تأثير الضغط التشغيلي وترتيب المرشات في كفاءة الري بالرش الثابت

احمد مدلول محمد ، بسام الدين الخطيب هشام و مصطفى محمود يعقوب
كلية الزراعة / جامعة الانبار

الخلاصة

أجريت تجربة حقلية بهدف دراسة تأثير ثلاث ضغوط تشغيلية هي 250 و300 و350 كيلو باسكال وترتيبين للمرشات هما المستطيل والمربع وبفواصل (S×L) 24×18 و 18×18 م على الترتيب ،في فواقد الرش و تناسق التوزيع وكفاءة وكفاية الري بالرش .

أظهرت النتائج تفوق الترتيب المربع على الترتيب المستطيل في جميع معايير التقويم عند ثبوت الضغط .اذ بلغت قيم فواقد الرش وتناسق التوزيع وكفاءة الإضافة والكفاءة الإجمالية وكفاية الري بالرش للترتيب المربع عند ضغط 350 كيلو باسكال ولعمق رية 10.8 ملم نحو 3.83 % و78.56 % و 88.82 % و 69.78 % و 77.78 % على التريب .في حين كانت القيم المرادفة لهذه المعايير للترتيب المستطيل عند نفس الضغط ونفس عمق الرية نحو 11.72 % و 66.07 % و 79.79 % و 52.68 و 62.5 % على الترتيب .

كما أظهرت النتائج تفوق الضغط 350 كيلو باسكال على الضغطين 300 و 250 كيلو باسكال لنفس الترتيب ولجميع أعماق الري .اذ بلغت قيم المعايير أعلاه عند عمق ري 10.8 ملم للترتيب المربع نحو 3.83 % و 78.56 % و 88.82 % و 69.78 % و 77.78 % عند ضغط 350 كيلو باسكال مقارنة بنحو 4.86 % و 68.1 % و 82.64 % و 56.35 % و 61.11 %

عند ضغط 250 كيلو باسكال .أما الترتيب المستطيل ولنفس عمق رية فكانت القيم نحو 11.72 % و 66.07 % و 79.79 % و 52.68 و 62.5 % عند ضغط 350 كيلو باسكال مقارنة بنحو 27.43 % و 54.88 % و 68.17 % و 37.41 % و 43.75 % عند ضغط 250 كيلو باسكال على الترتيب.

Effect of operational pressure and sprinkler arrangement on efficiency of sprinkler irrigation

A. M. M. AL-Kubiasi Bassam Al-D Al-k Husham M. M. Yakoob

College of Agriculture / AL-Anbar University

Abstract

A field experiment was achieved to study the effect of operational pressure and sprinkler arrangement on sprinkler spray losses , distribution uniformity, application efficiency and irrigation adequacy .Three levels of operational pressure I . e ; 250, 300 , and 350 kpa and two types of sprinkler arrangement i.e;rectangular and sequare were used.

The results showed that square arrangement was the best as compared to rectangular arrangement at all irrigation depths when pressure is constant values at sprinkler spray losses ,distribution uniformity , application efficiency , overall efficiency and irrigation adequacy for square arrangement at 10.8 mm irrigation depth and 350 kpa pressure were 3.83 % , 78.56 % , 88.82 % ,6.78 % and 77.78 % respectively .While the co. values for the same parameters of the rectangular arrangement at the same irrigation depths and pressure were 11.72 % , 66.07 % , 79.74 % , 52.68 % and 65.2 % respectively .

Results also showed that the 350 kpa pressure was the best in compare with 250 and 300 kpa at the same arrangement and irrigation depth ,the values of the above parameters at 10.8 mm irrigation depth and square arrangement were 3.83 % , 78.56 % ,88.82 % , 69.78 % and 77.78 % at 350 kpa pressure .While the co. values were 4.86 % , 68.19 % , 82.64 % , 56.35 % and 61.11 % at 250 kpa pressure respectively . 0n the other hand ,for rectangular arrangement and 10.8 mm irrigation depth ,the values for the above parameters were 11.72 %and 27.43 ,66.07 % and 54.88 % , 79.74 % and 68.17 ,52.68 % and 37.41 ,and 62.5 % and 43.75 at 350 and 250 kpa pressure respectively .

