

## فوائد التبخر وكفاءة وتناسق الري لنظامي الري بالرش المحوري والري بالرش الثابت

عادل خير الله الراوي  
كلية الزراعة/ جامعة الانبار

### الخلاصة

أجريت دراسة حقلية خلال عام 2007 لمقارنة فوائد التبخر من الرذاذ وكفاءة وتناسق الري بين نظامي الري بالرش المحوري والري بالرش الثابت. إذ تم تنفيذ التجربة في موقعين من محافظة الانبار. بينت نتائج الدراسة إن متوسط فوائد الرذاذ خلال سنة الدراسة تحت ظروف نظام الري بالرش المحوري بلغت 9.38% من كمية المياه، بينما كانت 13.05 بالنسبة لنظام الري بالرش الثابت. كما أوضحت نتائج الدراسة أن قيمة كفاءة الري ومعامل التناسق لكلا موقعي الدراسة كانت 90.61 و 90.90 على التوالي بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري. بينما كانت 86.95 و 80.70 بالنسبة لنظام الري بالرش الثابت.

### **Evaporation losses, efficiency and irrigation uniformity for center pivot and solid set sprinkler irrigation systems**

**A. K. Al-Rawi**  
**College of Agriculture/ Al-Anbar University**

### **Abstract**

Field study was conducted during 2007 to comparing evaporation losses, irrigation efficiency and irrigation uniformity between center pivot and solid set sprinkler irrigation systems. A study was conducted in tow locations in Al-Anbar governorate. Study result showed that evaporation losses under center pivot systems were 9.38% from total irrigation water, as compared with 13.05% under solid set systems. Also study showed that irrigation efficiency and uniformity coefficient for both locations were 90.61 and 90.90 for center pivot systems on the succession, and they were 86.95 and 80.70 for soled set sprinkler irrigation systems.

### **المقدمة**

تعد نظم الري بالرش من النظم التي دخلت القطر حديثا، حيث ازداد انتشار هذه النظم خلال السنوات العشر الأخيرة نتيجة لمشكلة شحة المياه المتنامية، فضلا عن استجابة المحاصيل الزراعية للري بهذه النظم. ونتيجة لذلك أصبحت دراسة هذه النظم ضرورة ملحة بهدف معرفة الظروف التشغيلية المثالية اللازمة لرفع كفاءة هذه النظم من خلال خفض الضائعات المائية. تتراوح الضائعات المائية في نظم الري بالرش بين 2-50%، وبما يعتمد على طبيعة النظام المستخدم والظروف الجوية في الحقل وكفاءة إدارة النظام (1). إذ غالبا ما تكون الضائعات المائية في الري خلال عمليات الخزن والنقل إضافة إلى الضائعات المائية في الحقل. وفي نظم الري بالرش ولكون نقل المياه يكون بوساطة شبكة من الأنابيب يكون الفقد في الحقل هو الأكبر من بين مصادر الفقد السابقة (2). إن الجزء الأكبر من الفقد يحصل عندما تكون قطرات المياه معلقة في الهواء بدءا من لحظة خروجها من المباتق وحتى سقوطها على الأرض (3).

ذكر (4) إن نسبة المياه المفقودة بالتبخر في نظم الري بالرش المحوري خلال الفترة من حزيران ولغاية كانون الثاني في العراق تتراوح بين 9.36 - 20.25%. إذ تؤثر الحرارة والرياح في حركة القطرات الصغيرة (الأقل من 0.3 ملم) حيث تبقى معلقة في الهواء لفترة طويلة، وبزيادة الحرارة والرياح وارتفاع المرشات عن سطح الأرض لا يصل سطح الأرض إلا نسبة قليلة من هذه القطرات (5).

غالباً ما ترتبط كفاءة الري في ظروف الري بالرش بكمية فواقد الرذاذ. إذ اقترح (4) صيغة رياضية لحساب كفاءة الري في نظام الري بالرش المحوري اعتماداً على قيمة فواقد التبخر من الرذاذ، بافتراض عدم وجود ضائعات سيح أو تخلل عميق. لأن هذا يتنافى مع فلسفة الري بالرش حسب ما ذكره (6).

