروق كبيرة في درجات الحرارة بين أشهر الصيف وأشهر الشتاء ونفس الشيء ينطبق على قيم الرطوبة النسبية كما هو ملاحظ في الجدول (٤).

جدول (٧): معدل البخر-نتح المقاس للشجرة لمواقع الدراسة التسعة.

أشهر الدراسة	الموقع									متوسط البخر-نتح (مم/يوم) *	كمية مياه الري للشجرة (لتر/شهر)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ابريل (2004)	7.7	7.5	6.9	8.3	5.6	7.0	5.4	6.6	7.0	6.9 CD	1860
مايو (2004)	8.9	9.9	6.4	10.4	9.8	9.3	10.7	10.1	9.2	9.4 A	1860
يونيو (2004)	7.8	10.3	7.9	7.7	6.2	7.9	5.2	8.5	8.0	7.7 CB	1860
يوليو (2004)	8.9	8.3	6.5	8.5	9.3	7.2	7.0	8.9	8.3	8.1 B	1860
أغسطس (2004)	9.4	8.2	7.2	8.1	8.0	8.3	6.0	6.9	7.8	7.8 CB	1860
سبتمبر (2004)	9.6	8.9	6.4	8.4	8.3	8.2	7.8	6.1	6.9	7.8 CB	1860
أكتوبر (2004)	5.4	8.4	5.7	5.9	7.5	5.5	4.6	6.4	7.0	6.3 D	1380
نوفمبر (2004)	5.6	6.7	4.6	4.4	5.4	4.4	5.2	4.9	6.0	5.2 EF	1230
ديسمبر (2004)	7.0	5.1	6.7	5.4	4.3	4.8	6.9	6.2	7.0	5.9 ED	1080
يناير (2005)	3.4	4.1	3.2	4.1	5.5	5.8	6.0	4.6	5.4	4.7 F	1080
فبراير (2005)	5.6	6.9	6.4	6.8	6.6	7.2	8.7	5.3	6.0	6.6 D	1380
مارس (2005)	6.5	6.1	7.6	6.9	6.6	6.4	7.5	3.9	6.1	6.4 D	1380

* متوسطات الأشهر التي لها حروف متشابهة توضح عدم وجود فرق معنوي بينها عند مستوى معنوية ٠,٠١.

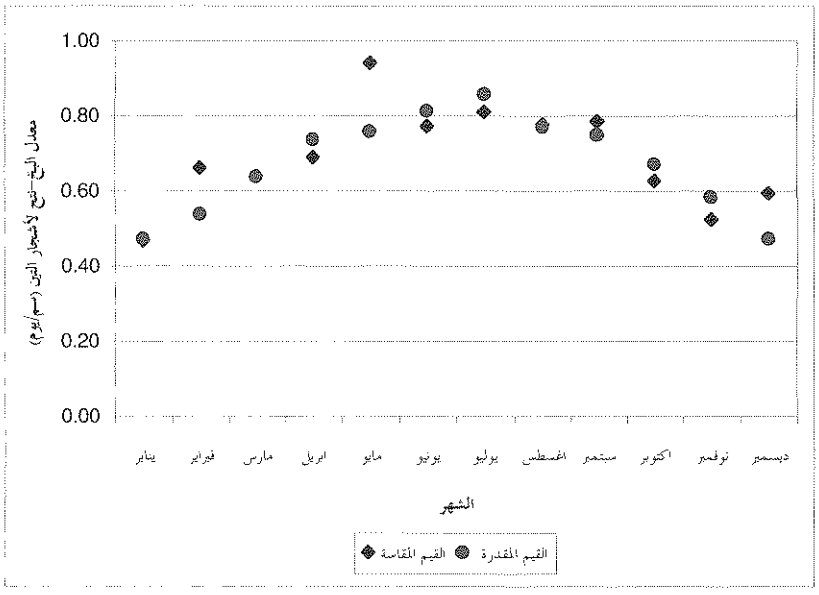
تقدير معامل المحصول لأشجار التين (K_C)