المقدمة

يعد الري بالرش من الوسائل المعول عليها في ترشيد استخدام المياه في الزراعة . تشمل معايير التقويم لنظام الري بالرش كلاً من كفاءة الري وتجانس توزيع المياه عند مستوى كفاية مقبول فضلاً عن مرونة النظام. ويتحكم العديد من المتغيرات الهيدروليكية في تحديد قيم معايير التقويم الأنفة الذكر أبرزها تصريف المرشات والضغط التشغيلي. يعد الضغط التشغيلي العامل الأكثر أهمية في تحديد كل من مساحة دائرة خدمة الرش، والفواصل بين المرشات.

أشار الشعيبي (1998) إلى إن كفاءة نظام الري بالرش الثابت تعتمد بدرجة كبيرة على دقة التصميم ومدى مراعاتها لجميع العوامل المؤثرة في انتظام توزيع مياه الري كاختيار نوع المرشة وتصريفها وضغطها التشغيلي وفواصل المرشات على نفس الأنبوب الفرعي (S) و الفواصل بين المرشات المتناظرة على أنبوبين فرعيين متجاورين (L) واختيار أقطار أنابيب الخطوط الفرعية والخط الرئيس والقدرة المطلوبة لوحدة الضخ فضلا عن الاحتياجات المائية للمحصول.

أشارا Keller and Bliesner (1990) أن ترتيب المرشات الذي يؤدي إلى قيمة اقل من 84% لمعامل التناسق يعد ترتيبا غير مرغوب به ويجب استبعاده. ذكر كل من Keller(1990) و Amir and Al- Chanatis (1992) أن هيدروليكية الماء في نظام الري بالرش يعتمد على قطر فتحة المرشة وارتفاعها والضغط التشغيلي والمسافة الفاصلة بين المرشات لتحقيق حالة التناسق والتحكم في توزيع الماء.

أشار Haman and Yeager (2001) إلى إن معرفة تناسق توزيع مياه الرش مهمٌ لأنه يعكس مدى وصول الماء إلى معظم النباتات في أنحاء الحقل وبالتالي التنبؤ بالفائدة المتوخاة للماء المستخدم، وأكدا بان احد أسباب انخفاض تناسق التوزيع لنظام الري بالرش ينتج عن تذبذب الضغط التشغيلي .

أوضح Kara et.al., (2009) ان توزيع المياه بشكل متساوي في نظم الري بالرش يعتمد على عوامل عديدة منها؛ نوع المرشة، عدد وحجم فوهات المرشة، وترتيب المرشات، والضغط ألتشغيلي، وان المسافات ما بين المرشات والخطوط الجانبية يجب إن تتحدد عن طريق اخذ سرعة واتجاه الرياح بنظر الاعتبار.

أشار King and Kincaid (1998) إلى أن الضغط التشغيلي يؤثر في المسافة بين المرشات وان الضغوط العالية تسمح بزيادة المسافة مع ضمان حدوث تداخل بين دوائر خدمتها.

أختبر مرعي (2000) ثلاث فواصل للمرشات هي 18*18 و24*18 و24*24 م وحصـل علـى معامل انتظام لتوزيع المياه بلغ 89% و84% و77% للحالات الثلاث على التوالي كما أظهرت نتائج الدراسة أن الفواصل 18*18م بين المرشات قد حققت زيادة في محصول البطاطا قدرها 80 % . كما أختبر (2009) Kara et.al., ست فواصل للمرشـات هـي 6*6 و12*6 و18*6 و12*12و18*12و18*18م، وثمانيـة ضغوط تشغيلية هي 1.5 و2و2.5و3و3.5 و4 و4.5و4.8 بار ولأنواع مختلفة من المرشات وحصل الباحثون على أعلى قيمة لمعامل التناسق بلغت98.1 % عندما كان الترتيب 6*6 والضغط التشغيلي 4 بار.

أوضح عبد الرضا (2002) أن زيادة الضغط التشغيلي من3 بار الى 5 بار أدت إلى زيادة تجـانس التوزيع ومعدل الإضافة وكفاءة الري الإجمالية لنظام الري بالرش شبه الثابت وعـزا ذلـك إلـى إن زيـادة الضغط التشغيلي تؤدي إلى انخفاض قيمة طاقة الارتطام لقطرات مياه الرش بسبب صغر حجم قطرات ميـاه الرش وزيادة قطر دائرة الابتلال مما ينعكس في زيادة تجانس التوزيع عند ثبوت العوامل الأخرى.

