تقييم الاستهلاك المائي وعامل محصول اللهانة *Brassica oleracea*. L تحت نظم ري مختلفة .

نمير طه مهدي* حسين عباس محمد**

*أستاذ مساعد - قسم علوم التربة والموارد المائية ـ كلية الزراعة ـ جامعة بغداد . Nameer.taha@yahoo.com
** قسم علوم التربة والموارد المائية ـ كلية الزراعة ـ جامعة بغداد .

المستخلص

نفذت تجربة حقلية لتقييم الاستهلاك المائي الفعلي ET_a والاستهلاك المـائي المرجعـي ET_0 وعامل محصول اللهانة Kc تحت نظم الري بالرش الصغير والتنقيط السطحي والتنقيط تحت السطحي وري المروز. اجريت التجربة في الجزء الشمالي من بغداد (خط عرض 33 شمالاً وخط طـول 45 شرقاً) في الموسم الخريفي 2009. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشـاة وبأربعـة مكررات. حددت كمية ماء الري ومواعيد الريات اعتماداً على قياسات المحتـوى الرطـوبي للتربـة وايصال الرطوبة عند الري الى حدود السعة الحقلية للتربة على اساس العمق الجذري الفعـال. قـدر الاستهلاك المائي الفعلي للهانة باستعمال معادلة التوازن المائي وحسب الاستهلاك المـائي المرجعـي بتطبيق معادلة بنمان – مونتيث المعدلة وتم حساب عامل المحصول من الاسـتهلاك المـائي الفعلـي والمرجعي ولمراحل نمو اللهانة (النمو الخضري والتفاف الاوراق والنضج والحصاد). اظهرت النتائج ان الاستهلاك المائي الفعلي للهانة قد اختلف باختلاف طريقة الري وبلـغ 406 و381 و365 و393 مم. موسم$^{-1}$ لمعاملات ري الرش الصغير والتنقيط السطحي والتنقيط تحت السـطحي وري المـروز بالتتابع. بلغت اعلى نسبة استهلاك مائي خلال مرحلتي النمو الخضري والنضج وبنسبة تراوحت بين 19% و 38% من الاستهلاك المائي الفعلي الكلي ولجميع المعاملات. انخفض الاستهلاك المائي الفعلـي في معاملتي ري التنقيط السطحي والتنقيط تحت السطحي عن معاملتي الري بـالرش وري المـروز بنسبة تراوحت بين 3% و 10%. في حين زاد الاستهلاك المائي لمعاملة ري الرش الصـغير عـن معاملة ري المروز بنسبة 3%. بلغ الاستهلاك المائي المرجعي خـلال موسـم نمـو اللهانـة 434 مم.موسم$^{-1}$. اختلف عامل المحصول باختلاف نظم الري اذ بلغ خلال موسم النمـو الكلـي 0.94 و 0.88 و 0.84 و 0.91 لري الرش الصغير والتنقيط السطحي وتحت السطحي وري المروز بالتتابع. بلغت اعلى قيمة لعامل المحصول عند مرحلة النضج وكانـت 0.965 و 0.910 و 1.141 و 1.140 لمعاملات الري بالتتابع. مما تقدم يتضح ان نظم الري الصغيرة قللت من الاستهلاك المـائي للهانـة لمراحل نمو المحصول مما انعكس على قيم عامل المحصول.

الكلمات المفتاحية: معادلة التوازن المائي، ري رش صغير، ري تنقيط سطحي وتحت سطحي، ري مروز، الاستهلاك المائي، عامل المحصول، اللهانة.

المقدمة

تعد دراسة الاستهلاك المائي ذات أهمية خاصة عند اضافة أراضٍ جديدة للزراعة الاروائيـة. وان الادارة الحديثة توصي بتقنين استعمال مياه الري للسيطرة على شحة المياه، لذا يقدر الاسـتهلاك المائي للمحاصيل لاهميته في برنامج إدارة وجدولة الري (Allen واخرون، 1998). كما انـه مـن الموضوعات الحاسمة في حسابات الموازنة المائية، فقد حظى باهتمام المختصين لوضع خطط التنمية والمقننات المائية للمشاريع الاروائية (Kisekka واخرون، 2010).

عرف الاستهلاك المائي بأنه مجموع ما يستهلكه النبات من ماء في بناء أنسجته أو ما ينتج من الأوراق إلى الهواء الخارجي وكذلك ما يفقد بالتبخر من التربة والسطوح المائية المجاورة ، أو هو

- - - - - - - - - - - - - - -
تاريخ استلام البحث 9 / 4 / 2012 .
تاريخ قبول النشر 24 / 6 / 2012 .
بحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الثاني.

الماء الذي يستهلك في عمليتي التبخر والنتح من المياه المضافة عن طريق الري او السـقيط بانواعه او ما يسهم به الماء الارضي ويعبر عنه بعمق ماء خلال وحدة زمنية (Smith واخـرون، 1996 ; AL-Omran وآخرون، 2004).

استعمل مصطلح التبخر نتح المرجعي أو القياسي Reference Evapotranspiration (ET_O) كأشارة الى معدل التبخر نتح تحت ظروف قياسية كأن يكون محصولاً مرجعياً افتراضياً ارتفاعه 0.12 م ومقاومة سطح المحصول surface resistance تساوي 70 Sm^{-1} ومعامل انعكاس يساوي 0.23 ويشابه التبخر من سطح واسع مغطى بعشب اخضر منتظم الارتفاع ذي نمو فعال وكامل التظليل لسطح التربة مع توافر ماء كاف (Smith واخرون، 1996 ; Allen وآخرون، 1998). اما مصطلح التبخر نتح الفعلي Actual Evapotranspiration (ETa) فهو يمثل الكمية الفعلية للتبخر نتح تحت ظروف النمو الطبيعية بوجود إدارة ري للمحصول المزروع بهدف الوصول الى انتاج كامل تحت ظروف مناخية معينة (Allen واخرون، 1998). ذكر Edraki واخرون (2003) ان التبخر نتح الفعلي يتوقف على رطوبة التربة وعمق الجذور الفعالة ونوع الغطاء النباتي الذي يستنفد رطوبة التربة.

اكد Kisekka واخرون (2010) ان تقييم حاصل النبات اعتماداً على كمية الماء المستهلك كتبخر نتح افضل من تقييم الحاصل اعتماداً على كمية الماء المضاف عند الري. وذلك لان كمية الماء المضاف لا تمثل بالضرورة كمية الماء المأخوذة من النبات اذ ان الماء المضاف قد يفقد جزءاً منه كسيح سطحي أو رشح خارج منطقة الجذور في حين ان الماء المستهلك كتبخر نتح يمثل كمية الماء الممتصة من النبات التي ترجع الى الجو كنتح، فضلاً عن مايفقد من التربة كتبخر، وهذا مرتبط بنمو وتطور النبات. ذكر الظفيري وعوده (1998) ان الموازنة المائية تتطلب معرفة التبخر نتح ET اليومي كمبدأ أساسياً وان وقت تقديره يعطي دقة اعظم في حسابات ماء التربة وتصميم نظام الري وإدارة المحصول والدراسات الهيدرولوجية.