ترتبط إنتاجية النباتات عادة ارتباطاً وثيقاً بتناسق الري. إذ ذكر (7) إن الإنتاج النسبي لنبات الذرة الصفراء يزداد بمقدار 6% بزيادة تناسق الري بمقدار 10%. تعتمد قيمة تناسق الري في ظروف الري بالرش على الضغط التشغيلي للنظام والظروف الجوية السائدة. حيث ذكر (8) أن قيم تناسق الري لأنظمة الري بالرش المحوري في البرتغال تتراوح بين 85 و 90%. بينما أشار (9) إن قيم معامل تناسق نظم الري بالرش المحورية العاملة في فرنسا تتراوح بين 80 و 90%. في حين ذكر (10) إن قيمة معامل التناسق لنظام الري بالرش المحوري في العراق عند ضغط تشغيلي مقداره 25 باوند/انج<sup>2</sup> وظروف رياح بسرعة 8-11 كم/ ساعة كانت بحدود 94%.

إن معرفة الضائعات المائية والظروف المسببة لها يعد مهماً في خفض نسب هذه الضائعات واختيار نوع النظام والظروف التشغيلية الأمثل، بهدف رفع كفاءة وتناسق الإرواء وصولاً إلى رفع قيمة كفاءة الري الإجمالية. تهدف هذه الدراسة إلى قياس نسب فواقد التبخر من الرذاذ لنظامي الري بالرش المحوري والري بالرش الثابت. وكذلك قياس تناسق الري وحساب كفاءة الري وكفاءة الري الإجمالية لهذين النظامين. بالإضافة إلى معرفة العلاقة بين كمية المياه المتبخرة والمسافة من مركز الجهاز بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري.

### المواد وطرائق العمل

نفذت تجربة حقلية في موقعين زراعيين في محافظة الانبار. الموقع الأول يقع إلى الشمال من قضاء راوة (220 كم غرب الرمادي)، والثاني في واحة فهيدة الواقعة جنوب قضاء القائم (340 كم غرب الرمادي). بهدف مقارنة فواقد التبخر من الرذاذ وتناسق وكفاءة الإرواء وكفاءة الري الإجمالية بين نظامي الري بالرش المحوري والري بالرش الثابت و(الملحق 1) يبين معدلات البيانات المناخية لأقرب محطة انواء جوية من موقعي الدراسة. استخدمت في هذه الدراسة منظومتي ري بالرش محوريين نوع خريف ذات الأربع اذرع والتي تروي كل منها مساحة 15 هكتار. ومنظومتي ري بالرش ثابتة تغطي كل منها مساحة 5 هكتار. حيث استخدمت منظومة محورية وأخرى ثابتة في كل موقع. و(الملحق 2) يبين موصفات النظامين المستخدمين.

تم توزيع المرشات بالنسبة لنظام الري بالرش الثابت وفق الفواصل الموصى بها من قبل وزارة الزراعة، مع مراعاة اتجاه الرياح السائدة.

تم قياس تناسق الإرواء اعتماداً على الصيغة المقترحة من قبل (11). باستخدام علب معدنية اسطوانية الشكل قطرها 13 سم وارتفاعها 20 سم. وزعت من مركز الجهاز باتجاه محيطه بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري وبواقع 11 علبة (علبة واحدة كل 20م). وباستخدام طريقة التشبيك بأبعاد (3×3م) بالنسبة لنظام الري بالرش الثابت.

استحصلت العينات لغرض قياس نسب المياه المفقودة بالتبخر باستخدام نفس العلب في أعلاه، ثم قدرت نسب المياه المفقودة بالتبخر وحسبت كفاءة الري اعتمادا على الطريقة التي اقترحها (4). ثم رسمت العلاقة بين نسبة المياه المفقودة بالتبخر والمسافة من مركز الجهاز بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري. حسبت كفاءة الري الإجمالية باستخدام الصيغة التي ذكرها (12). أجريت جميع القياسات بدءا من الساعة السابعة صباحا وفي ظروف رياح ساكنة - خفيفة. إذ تم تشغيل المنظومة مرة كل شهر خلال سنة الدراسة. كانت مدة القياس نصف ساعة بالنسبة لنظام الري بالرش الثابت ولحين إكمال ري المحور الذي وزعت فيه العلب بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري.