أوضح (2009) Nuzzled إن كفاية الإرواء هي دالة لمعدل عمق الإضافة وتناسق التوزيـع، وان هناك علاقة طردية بين عمق الإضافة وتناسق التوزيع، وكلما زاد عمق الإضافة زادت كفاية الإرواء في حين إن كفاءة الإضافة تتناقص بزيادة عمق المياه المضاف نتيجة لزيادة كل من فواقد التبخـر وقطـرات الميـاه الصغيرة المنجرفة.

نفذت هذه الدراسة بهدف اختيار الضغط التشغيلي الأمثل لخفض كلفة نظام الري من خـلال زيـادة فواصل ألمرشات وبما يحقق كفاءة ري وتجانس مقبولين وكفاية ري مناسبة.

المواد وطرائق العمل

أجريت تجربة حقلية في ناحية الفرات - قضاء هيت - محافظة الأنبار للفترة من 2007/12/1 إلى 2008/5/15 لدراسة تأثير الضغط التشغيلي وترتيب المرشات في كفاءة الـري ، أُخـذت نمـاذج تربـة للأعماق(0_30) و(30_60) و(60_90) سم وحللت مختبرياً لتحديد بعض خصائصها الفيزيائية والكيميائية (جدول 1 و2).

حُرثتْ التربة باستعمال المحراث ألمطشي. زُرِعت بذور الحنطة صنف FLUMAR-85 بمعدل 120كغم. هكتار$^{-1}$ باستخدام الباذرة. وأُضيف السماد المركب 0-48-18 مع البـذار وبمعـدل 200 كغـم. هكتار$^{-1}$. كما أُضيف سماد اليوريا بمعدل 200 كغـم .هكتـار$^{-1}$ بعـد شـهرين مـن الزراعـة (صـالح وآخرون،1998).

معاملات التجربة والتصميم التجريبي

شملت التجربة دراسة عاملين هما:

أولاً - الضغط التشغيلي (p) Operating Pressure

تم تشغيل المنظومة بثلاثة ضغوط هي P1 = 250 كيلو باسكال و P2 = 300 كيلو باسكال و P3 = 350 كيلو باسكال.

ثانياً - ترتيب المرشات (A) Sprinkler Arrangement

تم اعتماد قيمتين للمسافات الفاصلة بين كل من المرشـات (S) والخطـوط الفرعيـة (L) وكـالآتي:-

الترتيب المستطيل A1 وفيه تكون الفاصلة S =18 م والفاصلة L =24 م.

الترتيب المربع A2 وفيه تكون فواصل المرشات بنوعيها18م .

وزعت المعاملات الست بتجربة عامليه حسب تصميم القطاعات الكاملة التعشية RCBD وبثلاثة مكررات وبهذا أصبح عدد الوحدات التجريبية 18 وحدة، تشغل كل منها مساحة 324 م ^{2} للترتيب المربع و432 م ^{2} للترتيب المستطيل وقد تركت بما يقابلها كمساحات حارسة بين الوحدات التجريبية المتجاورة .

أُعطيت رية الإنبات بتاريخ 2 /2007/12 وبعمق 20 ملم. طبقت بعد ذلك جدولة ري للمعاملات وبفاصلة إرواء ثلاثة أيام استناداً إلى قيم صافي عمق الري (NDI) الذي يحسب وفق المعادلة الآتية:-

$$NDI = II \times CU \qquad \ldots\ldots.. \quad (1)$$

إذ إن: II = فاصلة الإرواء، يوم.

CU = الاستهلاك المائي، ملم. يوم $^{-1}$.

جدول 1 بعض الخصائص الفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

العمق (سم)	الكثافة الظاهرية (ميكاغرام.م $^{-3}$)	الكثافة الحقيقية (ميكاغرام م.م $^{-3}$)	الرطوبة الحجمية عند الشدود (كيلو باسكال)			التوزيع الحجمي لدقائق التربة (غم.كغم $^{-1}$)			نسجة التربة
			0	33	1500	الرمل	الغرين	الطين	
30-0	1.31	2.65	53.97	40.16	16.34	775	92	133	مزيجة رملية
60-30	1.52	2.67	60.04	46.21	18.77	734	191	75	مزيجة رملية
90-60	1.55	2.69	57.35	45.85	18.94	673	231	96	مزيجة رملية

جدول 2 بعض الخصائص الكيميائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

العمق (سم)	التوصيل الكهربائي (ديسيسيمنز.م $^{-1}$)	درجة تفاعل التربة	الكلس (غم .كغم $^{-1}$)	المادة العضوية (غم .كغم $^{-1}$)	الجبس (غم .كغم $^{-1}$)
30-0	4.3	8.1	231	7	192
60-30	5.1	8.1	184	------	430
90-60	5.4	8.1	127	------	450

استخدمت المعادلة :

$$Q \times t = A \times NDI / 1000 \qquad \ldots\ldots\ldots.. \quad (2)$$

اذ ان :

Q = تصريف المرشة، م3 . ساعة-1 .

t = زمن تشغيل المنظومة ، ساعة.