تم تقدير معامل المحصول لأشجار التين لكل شهر بقسمة قيم المعدل اليومي للبخر-نتح المقاسة للأشجار (ET_C) على قيم المعدل اليومي للبخر-نتح للمحصول المرجعي لمنطقة الدراسة (ET_r) و المقدرة بواسطة معادلة بنمان-مونتيث. وكذلك تم إيجاد المتوسط السنوي لمعامل المحصول. و يوضح الجدول (٨) قيم معامل المحصول لأشجار التين في منطقة جازان، حيث تبين بيانات الجدول أن أعلى قيمة لمعامل المحصول كانت ١,٤ في شهري مايو و ديسمبر بينما اقل قيمة كانت ١,٠ في أشهر ابريل ، يونيو ، يوليو، أكتوبر و نوفمبر. وكان متوسط قيمة معامل المحصول ١,١ .

جدول ٨. قيم البخر-نتح للمحصول المرجعي و معامل المحصول

أشهر السنة	البخر-نتح المقاس للأشجار (ET_C) (مم/يوم)	البخر نتح للمحصول المرجعي (مم/يوم) (ET_R)	معامل المحصول (K_C)
يناير	4.7	4.3	1.1
فبراير	6.6	4.9	1.3
مارس	6.4	5.8	1.1
ابريل	6.9	6.7	1.0
مايو	9.4	6.9	1.4
يونيو	7.7	7.4	1.0
يوليو	8.1	7.8	1.0
أغسطس	7.8	7.0	1.1
سبتمبر	7.8	6.8	1.2
اكتوبر	6.3	6.1	1.0
نوفمبر	5.2	5.3	1.0
ديسمبر	5.9	4.3	1.4
متوسط	6.9	6.1	1.1

وقد تم تقدير معدل البخر-نتحً لأشجار التين لأشهر السنة بإستخدام قيم البخر-نتح المرجعي المقدرة بواسطة معادلة بنمان-مونتيث و متوسط قيمة معامل المحصول (١,١). و تم إجراء التحليل الإحصائي لإيجاد مدى التوافق بين القيم المقدرة حسابياً للبخر-نتح لأشجار التين والقيم المقاسة، باستخدام طريقة معامل الإرتباط (r) (Correlation Coefficient) طبقاً لـــ Steel and Torrie (1988) ووجد بأن معامل الإرتباط (r) يساوي ٠,٨١ و بمقارنة معنويته و جد انه معنوي جداً "**" عند مستوى معنوية (α = ٠,٠١) وهذا يدل على وجود علاقة قوية بين القيم المقدرة و القيم المقاسة لمعدل البخر-نتح لأشجار التين كما هو موضح بالشكل (٤). لذا يمكن القول بأنه من الناحية التطبيقية يمكن استخدام متوسط معامل المحصول ١,١ لتقدير معدل البخر-نتح لأشجار التين دون أن يكون هناك خطأ كبير في الحسابات.



شكل ٤. متوسط قيم معدل البخر-نتح المقاسة و المقدرة بإستخدام معامل المحصول

التوصيات

أهم التوصيات للدراسات المستقبلية على أشجار التين في منطقة جازان:

أ. القيم المقدرة لمعدل البخر-نتح لأشجار الستين في هذا المشروع هي أقصى قيمة خلال السنة لأشجار كاملة النمو. حيث أن التقليم الجائر لأشجار التين من المعاملات الزراعية المتبعة لدى المزارعين في منطقة جازان لذا فهناك حاجة لدراسة اثر ذلك على البخر-نتح للأشجار. خاصة و أن التقليم يتم في بداية شهر أغسطس مما قد يكون له اثر كبير على قيمة البخر-نتح للأشجار في فصل الصيف.

ب. بما أن موسم إنتاجية أشجار التين في منطقة جازان يبدأ في شهر نوفمبر وينتهي في شهر ابريل على الأكثر وحيث أن أقصى استهلاك مائي للأشجار يكون في الصيف بعد نهاية موسم الإنتاج لذا هناك حاجة لمزيد من الدراسات على معاملات الري خلال فصول السنة المختلفة و أثرها على إنتاجية أشجار التين.