يحدد عامل المحصول crop factor (Kc) ما اذا كانت قيمة التبخر نتح المحصولي تساوي أو تزيد عن قيمة التبخر نتح القياسي المقدرة بوساطة البيانات المناخية. وان نسبة التبخر نتح الفعلي الى التبخر نتح المرجعي تنتج عامل المحصول. تختلف قيم عامل المحصول بأختلاف المحصول ومراحل نموه وكثافة الزراعة والظروف المناخية وطول موسم النمو وطريقة الري المستعملة، ويكون هذا العامل قليل القيمة في بداية موسم النمو اذ تكون النباتات صغيرة وتغطي مساحة محدودة في الحقل وتزداد قيمته عندما تغطي النباتات الارض بشكل كامل (AL-Omran وآخرون، 2004 ; Kisekka وآخرون، 2010). استعمل فهد واخرون (2002) معادلة التوازن المائي لتحديد التبخر نتح الفعلي ETa من متابعة الاستنزاف الرطوبي للتربة ولعمق 1م وقياس عوامل الموازنة المائية الاخرى، وتم حساب عامل المحصول من الاستهلاك المائي الفعلي والمرجعي ولكل مرحلة من مراحل نمو النبات. اجرى مهدي واخرون (2010) حساب عامل المحصول من الاستهلاك المائي الفعلي والمرجعي ولكل مرحلة من مراحل نمو النبات، وكان عامل المحصول ذي قيمة منخفضة في مرحلة الانبات ثم اخذ بالزيادة في المرحلتين اللاحقة ثم عاد لينخفض في مرحلة الحصاد. كذلك يتاثر عامل المحصول بطريقة الري المتبعة فإذا كانت المساحة كلها مبتلة كما هو الحال في الري بالرش فأن قيمة عامل المحصول تبدأ كبيرة، وإذا كانت التربة مبتلة جزئيا كما هو الحال في ري التنقيط فان قيمة المعامل تبدأ صغيرة (Smith وآخرون، 1996). تم تقليل الضائعات المائية الى الحد الادنى باتباع نظم ري غير تقليدية كري التنقيط فأنخفض الاستهلاك المائي واصبح النتح هو المسؤول عن الاستهلاك المائي اذ قل التبخر من سطح التربة وبشكل كبير، فضلا عن ان كمية الماء المستخدمة محدودة اذ ان السعة المائية لنظام ري التنقيط تكون معتمدة على اقصى نتح متوقع عند ذروة الاستهلاك المائي ومن ذلك يتم تحديد اوقات الري وحاجات سعة المنظومة (AL-Khafaf وآخرون ،

1978). أوضح Howell وآخرون (1997) عند مقارنة نظام ري بالتنقيط ونظام ري بالرش، ان الحاجات المائية للري بالتنقيط اقل بسبب الابتلال الجزئي للتربة وانخفاض فواقد التبخر وفواقد الرشح العميق وانعدام الجريان السطحي، فضلا عن التحكم بتجهيز الماء والتوزيع الجيد للرطوبة في منطقة الجذور. وجد Schnider وآخرون (2001) عند مقارنة نظامي ري رش صغير Spray وري التنقيط تحت السطحي ان الاستهلاك المائي للنبات قد اختلف بشكل معنوي، فحقق نظام ري تنقيط تحت السطحي اقل استهلاك مائي بسبب انخفاض ضائعات التبخر من سطح التربة. اكد Howell وآخرون (1997) أن الاستهلاك المائي للنبات قد اختلف بأختلاف نظم الري المستخدمة في تجهيز الماء، فبلغ الاستهلاك المائي للنبات 4 مم. يوم$^{-1}$ لنظام ري تنقيط تحت سطحي في حين بلغ 11 مم. يوم$^{-1}$ لنظام ري تنقيط سطحي. لاحظ Acar و Paksoy (2006) في دراسة لتاثير نظم ري مختلفة كري التنقيط والرش والمروز على بعض صفات وانتاج اللهانة الحمراء في تركيا، ان الاستهلاك المائي اختلف باختلاف نظم الري، وقد بلغ الاستهلاك المائي 326 و337 و380 مم.موسم$^{-1}$ لنظم ري التنقيط والرش والمروز بالتتابع. يهدف البحث الى تقييم الاستهلاك المائي الفعلي والاستهلاك المائي المرجعي وعامل محصول اللهانة عند مراحل نمو النبات المختلفة ولموسم نمو كامل باستعمال نظم ري صغيرة Micro-Irrigation ومقارنة ذلك بنظام ري مروز تقليدي.

المواد وطرائق البحث

اجريت تجربة حقلية في الجزء الشمالي من بغداد في الموسم الخريفي 2009. تقع منطقة الدراسة عند خط عرض 33 شمالاً وخط طول 45 شرقاً وارتفاع 26 م فوق مستوى سطح البحر. وصفت تربة الحقل مورفولوجياً وصنفت التربة بانها رسوبية ذات نسجة مزيجة غرينية مصنفة تحت المجموعة *Typic Torrifluvent*. اخذت نماذج تربة من الحقل ومن العمقين 0-0.3 و 0.3-0.6 م. جففت النماذج في المختبر هوائياً، ومزجت بشكل منفرد ثم نعمت بوساطة مطرقة خشبية ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم. حللت النماذج ولكل عمق لتقدير النسجة بطريقة الماصة (Day ، 1965). قدرت كثافة التربة الظاهرية بطريقة الاسطوانة المعدنية Core Sample كما وردت في Blake و Hartge (1986). حلل محتوى التربة من المادة العضوية بطريقة Black و Walkey (Nelson و Sommer، 1982). كذلك قدرت بعض الخصائص الكيميائية الاخرى لنماذج التربة ولكل عمق من الاعماق المحددة مسبقاً، اذ قدرت الايصالية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة EC_e والاس الهيدروجيني pH. يبين جدول 1 بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل قبل الزراعة.

قدرت سعة احتفاظ التربة بالماء عند جهود مائية مختلفة بين 0.1 و1500 كيلو باسكال. استعمل جهاز Sintered Class Funnels للجهود 0.1 و 2.5 و 5 و 10 كيلو باسكال وجهاز اقراص الضغط (pressure plate) للجهود 33 و100 و500 و 1000 و1500 كيلو باسكال. تم حساب محتوى الماء الجاهز من الفرق بين المحتوى الرطوبي الحجمي عند جهد الماء 33 كيلوباسكال والمحتوى الرطوبي الحجمي عند الجهد 1500 كيلوباسكال (جدول 1).