## النتائج والمناقشة

يبين (الجدول 1) نتائج قياس تناسق الري لنظامي الري بالرش المحوري والثابت في منطقتي راوة وفهيدة. حيث يتبين من النتائج تفوق نظام الري بالرش المحوري على نظام الري بالرش الثابت في قيم معامل التناسق التي تم الحصول عليها ولكلا الموقعين. إذ بلغت قيمة معامل التناسق لنظام الري بالرش المحوري 91.25 و 90.66 لموقعي راوة وفهيدة على التوالي، مقارنة بـ 81.08 و 80.33 لنظام الري بالرش الثابت لنفس الموقعين. وهذا يقع ضمن حدود النتائج التي ذكرها كل من (8) و (9). ولكنه أقل من القيم التي ذكرها (10) بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري. وقد يعزى ذلك إلى اختلاف الظروف الجوية نتيجة لاختلاف موقع الدراسة. كما يتبين من الجدول أعلاه حصول تغير في قيم تناسق الري لجميع النظم المستخدمة في التجربة عند تغير فترة القياس. إذ بلغت أعلى قيم لها في أشهر الشتاء كانون الأول وكانون الثاني وشباط، وأقل قيم لها خلال أشهر الصيف تموز وآب. ويعزى سبب ذلك إلى تأثير درجات الحرارة المرتفعة خلال فصل الصيف والتي تسبب زيادة كميات المياه المفقودة بالتبخر ما يؤثر سلبا في تناسق الإرواء (5).

وتبين النتائج إن قيم تناسق الري لأنظمة الري العاملة في موقع راوة كانت أعلى من تلك الموجودة في موقع فهيدة، إذ بلغت 91.25 و 81.08 بالنسبة لنظامي الري بالرش المحوري والثابت في موقع راوة على التوالي، مقارنة بـ 90.66 و 80.33 لنفس النظامين في موقع فهيدة. ويعزى سبب ذلك إلى اختلاف الظروف الجوية بين الموقعين.

يبين (الجدول 2) نسبة المياه المفقودة بالتبخر لنظامي الري بالرش المحوري والثابت المستحصل عليها في منطقتي راوة وفهيدة. إذ تبين النتائج زيادة نسبة الفقد بالتبخر في نظام الري بالرش الثابت مقارنة بنظام الري بالرش المحوري ولكلا موقعي الدراسة. حيث بلغت نسبة المياه المتبخرة إلى المياه الكلية المستخدمة في الري بالنسبة لنظام الري بالرش الثابت 12.81 و 13.29% لموقعي راوة وفهيدة على التوالي. بينما بلغت النسبة في نظام الري بالرش المحوري 9.27 و 9.5% لنفس الموقعين. وهذه النتائج تقع ضمن المديات التي ذكرها (4). وقد يعزى سبب زيادة الفقد بالتبخر في نظام الري بالرش الثابت إلى طبيعة عمل النظام، والتي تحتم بقاء قطرات الرش معلقة في الهواء لمدة أكثر مما هي عليه الحال بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري، مما يزيد من تأثير الرياح ودرجة الحرارة وبالتالي يزيد من نسبة المياه المتبخرة.

جدول (1) نتائج قياسات تناسق الري المستحصل عليها خلال فترة الدراسة

الشهر	الري بالرش الثابت			الري بالرش المحوري		
	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل

ك 2	86	83	84.5	95	94	94.5
شباط	85	87	86.0	93	93	93
آذار	81	82	81.5	90	93	91.5
نيسان	81	79	80.0	92	91	90.5
أيار	77	76	76.5	94	92	93.0
حزيران	81	80	80.5	92	90	91.0
تموز	75	77	76.0	89	88	88.5
آب	77	76	76.5	88	87	87.5
أيلول	79	81	80.0	85	86	85.5
ت 1	84	83	83.5	91	89	90.0
ت 2	83	80	81.5	91	92	91.5
ك 1	84	82	83	95	93	94.0
المعدل	81.08	80.33	80.7	91.25	90.66	90.9

جدول (2) يبين نتائج قياس نسبة المياه المفقودة بالتبخر المستحصل عليها خلال فترة الدراسة

الشهر	الري بالرش الثابت			الري بالرش المحوري		
	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل
ك 2	8.75	9.50	9.125	4.75	5.25	5.000
شباط	8.00	9.25	8.625	6.50	6.75	6.625
آذار	8.25	9.50	8.875	7.50	7.75	7.625
نيسان	9.75	10.25	10.000	8.50	8.25	8.375
أيار	10.75	11.50	11.125	10.50	10.50	10.500
حزيران	15.25	14.75	15.000	11.50	11.75	11.625
تموز	17.75	18.25	18.000	12.00	12.75	12.325
آب	18.25	18.75	18.500	13.75	13.50	13.625
أيلول	16.75	17.50	17.125	10.75	11.25	11.000
ت 1	16.25	16.25	16.250	10.50	10.75	10.625
ت 2	14.50	14.25	14.375	8.75	9.00	8.875
ك 1	9.50	9.75	9.625	6.25	6.50	6.375
المعدل	12.81	13.29	13.05	9.27	9.50	9.38