A = مساحة الوحدة التجريبية ، م2

لحساب أزمان تشغيل المنظومة حسب الضغوط التشغيلية والمسافات الفاصلة بين المرشات ودونت في جدول3 .

جدول 3 فترة إشتغال منظومة الري بالرش حسب معاملات التجربة

المعاملات	صافي عمق الرية (ملم)	المساحة ($م^2$)	التصريف ($م^3$. ساعة $^{-1}$)	زمن الإضافة (دقيقة)	حجم الماء الخارج من المرشة ($م^3$)
A1P1	9.6	432	2.57	97	4.2
A1P2			5	50	4.2
A1P3			7.2	35	4.2
A2P1	9.6	324	2.57	73	3.1
A2P2			5	37	3.1
A2P3			7.2	26	3.1
A1P1	7.2	432	2.57	73	3.1
A1P2			5	37	3.1
A1P3			7.2	26	3.1
A2P1	7.2	324	2.57	54	2.30
A2P2			5	28	2.30
A2P3			7.2	19	2.30
A1P1	10.8	432	2.57	109	4.7
A1P2			5	56	4.7
A1P3			7.2	39	4.7
A2P1	10.8	324	2.57	82	3.5
A2P2			5	42	3.5
A2P3			7.2	29	3.5
A1P1	15	432	2.57	151	6.5
A1P2			5	78	6.5
A1P3			7.2	54	6.5
A2P1	15	324	2.57	113	4.90
A2P2			5	58	4.90
A2P3			7.2	41	4.90
A1P1	7.5	432	2.57	76	3.2
A1P2			5	39	3.2
A1P3			7.2	27	3.2
A2P1	7.5	324	2.57	57	2.4
A2P2			5	29	2.4
A2P3			7.2	20	2.4

الضغط التشغيلي المطلوب

تم الحصول على صافي الضغط التشغيلي المطلوب عند رأس المرشة من خلال حساب ضائعات الاحتكاك Hf في كل من الأنبوب الرئيسي والأنابيب الفرعية وحسب أقطارها وكما في المعادلة الآتية:

$$Hf = 1.14 \times 10^9 \times (\frac{Q}{C})^{1.852} \times \frac{LP}{D^{4.87}} \times F \qquad \text{--------------(3)}$$

إذ أن: Hf = الشحنة الضائعة بالاحتكاك في الأنبوب الرئيسي، م.

Q = تصريف الأنبوب، $م^3$.ساعة $^{-1}$.

LP = طول الأنبوب، م.

D = القطر الداخلي، ملم.

C = معامل الخشونة ويساوي 150 وهي قيمة جدوليه تعتمد على مادة الأنبوب وقدمه

F = معامل التصحيح ويستخرج من المعادلة الآتية:

$$F = \frac{1}{M+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{M-1}}{6N^2} \quad \text{--------------} \quad (4)$$

إذ أن: M = أس التصريف في المعادلة 3 ويساوي 1.852

N = عدد المرشات.

وبالنظر لعدم وجود فرق في منسوب كل من الأرض والمضخة فقد أضيفت قيم ضائعات الاحتكـاك المحسوبة في الأنبوب الرئيسي والأنابيب الفرعية وفق المعادلة 3 والمدونة في جدول 4 إلى قيمـة الضـغط التشغيلي المطلوب عند رأس المرشة وحسب المعاملة لنحصل على قيمة الضغط الواجب قراءته على مقيـاس الضغط (المانوميتر) المثبت عند نقطة اتصال الخط الرئيس بالمضخة

جدول 4 ضائعات الاحتكاك المحسوبة للخط الرئيسي وللخط الفرعي

الترتيب	الضغط التشغيلي (كيلو باسكال)					
	P1		P2		P3	
	ضائعات الاحتكاك(متر) Hf					
	الرئيسي	الفرعي	الرئيسي	الفرعي	الرئيسي	الفرعي
A1	0.36	4.79	0.57	8.22	0.75	8.07
A2	0.88	4.79	1.08	8.22	1.17	8.07

تصريف المرشات وقطر دائرة خدمة المرشة

تم قياس التصريف حقلياً باستقبال حجم من الماء في زمن معين واستخدمت المعادلة الآتية في حسابه:

$$Q = \frac{Vs}{t} \quad \text{--------------} \quad (5)$$

إذ إن : Q = تصريف المرشات، م^3.ساعة$^{-1}$.