استعملت اربعة نظم ري في التجربة، اذ شملت ري رش صغير Micro-Sprinkler Irrigation (MSI). وري تنقيط سطحي Drip Irrigation (DI). وري تنقيط تحت سطحي Sub Surface Drip Irrigation (SDI). وري المروز Furrow Irrigation (FI). نفذت التجربة على وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة RCBD وبأربعة مكررات، ووزعت المعاملات على الالواح التجريبية عشوائياً. قسمت المساحة المحددة للتجربة الى الواح ابعادها 6×4 م. قسم كل لوح الى 3 مروز للزراعة بأربعة مصاطب ووضعت المروز والمصاطب بالاتجاة الطولي للوح. اذ بلغ طول المرز 6 م وعرض 0.50 م وبعمق 0.2 م والمسافة بين مرز واخر 0.75 م. وان عدد خطوط الزراعة 6 خطوط لكل معاملة. تركت مسافة ثلاثة امتار طولياً وعرضياً وذلك لمنع تداخل معاملات

الري مع بعضها البعض. حللت بيانات التجربة احصائياً طبقاً لطريقة تحليل التباين باستخدام برنامج SAS (2001) واجريت المقارنات بين المتوسطات الحسابية وفقاً لاختبار اقل فرق معنوي LSD وعند مستوى احتمال 0.05.

جدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل قبل الزراعة.

الصفة	الوحدة	عمق التربة (م) 0 ـ 0.3	عمق التربة (م) 0.3 ـ 0.6
الرمل	غم.كغم$^{-1}$	261	133
الغرين	غم.كغم$^{-1}$	536	457
الطين	غم.كغم$^{-1}$	203	410
صنف نسجة التربة		مزيجة غرينية	طينية
كثافة التربة الظاهرية	ميكاغرام. م$^{-3}$	1.41	1.61
كثافة التربة الحقيقية	ميكاغرام. م$^{-3}$	2.63	2.65
المحتوى الرطوبي الحجمي عند الاشباع	سم^3.سم$^{-3}$	0.464	0.392
المحتوى الرطوبي الحجمي عند جهد ماء 33 كيلوباسكال	سم^3.سم$^{-3}$	0.232	- -
المحتوى الرطوبي الحجمي عند جهد ماء 1500 كيلوباسكال	سم^3.سم$^{-3}$	0.111	- -
الماء الجاهز	سم^3.سم$^{-3}$	0.121	- -
معادن الكاربونات	غم.كغم$^{-1}$	264.0	190.0
الايصالية الكهربائية (EC)	ديسيسمنز.م$^{-1}$	3.55	3.20
الاس الهيدروجيني pH		7.76	7.64
السعة التبادلية للايونات الموجبة	سنتمول+.كغم$^{-1}$	350	- -
المادة العضوية	غم.كغم$^{-1}$	1.86	1.24

تكونت منظومة الري من خزان ماء بسعة 72 م^3 ومضخة ماء قدرتها 6.5 حصان وصمامات للتحكم بفتح وغلق الماء فضلا عن التحكم بالتصريف المائي واجهزة لقياس الضغط عند التشغيل وعدادات الماء ومرشح قرصي وانبوب رئيس قطره 0.063 م وانابيب فرعية قطرها 0.05 م تجهز الماء الى نظم الري الاربعة المستعملة في التجربة. استعملت في التجربة منظومة صغيرة للري بالرش الرذاذي نوع دلتا. اذ تحتوي على مرشات صغيرة تصريفها المائي قليل بحدود 30 لتر.ساعة$^{-1}$. يبلغ ارتفاع المرشة 0.4 م وقطر التبلل عند التشغيل 3.2 م. استعملت ستة انابيب لمعاملة ري التنقيط السطحي تحتوي على منقطات حلزونية داخلية نوع GR معادلة للضغط ذات تصريف مائي 8 لتر.ساعة$^{-1}$ بلغت المسافة بين منقط واخر0.40 م وطول انبوب التنقيط 6 م وقطره 0.016 م والمسافة بين انبوب واخر 0.65 م. استعملت انابيب شريطية نوع T-Tape لمعاملة ري التنقيط تحت سطحي قطرها 0.016 م. تحتوي على منقطات تعمل تحت ضغط مائي قليل، وتصريف 1.75 لتر. ساعة$^{-1}$ للمنقط. جهزت الوحدات التجريبية باربعة عشر انبوب شريطي بطول 6 م والمسافة بين انبوب شريطي واخر 0.3 م والمسافة بين منقط واخر 0.2 م. أضيفت مياه الري لمعاملة ري المروز عن طريق انابيب فيها فتحات لتجهيز الماء، رتبت الفتحات بحيث يكون لكل مرز فتحة خاصة به هذه الفتحات مجهزة بصمام للتحكم بتصريف الماء قطره 0.016 م، وقد تم معايرة الصمام عند 20 لتر. دقيقة$^{-1}$.

اجريت عدة اختبارات لتقييم التصريف المائي وتناسق توزيع المياه تحت منقطات منظومة ري التنقيط السطحي والتنقيط تحت السطحي باستخدام ضغوط تشغيل مختلفة (200 و 300 و 400 كيلوباسكال). بلغ اعلى معامل تجانس لتوزيع المياه (الانتظامية) واقل نسبة تغاير في تصريف المنقطات عند ضغط تشغيلي 300 كيلو باسكال. كذلك اجريت اختبارات تقييم منظومة ري الرش الصغير اذ اظهرت ان عدد المرشات المستعملة وشكل ترتيبها داخل الوحدة التجريبية والضغط

التشغيلي المستعمل كان عند اعلى قيم لكفاءة تجانس التوزيع وكفاءة الاضافة والكفاءة الاجمالية وكفاءة تجانس التوزيع للربع الاقل عند استعمال تسع مرشات موزعة داخل الوحدة التجريبية بترتيب شكل مثلث متساوي الساقين اذ كانت المسافة بين المرشات S تساوي 1.6 م والمسافة بين خطوط الرش L تساوي 0.8 م والمسافة بين المرشات بين خطوط الرش 1.13 م وبلغت نسبة التداخل بين مساحات التبلل للمرشات المتجاورة 80% اذ كان قطر الرش للمرشة الواحدة 2.56 م وذلك عند الضغط التشغيلي 300 كيلوباسكال. وتعد هذه مواصفات تصميمية لنظم الري الصغير المستعملة في هذه التجربة.

اجريت عملية الري بعد استنفاد 50-55% من الماء الجاهز، وحسبت كمية ماء الري في كل رية اعتماداً على قياسات المحتوى الرطوبي للتربة قبل الري. لقد استعملت الطريقة الوزنية لتقدير المحتوى الرطوبي للتربة، وتم ايجاد المحتوى الرطوبي الحجمي عند العمق والزمن المحددين ومن بيانات حسابات الطريقة الوزنية استعملت المعادلة التي وردت في Allen وآخرين (1998) لحساب عمق الماء الواجب اضافته لتعويض الرطوبة المستنفدة.

$$d = \left(\theta_{fc} - \theta_{w}\right) \times D \qquad [1]$$

إذ ان: d = عمق الماء المضاف (سم). و θ_{fc} = الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية(سم^3.سم$^{-3}$). و θ_{w} = الرطوبة الحجمية قبل اجراء الري(سم^3.سم$^{-3}$) بعد استنفاد 50-55% من الماء الجاهز. و D = عمق التربة وهو يساوي عمق المجموع الجذري الفعال (سم).