كما يبين (الجدول 2) حصول تغير في قيم ضائعات الفقد بالتبخر بتغير شهور السنة. حيث يلاحظ زيادة نسب الفقد بالتبخر خلال أشهر السنة الحارة تموز وآب مقارنة بأشهر فصل الشتاء. والسبب الرئيس في ذلك ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية خلال فصل الصيف مما يزيد من معدلات التبخر. إذ تعد سرعة الرياح وارتفاع درجة الحرارة والضغط البخاري العوامل الأكثر تأثيراً في نسبة المياه المتبخرة (13).

وتبين النتائج زيادة فواقد التبخر في منطقة فهيدة مقارنة بمنطقة راوة إذ بلغت نسبة الفواقد 9.5 و 13.29% لنظامي الري بالرش المحوري والثابت على التوالي في منطقة فهيدة، مقارنة بـ 9.27 و 12.81% لمنطقة راوة. ويعزى ذلك إلى اختلاف الظروف الجوية بين المنطقتين.

يبين (الجدول 3) نتائج حساب كفاءة الري المستحصل عليها خلال مدة التجربة. إذ تبين النتائج تفوق نظام الري بالرش المحوري في قيم كفاءة الري لكلا موقعي الدراسة. إذ بلغت القيمة 91.73 و 90.5 لمنطقتي راوة وفهيدة على التوالي بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري، مقارنة بـ 87.19 و 86.71 بالنسبة لنظام الري بالرش الثابت لنفس المنطقتين. إن سبب ارتفاع قيمة كفاءة الري في نظام الري بالرش المحوري هو انخفاض قيمة نسب فواقد التبخر لهذا النظام مقارنة بنظام الري بالرش الثابت وكما مبين في نتائج (الجدول 2). حيث يرتبط حساب كفاءة الري في نظم الري بالرش بحساب ضائعات التبخر (4).

**جدول (3) يبين نتائج حساب كفاءة الري المستحصل عليها خلال فترة الدراسة**

الشهر	الري بالرش الثابت			الري بالرش المحوري		
	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل
ك 2	91.25	90.50	90.875	95.25	94.75	95.000
شباط	92.00	90.75	91.375	93.50	93.25	93.375
آذار	91.75	90.50	91.125	92.50	92.25	92.375
نيسان	90.25	89.75	90.000	91.50	91.75	91.625
أيار	89.25	88.50	88.875	89.50	89.50	89.500
حزيران	84.75	85.25	85.000	88.50	88.25	88.375
تموز	82.25	81.75	82.000	88.00	87.25	87.625
آب	81.25	81.25	81.250	86.25	86.50	86.375
أيلول	83.25	82.50	82.875	89.25	88.75	89.000
ت 1	83.75	83.75	83.750	89.50	89.25	89.375
ت 2	85.50	85.75	85.625	91.25	91.00	91.125
ك 1	90.50	90.25	90.375	93.75	93.50	93.625
المعدل	87.19	86.71	86.95	91.73	90.50	90.61

وكما في (الجدول 2، 1) يلاحظ حصول تغير في كفاءة الري بتغير أشهر السنة، إذ تزداد قيمة كفاءة الإرواء في أشهر فصل الشتاء وتتنخفض خلال أشهر فصل الصيف ولنفس الأسباب المذكورة سابقا. كما يلاحظ في نتائج (الجدول 3) تفوق قيمة كفاءة الري في منطقة راوة ولكلا نظامي الري قيد الدراسة مقارنة بمنطقة فهيدة. إذ بلغت قيمة كفاءة الري 91.73 و 87.19 بالنسبة لنظامي الري بالرش المحوري والثابت على التوالي في منطقة راوة، مقارنة بـ 90.5 و 86.71 لنفس النظامين في منطقة فهيدة. وهذا يتوافق مع النتائج المعروضة في (جدول 2).