شكر و تقدير

يعبر الباحث عن وافر الشكر و التقدير لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية على تمويلها لهذا البحث العلمي وكذلك يشكر إدارة و مهندسي مركز الأبحاث الزراعية بمنطقة جازان على تسهيل مهمة الباحث.

المراجع

الزيد، عبدالله، أميلو كونتانا، محمد أبو خيط، موسى نعمة، عصام بشور، و فليح السمرائي، ١٩٨٨م. الإحتياجات المائية للمحاصيل الرئيسية في المملكة العربية السعودية. وزارة الزراعة والمياه، الرياض- المملكة العربية السعودية.

عثمان، مصطفى نوري. (١٩٨٣م). الماء و مسيرة التنمية في المملكة العربية السعودية. مطبوعات هامة. جدة- المملكة العربية السعودية.

نصر، طه عبدالله. (١٩٩١م). الفواكه المستديمة الخضرة و المتساقطة الأوراق إنتاجها وأهم أصنافها في الوطن العربي. الطبعة الثانية. دار المعارف. جمهورية مصر العربية.

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 No. 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.

Abdelhadi, A.W., T. Hata, 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: 203-214.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1997). Water Reports 9. Irrigation in the near east region in figures. Rome, Italy.

Goldhamer, D. A., and M. Salinas. (1999). Black Mission fig production improved by heavier irrigation. California Agriculture. 53:6, 30-34.

Hernandez, F.B.T., M. A. Suzuki, and S. Buzetti. (1994). Response of fig (Ficus carica L.) to irrigation and nitrogen in the Iiha Solteira region. Scientia Agricola. 51:1 ,99-104.

Hoffman G. J., T. A. Howell and K. H. Solomon. (1990). Management of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, MI. UDA.

Hussein, A.S. (1999). Grass ET Estimations Using Penman-Type equations in Central Syudan. Journal of Irrigation and Drainage. 125: 91-99.

Kashyp, P.S. and R.K. Panda. (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.

Pedrotti, E.L., I. Mancia, and L.F.S. Beltrame. (1983) Irrigation level, plant growth and nutrients concentration in fig (ficus carica L.) leave. Agronomia Sulriograndense. 19:1, 103-116.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie (1988). Principle and Procedures of Statistic. 3rd ed. Mc Graw Hill, N.Y., USA.

Steven R.Evett, Terry A. Howell, Jean L. Steiner and James L. Cresap. (1993). Evapotranspiration by Soil Water Balance Using TDR and Neutron Scattering. Management of Irrigation and Drainage System meeting. July 21-23, 1993, Park City, Utah. USA.

Estimation of Evapotranspiration and Crop Coefficient for Fig Trees (Ficus carica) in Jazan Area, Saudi Arabia Using Soil Water Balance Method

Jalal M. Basahi

Department of Hydrology and Water Resources Management - Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University.Jeddah, K.S.A.

Email: cl_met@kaau.edu.sa

ABSTRACT: A field experiment was conducted for 12 months starting in April of 2004 in The Agricultural Experiment Station at Jazan Area; Saudi Arabia to approximate water consumption "evapotranspiration" of fig tree "*Ficus carica*" using soil water balance method. Nine trees of fig variety of Brown Turkey were used. Daily changes in water content of the soil were recorded using Gypsum Blocks. Five Gypsum Blocks were installed in the root zone of each tree at five depths of 10, 30, 50, 70 and 90 cm.

The results show that the highest measured value of Evapotranspiration (ET_c) of fig tree was 9.4 mm/day in May, while the lowest value was 4.7 mm/day in January. Also, the results show that the annually mean of ET_c for fig tree was 6.1 mm/day.

On the other side, the measured values of ET_c, in conjunction with the results of Penmen-Monteith equation for reference Evapotranspiration (ET_R), were used to determine the crop coefficient for fig trees. The results show that the average value for crop coefficient for fig trees in Jazan Area was 1.1.