كذلك تمت مراقبة جهد ماء التربة المرافق لتغير المحتوى الرطوبي للتربة من خلال استعمال مجموعة من التنشوميترات Tensiometer وزعت التنشوميترات في اربع وحدات تجريبية تمثل معاملات التجربة المختلفة وذلك بوضع عدد اثنين من التنشوميترات في كل معاملة. وضع احد التنشوميترات في العمق 0.3 م، والاخر في العمق 0.6 م اخذت قراءات مستمرة لمقياس الشد الرطوبي. حفر بئران بعمق 2.10 م وقطر0.1 م في موقعين مختلفين من الحقل وذلك لمراقبة منسوب وتذبذب الماء الارضي وخلال مدة اجراء التجربة. اذ اخذت قراءتان لمنسوب الماء الارضي اسبوعياً وبلغ متوسط عمق الماء الارضي طوال مدة التجربة 1.36 م.

قدر الاستهلاك المائي الفعلي ETa للهانة باستعمال معادلة التوازن المائي كما وردت في Allen واخرون (1998).

$$ET_a = I + P + C \mp \Delta S \qquad [2]$$

اذ ان: ET_a = التبخر نتح الفعلي (مم) و I = عمق ماء الري المضاف (مم) و P= عمق ماء المطر (مم) وC = ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية (مم) و ΔS= خزين التربة الرطوبي عند بداية ونهاية الموسم. تمت متابعة تغير الخزين الرطوبي للتربة من قياسات مستمرة للمحتوى الرطوبي للتربة خلال موسم النمو قبل الري وبعده. اما الثابت C والذي يمثل ارتفاع الماء الشعري من منسوب الماء الارضي فقد تم تقديره باتباع الطريقة المقترحة من قبل Hardarson (1990) بعد ان تم ايجاد قيم الايصالية المائية كدالة للمحتوى الرطوبي $K(\theta)$ بالطريقة الموصوفة من قبل Libardi (1980) وذلك بتطبيق المعادلة الاتية:

$$K\left(\theta\right) = K_{o} \exp\left[\beta\left(\theta_{o} - \theta\right)\right] \qquad [3]$$

إذ ان: K(θ)= الايصالية المائية غير المشبعة كدالة للمحتوى الرطوبي الحجمي وK$_o$= الايصالية المائية عند الاشباع (م.يوم$^{-1}$) و θ$_o$= المحتوى الرطوبي الحجمي عند الاشباع(سم^3.سم$^{-3}$) و θ= المحتوى الرطوبي الحجمي عند مدد زمنية مختلفة (سم^3.سم$^{-3}$) و β ثابت تجريبي.

استعملت قراءات التنشومترات الموجودة في الحقل في حساب انحدار جهد الماء $\left(\frac{dH}{dZ}\right)$.

وضعت بيانات K(θ) وبيانات $\left(\frac{dH}{dZ}\right)$ في معادلة دارسي لحساب تدفق الماء الشعري q (مم.ثا$^{-1}$) في الحقل:

$$q = -K(\theta)\frac{dH}{dZ} \qquad [4]$$

وعند حساب كمية التدفق q خلال مدد مختلفة هي المدة بين رية واخرى عندئذ يتم حساب مساهمة الماء الارضي C (مم) في معادلة التوازن المائي (معادلة2) بتطبيق المعادلة الاتية:

$$C = \sum q \times \Delta t \qquad [5]$$

اذ ان: t المدة الزمنية بين رية واخرى (يوم).

قدر التبخر نتح المرجعي (الاستهلاك المائي المرجعي) ET$_o$. بأستعمال معادلة بنمان- مونتيث Penman –Monteith لمنظمة الاغذية والزراعة الدولية FAO ذات الصيغة المعدلة الاتية (Allen واخرون، 1998).

$$ET\circ = \frac{\left(0.408 \times \Delta(Rn - G) + \gamma\left(\frac{900}{T+273}U_2(ea - ed)\right)\right)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \qquad [6]$$

اذ ان: ET$_o$ = التبخر نتح المرجعي (مم. يوم$^{-1}$). وRn = صافي الاشعاع عند سطح المحصول (ميكا جول. م$^{-2}$. يوم$^{-1}$). و G = تدفق حرارة التربة (ميكا جول .م$^{-2}$. يوم$^{-1}$). و T= متوسط درجة حرارة الهواء اليومي عند ارتفاع 2 م (°م). وU$_2$ = سرعة الريح مقاسة عند ارتفاع 2 م (م. ثا$^{-1}$). وea = ضغط البخارالمشبع (كيلوباسكال). وed = ضغط البخارالحقيقي (كيلوباسكال). وea-ed = النقص في ضغط البخار (كيلوباسكال). و∆= انحدار منحنى ضغط البخار (كيلوباسكال . °م). وγ= الثابت السايكروميتري (كيلوباسكال . °م). و900 = عامل تحويل. ولحساب المتغيرات الموجودة في المعادلة 6 استعمل برنامج حاسوب Crop wat لهذا الغرض ومن ثم حساب قيمة ET$_o$ (Smith وآخرون ، 1998).

حسب عامل المحصول من نسبة التبخر نتح الفعلي ET$_a$ (مم)، (الاستهلاك المائي الفعلي للهانة) الى التبخر نتح المرجعي ET$_o$ (مم) باستعمال المعادلة الأتية (Allen وآخرون ، 1998).

$$Kc = \frac{ET_a}{ET_o} \qquad [7]$$

اذ ان: Kc = عامل المحصول (بدون وحدات).

النتائج والمناقشة

تبين النتائج في جدول 2 عوامل معادلة التوازن المائي (معادلة 2) التي استخدمت في تقدير الاستهلاك المائي الفعلي ET_a للهانة. اختلفت قيم ET_a باختلاف نظم الري المستخدمة وكان اعلى استهلاك مائي للهانة عند معاملة ري الرش الصغير اذ بلغ 406 مم.موسم$^{-1}$ في حين انخفضت قيم ET_a لتبلغ 393 مم.موسم$^{-1}$ في معاملة ري المروز، وبلغت نسبة الانخفاض 3% عن ري الرش الصغير. ان زيادة الاستهلاك المائي للهانة في معاملة ري الرش الصغير قد تعزى الى زيادة التبخر من التربة ومن المرشات اثناء عملية الرش (Acar و Paksoy ، 2006). في معاملة ري التنقيط السطحي انخفضت قيم ET_a لتبلغ 381 مم.موسم$^{-1}$ وبلغت نسبة انخفاض الاستهلاك المائي عن معاملتي ري الرش الصغير وري المروز 6% و3% بالتتابع. ان هذا الانخفاض في الاستهلاك المائي قد يكون سببه الاختلاف في موضع اضافة ماء الري اذ يكون محدد بمساحة التبلل التي تحيط المنقط ونمط التوزيع الرطوبي تحت المنقط وكمية الماء المضافة وعدد الريات المنفذة في التجربة. اما معاملة ري التنقيط تحت السطحي فقد اعطت اقل استهلاك مائي للهانة بالمقارنة مع نظم الري الاخرى اذ بلغ 365 مم.موسم$^{-1}$، وان نسبة انخفاض الاستهلاك المائي لهذه المعاملة عن معاملات ري الرش الصغير وري المروز والتنقيط السطحي 10% و 7% و 4% بالتتابع. ان اسباب انخفاض الاستهلاك المائي لمعاملة ري التنقيط تحت السطحي عن معاملات الري الاخرى قد تعزى الى طريقة اضافة ماء الري عند جذور النبات الفعالة، اذ تكون مساحة التبلل محددة بحجم التربة المحيطة بانبوب التنقيط تحت السطحي وان حجم الترطيب وقطر الابتلال في التنقيط تحت السطحي كانت داخل جسم التربة تحت السطح مباشرةً في المنطقة الجذرية دون ترطيب سطح التربة لذا قل التبخر من سطح التربة مما انعكس على الاستهلاك المائي للنبات. في الوقت نفسه يكون الرشح الجانبي والتخلل العميق قليل جداً والجريان السطحي غير موجود (Kouman وآخرون ، 2003 ; Del Amor و Del Amor ، 2007).