Vs = حجم الماء الخارج من المرشة، م^3.

t = زمن القياس، ساعة.

كما تم قيـاس قطر دائرة الخدمة باستعمال شريط قياس بين نقطتين تقعان على المحيط المبتل مروراً بالمرشة (مركز الدائرة) وعند سكون ودونت القياسات في جدول 5 .

جدول 5 معدل تصريف المرشة وقطر دائرة خدمة المرشة حسب الضغوط التشغيلية .

الضغط كيلو باسكال	التصريف (م^{3}. ساعة$^{-1}$)	قطر دائرة خدمة المرشة (م)
P1	2.57	25.5
P2	5	26.0
P3	7.2	30.0

الصفات المدروسة وطرائق قياسها

لغرض قياس تناسق وكفاءة وكفاية الإرواء حقلياً، تم تشبيك كل معاملة بمربعات طول ضلعها 3م ، ووضعت في مركز كل مربع علبة معدنية أسطوانية الشكل ارتفاعها 20سم و قطرها 10سم وتم تثبيتها في التربة بحيث ترتفع حافتها العلوية عن سطح التربة بنحو 5 سم عن سطح التربة والفواصل بين العلب 3*3م. تم قياس حجم الماء المستلم في العلب في كل رية بوساطة أسطوانة حجمية مدرجة وتحويله إلى عمق ماء وذلك بقسمة حجم الماء المستلم على المساحة السطحية لعلبة الجمع.

استخدمت المعادلة المقترحة من قبل Christiansen (1942) لحساب قيمة معامل التناسق (Uniformity Coefficient UC) وكالاتي:

$$UC = 100(1 - \frac{\sum Xi}{\sum Ri}) \quad \ldots\ldots\ldots(6)$$

إذ أن : $\sum Xi$ = مجموع الانحرافات المطلقة لأعماق الماء عن المعدل العام لهذه الأعماق، مم.

$\sum Ri$ = مجموع أعماق المياه الواصلة إلى الأرض، مم.

أما كفاءة الإضافة(AE) فتم حسابها باستخدام المعادلة المذكورة في (حاجم وياسين ،1992) وكالآتي: ....(7)

$$AE = 100 - (DPL + SSL)$$

آذ إن : SSL = فواقد الري بالرش (%) ويتم حسابها باستخدام المعادلة الآتية : ....(8)

$$SSL = \frac{Vs - Vl}{Vs} \times 100$$

آذ إن : Vs = حجم الماء الخارج من المرشة، م^{3}.

Vl = حجم الماء الواصل إلى الأرض ويتم حسابه وفق المعادلة الآتية: ....(9)

$$Vl = dc \times S \times L$$

آذ إن: dc = معدل عمق الماء المستلم في العلب، ملم.

أما DPL = فواقد التخلل العميق (%) ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية:

$$DPL = \frac{V_{DPL}}{VS} \times 100 \qquad ....(10)$$

آذ إن: V_{DPL} = حجم ماء التخلل العميق، م^3. ويتم حسابه وفق المعادلة الآتية:

$$V_{DPL} = \sum NE \times ag \times 10^{-3} \qquad ....(11)$$

آذ إن: $\sum NE$ = مجموع الزيادة في أعماق المياه عن صافي عمق الرية، ملم.

ag = مساحة وحدة التشبيك، م^2.

وحسبت كفاءة الإرواء الإجمالية (OE)(Overall Efficiency) من معرفة معامل التناسق وكفاءة إضـافة المياه وفقا إلى Anderson et.al., (1978) باعتماد الصيغة الآتية:
.....................(12)

$$OE = \frac{UC \times AE}{100}$$

إذ أن: OE = كفاءة الإرواء الإجمالية، %.

UC = معامل التناسق، %.

AE = كفاءة الإضافة، %.