يبين (الجدول 4) نتائج حساب كفاءة الري الإجمالية المستحصل عليها خلال مدة الدراسة. حيث تبين النتائج تفوق نظام الري بالرش المحوري في قيمة كفاءة الري الإجمالية مقارنة بنظام الري بالرش الثابت ولكلا موقعي الدراسة. إذ بلغت قيمة كفاءة الري الإجمالية 83.70 و 82.04 بالنسبة لنظام الري بالرش المحوري في

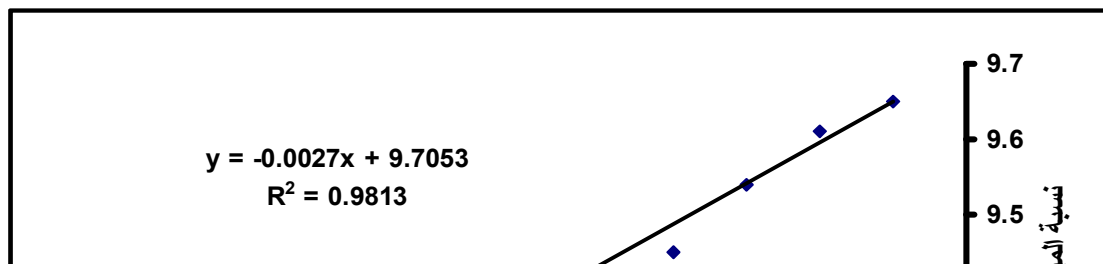
منطقتي راوة وفهيدة على التوالي، مقارنة بـ 70.69 و 69.65 لنظام الري بالرش الثابت لنفس المنطقتين. وهذه الزيادة متوافقة مع نتائج (الجدولين 1 و 3) لكون كفاءة الري الإجمالية هي محصلة لقيمتي تناسق الإرواء وكفاءة الري (12).

جدول (4) يبين نتائج حساب كفاءة الري الإجمالية المستحصل عليها خلال فترة الدراسة

الشهر	الري بالرش الثابت			الري بالرش المحوري		
	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل	الموقع الأول	الموقع الثاني	المعدل
ك 2	78.47	75.11	76.79	90.48	89.06	89.77
شباط	78.20	78.45	78.32	86.95	86.72	86.83
آذار	74.31	74.21	74.26	83.25	85.79	84.52
نيسان	73.10	70.90	72.00	84.18	83.49	83.83
أيار	68.72	67.26	67.99	84.13	82.34	83.23
حزيران	68.64	68.20	68.42	81.42	79.42	80.42
تموز	61.68	62.94	62.31	78.32	75.90	77.11
آب	62.56	61.75	62.15	75.90	75.25	75.57
أيلول	65.76	66.82	64.29	75.86	76.32	76.09
ت 1	70.35	69.51	69.93	79.65	79.43	79.54
ت 2	70.96	68.60	69.78	83.03	83.72	83.37
ك 1	76.02	74.00	75.01	89.06	86.95	88.00
المعدل	70.69	69.65	70.17	83.70	82.04	82.87

كما يلاحظ ارتفاع قيمة كفاءة الري الإجمالية في أشهر الشتاء مقارنة بأشهر الصيف وهذه النتيجة تتوافق مع النتائج المستحصل عليها في (جداول 1 و 2 و 3). وكذلك يلاحظ تفوق نظامي الري بالرش المحوري والثابت الموجودين في منطقة راوة بالنسبة لقيم كفاءة الري الإجمالية. إذ بلغت 83.70 و 70.69 بالنسبة لنظامي الري بالرش المحوري والثابت على التوالي، مقارنة بـ 82.04 و 69.65 لنفس النظامين في منطقة فهيدة، إن هذه القيم تتوافق مع النتائج المستحصل عليها في (جداول 1 و 2 و 3).

يبين (الشكل 1) وجود علاقة خطية سالبة بين نسبة المياه المفقودة بالتبخر والبعد عن مركز الجهاز. بالرغم من كون قيمة ميل المنحنى (-0.0027) قليلة ولكن يجدر الاهتمام بها خاصة عند استخدام مياه عالية الملوحة إثناء الري. إذ تزيد ضائعات التبخر من تركيز المحلول الملحي للمياه مما قد يوصلها إلى مستويات تؤثر على النبات وخاصة في فصل الصيف. حيث يلاحظ زيادة فواقد التبخر (زيادة الايصالية المائية لمياه الري) كلما اقتربنا من مركز الجهاز. ويعود ذلك إلى طبيعة عمل الجهاز إذ يقل حجم القطرات كلما اقتربنا من مركز الجهاز بسبب تغير حجم المباتق كون المباتق القريبة من مركز الجهاز مسؤولة عن ري مساحة اقل من الحقل، وبالتالي تزداد قيمة المساحة السطحية النوعية لهذه القطرات كلما اقتربنا من مركز الجهاز، مما يجعلها أكثر تأثراً بالعوامل الجوية وخاصة درجة الحرارة والرياح وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة ضائعات التبخر (1).