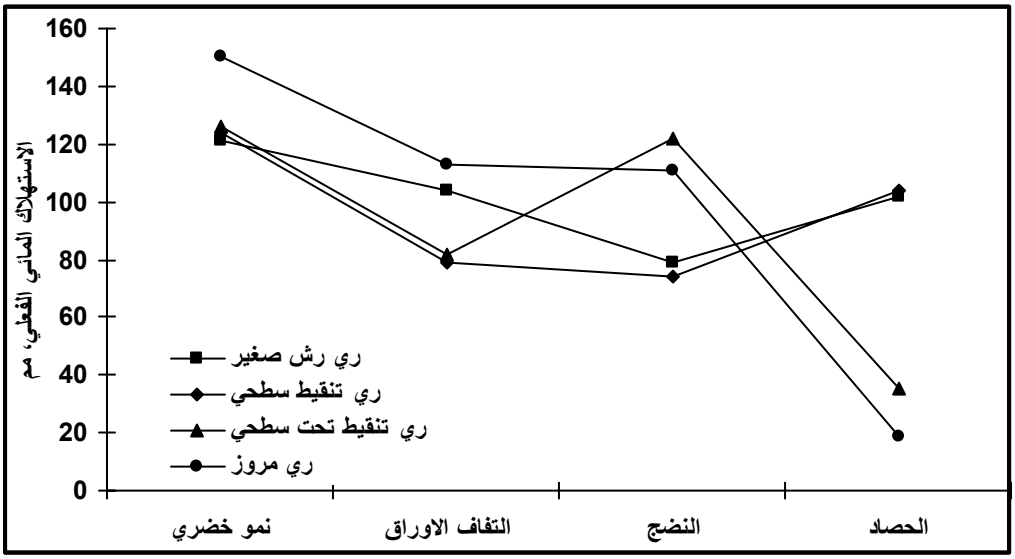
جدول 2. عوامل معادلة التوازن المائي (معادلة 2) لمعاملات نظم ري اللهانة.

معاملات الري	عدد الريات	عمق ماء الري المضاف مم.موسم$^{-1}$	عمق المطر (مم)	مساهمة الماء الارضي مم.موسم$^{-1}$	عمق الخزين الرطوبي (مم)	الاستهلاك المائي الفعلي مم.موسم$^{-1}$
ري رش صغير	**14**	**342**	**35**	**6**	**23**	**406**
ري تنقيط سطحي	**19**	**346**	**35**	**8**	**-8**	**381**
ري تنقيط تحت سطحي	**13**	**346**	**35**	**9**	**-25**	**365**
ري مروز	**15**	**347**	**35**	**8**	**3**	**393**

اسهم منسوب الماء الارضي في تغذية منطقة انتشار جذور النبات بالماء واسهم في تلبية الحاجات المائية للهانة. واختلف عمق مساهمة الماء الارضي باختلاف نظم الري (جدول 2). وقد تراوح عمق المساهمة من 6 الى 9 مم.موسم$^{-1}$. وكانت اعلى مساهمة ماء ارضي في معاملة ري التنقيط تحت السطحي اذ بلغت نسبة المساهمة من الاستهلاك المائي الفعلي 2.5%. واقل مساهمة في معاملة ري الرش الصغير اذ بلغت نسبة المساهمة 1.5%. ادت معاملة ري التنقيط تحت السطحي الى زيادة تعمق جذور النبات ومن ثم استخلاص كميات من المياه الارضية لتلبية الحاجات المائية للنبات، ومع تقدم عمر النبات ازداد تطور وامتداد الجذور لاسيما في مرحلتي النضج وتكوين الحاصل فزادت مساهمة الماء الارضي (Cuenca وآخرون ، 1997 ; فهد وآخرون ، 2002). قد تكون مساهمة الماء الارضي في كمية الاستهلاك المائي الكلي للهانة قليلة نسبياً ولكنها مؤثرة في حسابات التوازن المائي. ويعزى السبب في ذلك الى عمق المجموع الجذري للهانة اذ انه من النوع الضحل وقليل

التعمق واقصى عمق وصلته الجذور في هذه التجربة بلغ 0.6 م لذا فان نسبة استخلاص كميات مـن الماء الارضي لتلبية الحاجات المائية للنبات تكون محدودة، فضلاً عن ان موسم نمو النبات كان خلال الاشهر الباردة من السنة (تشرين ثاني وكانون اول وكانون ثاني) واغلب درجـات الحـرارة كانـت منخفضة مما قلل من التبخر من سطح التربة وقلل من حركة الماء الارضي الى اعلى. عمومـاً تعـد حسابات كمية الماء الارضي المستهلكة من قبل النبات مهمة لانها تشكل جزءاً من الاستهلاك المـائي الكلي للنبات.

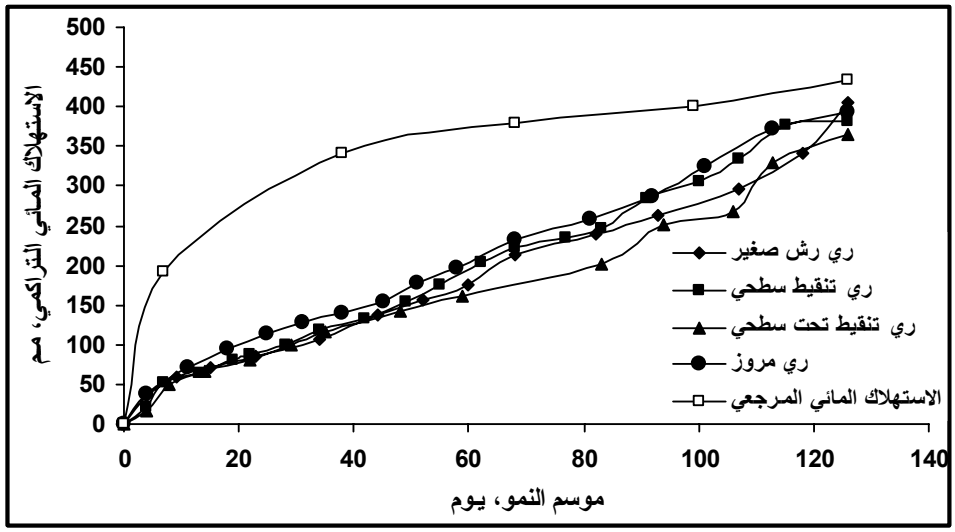
تبين النتائج في شكل 1 الاستهلاك المائي الفعلي خلال مراحل نمو اللهانة الأربع وهي مرحلة النمو الخضري والتي بلغت مدتها 30 يوماً والتفاف الاوراق ومدتها 35 يوماً والنضج 31 يوماً والحصاد 30 يوماً ولنظم الري المختلفة. وقد حددت مدة كل مرحلة استناداً الى Doorenbos و Kassam (1979). اختلفت قيم ET_a باختلاف مراحل نمو اللهانة وبلغت اعظمها خلال مرحلتي النمو الخضري والنضج في معاملتي ري التنقيط تحت السطحي وري المروز اذ بلغت 126 و 150 مم خلال مدة مرحلة النمو الخضري، و122 و 111 مم خلال مدة مرحلة النضج بالتتابع. ان هذه الزيادة قد تعزى الى زيادة التبخر من التربة والنتح من النبات بسبب ارتفاع درجات الحرارة وتأثير الرياح اذ ان مرحلة النمو الخضري كانت خلال شهري ايلول وتشرين الاول مما سبب فقدان الرطوبة خلال ساعات النهار والليل. كذلك كان الاستهلاك المائي الفعلي في مرحلة النضج مرتفعاً وذلك لحاجة النبات الى الماء والغذاء لبناء الانسجة والنمو وزيادة الحجم وخزن الغذاء (Acar و Paksoy ، 2006). اما معاملتي ري الرش الصغير وري التنقيط السطحي فقد بلغت اعلى قيم ET_a خلال مدة مرحلتي النمو الخضري والحصاد اذ بلغت 121 و 102 مم لمعاملة ري الرش الصغير، و124 و 104 مم لمعاملة ري التنقيط السطحي بالتتابع. ان زيادة الاستهلاك المائي في مرحلة الحصاد لهاتين المعاملتين قد تعزى الى زيادة حاجة النبات الى الماء لاكمال التكوين النسيجي للنبات وبداية تكوين الازهار والبذور، ففي نباتات الخضر الورقية كاللهانة هنالك مرحلتان مهمتان من مراحل النمو وهما مرحلة النمو الخضري ومرحلة الحصاد الاخضر التي تسبق مرحلة تكوين البذور اذ يكون انتقال العناصر الغذائية في قمته وتزداد حاجة النبات في هذه الفترة الى الماء والغذاء (Doorenbos و Kassam ، 1979 ; Haisheng وآخرون ، 2008). لقد بين كل من Pradhan وآخرين (2007) ; Bozkurt وآخرين (2009) دور الري في توفير الرطوبة المناسبة للنمو والعناصر الغذائية في



شكل 1. الاستهلاك المائي الفعلي خلال مراحل نمو اللهانة ولنظم ري مختلفة .

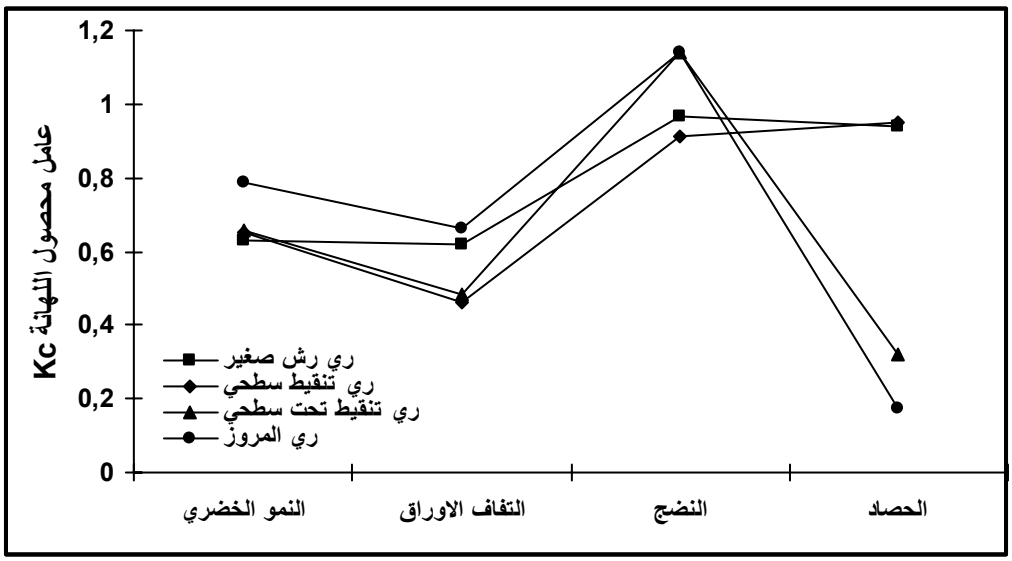
مرحلتي النمو الخضري والحصاد الأخضر إذ لاحظوا زيادة في نسبة النتروجين والأحماض الامينية والبروتينات داخل النبات خلال هاتين المرحلتين من دورة نمو النبات، وهذا يفسر سبب ارتفاع قيم الاستهلاك المائي خلال مرحلتي النمو الخضري والحصاد الأخضر.