ملحق (1) يبين معدلات البيانات المناخية لأقرب محطة أنواع من منطقتي الدراسة

التبخر ملم	عدد ساعات السطوع	سرعة الرياح م/ثا	درجة الحرارة	الشهر
51	5.8	5.6	7.5	ك1
76	6.9	3.5	9.4	شباط
129	9.1	5.5	15.8	آذار
191	10.1	3.9	21.0	نيسان
279	11.4	3.7	26.6	أيار
348	13.5	5.7	30.6	حزيران
401	14.4	4.9	33.3	تموز
364	13.3	4.3	33.1	آب
264	12.5	6.8	24.6	أيلول
163	10.9	3.3	16.2	ت1
91	8.5	3.9	12.6	ت2
52	7.1	4.9	8.2	ك1

ملحق (2) يبين مواصفات نظم الري المستخدمة

النظام الثابت		النظام المحوري	
مصري	المنشأ	سعودي	المنشأ
0.90	ارتفاع قصبه المرشثة	4	عدد الأذرع
3 بار	الضغط	45 م	طول الذراع

5 هكتار	المساحة المروية	15 هكتار	المساحة المروية
مستطيل	نظام التوزيع	110 - 120 م <sup>3</sup> / ساعة	التصريف
12 × 9 م	فواصل المرشات	25 باوند/ انج <sup>2</sup>	الضغط
		1.2 م	ارتفاع المباتق

### المصادر

1. Green, B., L. E. Smith and D. E. Nill. 2001. Soil irrigating by sprinkler, University of Utah. USA.
2. Mclean, R. K., R. Sriranjana and G. Klassen. 2000. Spray evaporation losses from sprinkler irrigation systems. Canadian Agricultural Engineering. Vol. 42, No. 1 p:1.1 – 1.14.
3. Kincaid, D. C. and J. R. Busch. 1986. Spray losses and uniformity with low pressure center pivots. ASAE paper No. 86 – 2091. St. Joseph, Mi: ASAE.
4. الحديثي، عصام خضير والكبيسي، احمد مدلول والراوي، عادل خيرالله. 2003. تقدير ضائعات التبخر في نظام الري بالرش المحوري من قياسات الايصالية الكهربائية لماء الري في ظروف العراق. مجلة الانبار للعلوم الزراعية. مجلد 1 عدد 1 صفحة 62 – 68.
5. Edling, R. J. 1985. Kinetic energy evaporation and wind drift of droplets from low pressure irrigation nozzles. Transaction of the ASAE 28 (5): 1543 – 1550
6. حاجم، احمد يوسف و حقي إسماعيل. 1992. هندسة نظم الري الحقلية. جامعة الموصل. دار الكتاب للطباعة والنشر.
7. Lamm, R. F, 1998. Uniformity application by center pivot sprinklers. KSU, Northwest research extension center, Colby, Kansas, 67701, USA.
8. Chirman. 2000. Inter – Relationship between irrigation scheduling methods and on farm irrigation systems. Universidad. Tecnica delisboa, Lisbon, Portugal.
9. Augier, P, Baudequin and C. I. Sberie. 1996. The need to improve the on performance of irrigation systems to apply upgraded irrigation scheduling. In irrigation scheduling; from theory to practice proceeding.
10. الراوي، عادل خيرالله. 2002. تقييم أداء منظومة الري بالرش المحوري وتأثيرها في بعض الخصائص الفيزيائية لتربة جيسية وإنتاجية الذرة الصفراء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة – جامعة الانبار.
11. Christiansen, J. E. 1942. Irrigation by sprinkling. University of California. Benkly, California, USA.
12. Israelsen, O. W., and V. E. Hanson, 1962. Irrigation principles and practices. John wiley and Sons, INC. New York.
13. Yazar, A. 1984. Evaporation and drift losses from sprinkler irrigation systems under various operating conditions. Agricultural water management. 8: 439–449.