تبين النتائج في شكل 2 التبخر نتح الفعلي التراكمي ET_a لمعاملات ري الرش الصغير والتنقيط السطحي وتحت السطحي وري المروز، والتبخر نتح المرجعي التراكمي ET_0 المحسوب من معادلة Penman-Monteith المعدلة (معادلة 6) خلال موسم نمو اللهانة الذي امتد 126 يوماً. اظهرت النتائج ان معدلات التبخر نتح المرجعي كانت اعلى خلال مراحل نمو النبات بالمقارنة مع قيم التبخر نتح الفعلي للمعاملات كافة، وبلغت قيمة ET_0 التراكمية عند نهاية موسم النمو 434 مم.موسم$^{-1}$ في حين اعطت معاملات الري قيم ET_a تراكمية اقل (جدول 2). يعزى سبب زيادة قيم ET_o عن قيم ET_a الى ان قيم التبخر نتح المرجعي المقدرة من معادلة بنمان مونتيث المعدلة تكون مرتبطة بشكل كبير بدرجات حرارة الهواء ونسبة تشبع الهواء بالرطوبة وسرعة الرياح وعدد ساعات سطوع الشمس، اذ بلغت القيم المقدرة من معادلة 6 خلال اشهر ايلول وتشرين اول وتشرين ثاني وكانون اول وكانون ثاني 191 و 150 و 37 و 23 و 33 مم.شهر$^{-1}$ بالتتابع. هذا الارتفاع في القيم يعد مقبولاً بسبب اختلاف عوامل المعادلة والية تطبيقها، اذ اثبتت الدراسات السابقة انه لا توجد معادلة اعتمدت البيانات المناخية لتقدير التبخر نتح قادرة على التنبؤ وبشكل دقيق عن معدلات التبخر نتح تحت ظروف مناخية مختلفة وذلك بسبب التبسيط في صياغة المعادلة والخطأ في قياس البيانات المناخية، ومن المحتمل ان الاجهزة الدقيقة تحت الظروف البيئية الممتازة والإدارة البيولوجية قد تسبب انحرافاً لمعادلة بينمان– مونتيث المعدلة في اوقات عن القياسات الحقيقية للتبخر نتح المرجعي للعشب، اذ ترجع الى التباين في ارتفاع العشب الذي تم قياسه والتغاير في دليل المساحة الورقية LAI ومساحة السطح الخشن الذي يتحكم في انتقال الحرارة. وعند تقييم النتائج يجب ملاحظة العوامل البيئية المحلية والادارية مثل فترات اضافة الماء التي تؤثر ايضاً في قيم ET_0 ، ونتيجةً لأختلاف طرق التعبير عن المتغيرات المناخية في المعادلات تتغير قيم التبخر نتح لكل محصول باختلاف البيانات المناخية وعوامل النبات المزروع (Allen وآخرون ، 1998 ; Tzimopoulos وآخرون ، 2008). اما قيم ET_a فانها تمثل التبخر نتح الفعلي المتعلقة بعوامل النبات الفسلجية والبيئية كمساحة الاوراق والية فتح وغلق الثغور خلال ساعات النهار والليل وعوامل التربة المائية كسعة التربة على مسك الماء (Allen وآخرون ، 1998).



شكل 2. التبخر نتح الفعلي التراكمي (ET_a) للهانة تحت نظم ري مختلفة والتبخر نتح المرجعي التراكمي (ET_0) المحسوب من معادلة بنمان- مونتيث المعدلة معادلة 6 .

تبين النتائج في شكل 3 قيم عامل محصول اللهانة خلال مراحل النمو الاربعة (النمو الخضري والتفاف الاوراق والنضج و الحصاد) المحسوب من معادلة 7. اختلف عامل المحصول باختلاف مراحل النمو اذ كانت اعلى قيمة له عند مرحلة النضج. بلغت قيم عامل المحصول في مرحلة النمو الخضري خلال شهري ايلول وتشرين اول 0.630 و 0.649 و 0.656 و 0.788 لمعاملات ري الرش الصغير والتنقيط السطحي وتحت السطحي وري المروز بالتتابع. انخفض عامل المحصول في مرحلة التفاف الاوراق (نهاية تشرين اول وتشرين ثاني) فبلغ 0.617 و 0.464 و0.482 و0.665 لمعاملات الري بالتتابع. من بعد ذلك ازداد عامل المحصول خلال نهاية تشرين ثاني وكانون اول (مرحلة النضج) لكافة معاملات الري ليصل الى اقصى قيمة له 0.965 و0.910 و1.141 و1.140 لمعاملات الري بالتتابع. ثم انخفض في شهر كانون ثاني (مرحلة الحصاد) لكافة المعاملات ليبلغ 0.938 و0.950 و0.322 و0.172 بالتتابع. لم يظهر شكل 3 اي تأثير معنوي في قيم عامل المحصول لنظم الري خلال شهري ايلول وتشرين اول. وكانت قيم عامل المحصول عالية مقارنة مع المرحلة اللاحقة ويعزى السبب الى ارتفاع قيم الاستهلاك المائي الفعلي خلال هذه المدة لارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر من سطح التربة، في حين انخفضت قيم عامل المحصول في مرحلة التفاف الاوراق، بسبب اختلاف طرائق اضافة الماء للنبات واختلاف قيم الاستهلاك المائي الفعلي لهذه المعاملات خلال هذه المدة وانخفاض كمية التبخر نتح الفعلي لهذه المرحلة (AL-Rawahy واخرون، 2004). ازدادت قيم عامل المحصول لكافة نظم الري عند مرحلة النضج وهذا يعزى الى نمو اللهانة بصورة كبيرة عند توافر كميات من الرطوبة قريبة من السعة الحقلية وزيادة حاجة النبات الى الماء والغذاء لتلبية متطلبات هذه المرحلة المهمة من النمو، اذ ازداد تغلغل الجذور في التربة وازداد حيز حجم التربة الذي يقوم بخزن الماء ومن ثم تجهيزه الى جذور النبات فازداد الاستهلاك المائي الفعلي مما انعكس في قيمة عامل المحصول (فهد وآخرون ، 2002 ; مهدي وآخرون ، 2010). عند احتساب عامل المحصول لموسم نمو كامل للهانة ولمدة 126 يوماً بالاعتماد على قيم ET_a التراكمي لنظم الري وقيم ET_0 التراكمي، اظهرت ان عامل المحصول قد اختلف باختلاف نظم الري اذ بلغ 0.94 و 0.88 و 0.84 و 0.91 لمعاملات ري الرش الصغير والتنقيط السطحي والتنقيط تحت السطحي وري المروز بالتتابع. لقد جاءت قيم عامل محصول اللهانة هذه مقاربة لمديات عامل المحصول الواردة في دراسات استجابة الحاصل للماء الصادرة عن منظمة الاغذية والزراعة الدولية FAO (Doorenbos و kassam ، 1979).



شكل 3. عامل محصول اللهانة خلال مراحل النمو لمعاملات نظم الري .

يستنتج من هذه التجربة ان نظم الري قد اثرت في الاستهلاك المائي الفعلي للهانة فانخفضت قيم ET_a في معاملتي ري التنقيط السطحي والتنقيط تحت السطحي بما يقارب 3 الى 7% عن نظام ري مروز تقليدي، مما انعكس على عامل محصول اللهانة الذي انخفضت قيمه في معاملتي الري هذه. وفي الوقت نفسه بلغت اعلى قيم عامل المحصول في مرحلة النضج ولكافة نظم الري المستعملة.

المصادر

الظفيري، عبد الله علي احمد ومهدي ابراهيم عوده. 1998. تقييم طرق ومعادلات حساب التبخر نتح. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 29(1): 11-20.

فهد، علي عبد و رمزي محمد شهاب و عبد الحسين وناس علي و علي عباس محمـد. 2002. ادارة ري محصول الذرة الصفراء(*Zea mays L.*) لزيادة كفاءة استخدام المياه في وسـط العـراق. المنظمة العربية للتنمية الزراعية. ص 50 – 72.

مهدي، نمير طه، رمزي محمد شهاب واميرة حنون عطية. 2010. تأثير طريقة الري ونمط الحراثة في الاستهلاك المائي للذرة الصفراء (*Zea mays* L.). مجلة العلوم الزراعية. جامعة تكريت. 10(3): 158-173.

Acar, B and M. Paksoy. 2006. Affect of different irrigation methods on red cabbage *(Brassica oleracea L*.var. capitata subvar .F. rubra) yield and some plant characteristics. *Pakistan J. Bio. Sci.* 9(13): 2531- 2534, ISSN 1028- 8880.

AL- Khafaf, S., P.J. Wierenga and B.C. Williams.1978. Evaporative flux from irrigated cotton field as related to leaf area index. Soil Water and Evaporative Demand. *Agron. J.* 70: 912-917.

Allen, R.G., L.S Pereira, D. Raes and M.Smith.1998. Crop evapotranspiration. FAO. Irrigation and Drainage. Paper NO. 56, FAO, Rome, Italy. P 300.

AL-Omran, A.M., F.S. Mohammed, H.M. Al-Ghobari and A.A. Alazba. 2004. Determination of evapotranspiration of tomato and squash using lysimeters in central Saudi Arabia. *Inter. Agric. Eng. J.* 13(1-2): 27-36.

AL-Rahway, S.A., H.A. Abdul Rahman and M. S. AL-Kalbani. 2004. Cabbage *(Brassica oleracea L.*) response to soil moisture regime under surface and subsurface point and line application. *Inter. J. Agric. and Bio.* 6(6): 1093-1096.

Blake, B.R and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. *In* A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd edn. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA. Madison, WI. p. 363-375.

Bozkurt, S., G.S. Mansoroglu, M. Kara and S. Onder. 2009. Responses of lettuce to irrigation levels and nitrogen forms. *African J. Agric. Res.* 4(11): 1171-1177.

Cuenca, R., D.E. Stangel and S.F. Kelly. 1997. Soil Water balance in a boreal forest. *J. Geophysical Res*. 102.(24): 355-365.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis. *In* C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis Part 1, Agron. Ser. No. 9, Am. Soc. Agron: Madison, WI. p. 545-567.

Del Amor, M.A and F.M Del Amor .2007. Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or sub-surface drip irrigation. *J. Applied Hort*. 9 (2):97-100.

Doorenbos, S.J and A. H. kassam. 1979. Yield response to Water. FAO. Irrigation and drainage. Paper No.33, FAO, Rome.pp.80-82.

Edraki, M., E. Humphreys and N.O. Connell. 2003. Soil water dynamics and the water balance for irrigation Lucerne in southern NSW. CSIRO land and water, Griffith technical report 41/03.pp.1-22.

Haisheng, H., W. Wenjie, Z. Hong, Z. Zhonghua, G. Yu, X. Huinan and Y. Xingyang. 2008. Influences of addition of different krilium in saline-sodic soil on the seed germination and growth of Cabbage. *Act Ecological Sci*. 28(11): 5338-5346.

Hardarson, G. 1990. Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationships IAEA. Vienna, Training cores series. No. 2.

Howell, T.A., A.D. Schneider and S.R. Evett. 1997. Sub-surface and surface micro irrigation of corn- southern high plains. Trans. *ASAE*. 40(3): 635-641.

Kisekka, I., K.W. Migliaccio, M.D. Dukes, B. Schaffer, J.C. Crane and K. Morgan. 2010. Evaportranspiration-based irrigation for agriculture: sources of evaportranspiration data for irrigation scheduling in Florida. University of Florida. Gainesville. AE 455.P. 4.

Kouman, S., J. W. Hopmans and L. W. Schwankl. 2003. Soil water dynamics in the root zone of a micro-sprinkler irrigated Almond Tree. ISHS 4-Th international symposium on irrigation of horticultural crops, Davis, California, USA. pp. 1-8.

Libardi, P. L., K. Reichardt, D.R. Nielsen and J.W. Biggar. 1980. Simple field methods for estimating soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 3-7.

Nelson, D.W. and L.E. Sommer. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A. L. Page (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agron. P: 539-577.

Pradhan, S.K., A.M. Nerg, A. Sjoblom, J.K. Holopainen and H.H. Tanski. 2007. Use of human urine fertilizer in cultivation of cabbage (*Brassica oleracea*) –impacts on chemical, microbial, and flavor quality. *J. Agric. and Food Chem.* 55: 8657-8663.

SAS. 2001. SAS users guide: Statistics version 6.12. Institute Inc, Cary, N.C. USA.

Schneider, A.D., T.A. Howell and S.R. Evett.2001. Comparison of SDI, LEPA, and spray irrigation efficiency. An ASAE meeting presentation. California. Paper No. 012019.pp.1-12.

Smith, M., R.G. Allen, L.S Pereira and W.O. Pruitt. 1996. Proposed revision to the FAO procedure for estimating crop water requirements. Presented at the 2nd International Symp, on Irrigation Horticulture crops, ISHS. P.18.

Smith, M., D. Clarke and K. EL-Askari. 1998. Crop Wat for windows. The FAO corrected Penman Montieth equation.

Tzimopoulos, C., L. Mpallas and G. Papaevangelou. 2008. Estimation of evapotranspiration using fuzzy systems and comparison with the blaney-criddle method. *J. Environ. Sci. and Tec*. 1(4): 181-186.

ASSESMENT OF WATER CONSUMPTIVE USE AND CROP FACTOR FOR CABBAGE *Brassica oleracea*. L UNDER DIFFERENT IRRIGATION SYSTEMS.

Nameer T. Mahdi **Hussein A. Mohammad**

***Dept. of Soil Sciences and Water Resources – College of Agriculture – University of Baghdad**
Nameer.taha@yahoo.com

ABSTRACT

Field experiment was conducted to assess the actual water consumptive use ET_a, references water consumptive use ET_0 and crop factor Kc for cabbage under micro-sprinkler irrigation (MSI), drip irrigation (DI), sub surface drip irrigation (SDI), and furrow irrigation (FI). The experiment was conducted at a farm northern of Baghdad (latitude 33 north and longitude 45 east) at autumn season 2009. The experiment was designed according to RCBD in four replications. Time of irrigation and amount of water applied were in accordance with soil moisture content and water applied up to field capacity limit. Water balance equation was used to determine ET_a for plant growth stages (vegetative growth, leaves wrap, maturity and harvest). Penman-Monteith equation was used for ET_0 estimation. Cabbage crop factor was calculated From ET_a and ET_0 for each growth stage and for each method of irrigation. The results indicated that ET_a varied with irrigation systems. ET_a were 406, 381, 365 and 393 mm.season^{-1} for MSI, DI, SDI and FI, respectively. Maximum ET_a values were at vegetative growth and maturity stages the relative values about 19% to 38% of total ET_a for all treatments. ET_a decreased about 3% to 10% for DI and SDI compared to MSI and FI. ET_a increased by 3% in MSI comparing with FI. ET_0 value was 434 mm.season^{-1} during cabbage growth season. Kc values varied with irrigation systems with 0.94, 0.88, 0.84 and 0.91 for MSI, DI, SDI and FI respectively. The maximum value of Kc occurred at maturity stage with 0.965, 0.910, 1.141, and 1.140 for irrigation treatment respectively. It is clear that micro-irrigation systems reduced cabbage ET_a at stages growth so it reflected on Kc values.

Key words: Water balance equation, micro-sprinkler irrigation, Surface and sub surface drip irrigation, furrow irrigation, water consumptive use, crop factor, cabbage.

*** Part of M. Sc. Thesis of the second author.**