وحسبت كفاية الإرواء (Adq) من خلال المعادلة الآتية:
................(13)

$$Adq = \frac{Ni}{\sum N} \times 100$$

إذ أن : N = عدد العلب التي تستلم عمق اكبر أو مساوٍ لصافي عمق الريه.

$\sum N$ = مجموع العلب

النتائج والمناقشة

4. 1- تناسق التوزيع Uniformity Distribution

يبين جدول 6 وجود زيادة معنوية في تناسق التوزيع عند زيادة الضغط التشغيلي ولكـلا التـرتيبين ولجميع أعماق الري المدروسة. فعند صافي عمق رية 7.2ملم بلغت قيم تناسق التوزيع للترتيب المربع (A2) نحو49% و 59.96%و69.92% لمعاملات الضغط P1 وP2 وP3 على التوالي. أما للترتيب المستطيل(A1) فقد أزداد تناسق التوزيع من 36.71% إلى 45.95%وإلى 48.78% لمعاملات الضغط P1 وP2 وP3 علـى التوالي. وقد أخذت قيم تناسق التوزيع مع الضغط التشغيلي ولكلا الترتيبين نفس المنحى (trend) التصاعدي وعند جميع أعماق الري المدروسة . تعزى زيادة تناسق التوزيع مع زيادة الضغط التشغيلي إلى صغر حجـم القطرات وزيادة قطر دائرة الابتلال مما ينعكس ايجابيا في زيادة معامل الانتظام عند ثبوت العوامل الأخرى،

حيث بلغت دائرة الخدمة للمرشات نحو 25.5و26و30م ولكلا الترتيبين عند الضغوط التشـغيلية P1 وP2 و P3على التوالي.

كما أظهرت النتائج تفوق الترتيب المربع معنوياً على الترتيب المستطيل وعند جميع أعماق الـري والضغوط التشغيلية المذكورة أعلاه. فعند صافي عمق رية 7.2ملم ازدادت قيم تناسق التوزيع للترتيب المربع مقارنةً بالترتيب المستطيل من 36.71% إلى 49% ومن 45.95% إلـى 59.96% ومـن 48.78% إلـى 69.92%عند الضغوط التشغيلية P1 وP2 وP3 على التوالي. وتعزى زيادة تناسق التوزيع باستخدام الترتيب المربع إلى تقارب المسافات (S*L) وتداخل دوائر خدمة الرش للمرشات وحصول تغطية للمساحة المروية .

جدول 6 تأثير الضغط التشغيلي وترتيب المرشات في تناسق التوزيع

أعماق مياه الري (ملم)	المعاملات						$LSD_{0.05}$		
	A1P1	A1P2	A1P3	A2P1	A2P2	A2P3	الضغط	الترتيب	التداخل
	تناسق التوزيع (%)								
9.6	44.79	57.14	65.85	60.06	68.39	78.02	16.71	13.64	23.63
7.2	36.71	45.95	48.78	49.00	59.96	69.92	8.02	6.55	22.01
10.8	54.88	65.47	66.07	68.19	73.37	78.56	8.56	7.06	12.23
15	56.03	66.72	74.24	83.35	85.50	87.94	2.00	8.58	14.86
7.5	43.51	46.04	53.73	49.90	58.56	69.34	7.00	5.84	18.58

2-4 فواقد الري بالرش Sprinkler Spray Losses

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في فواقد الري بالرش عند زيـادة الضـغط التشغيلي ولكلا الترتيبين ولأي عمق رية (جدول 7) ، فعند صافي عمق رية 7.2مم انخفضت فواقـد الـري بالرش للترتيب المربع (A2) من 20.96%إلى 10.00%وإلى 6.09%عند تشغيل المنظومة بضـغوط P1 و P2وP3 على التوالي. أما في حالة الترتيب المستطيل(A1) فقد انخفضت فواقد الري بالرش ولنفس صـافي عمق الرية من 26.84% إلى 22.48%وإلى 19.00% عند الضغوط التشغيليةP1وP2وP3 ،على التـوالي. وقد أخذت قيم فواقد الري بالرش مع باقي أعماق الري نفس المنحى التنازلي ولكن بقيم أقل. إن زيادة الضغط التشغيلي تؤدي إلى صغر حجم القطرات ومن المتوقع أن تزداد فواقد الري بالرش، إلا إن زيادة الضغط أدت إلى زيادة تصريف المرشة وبما أن حجم الماء المعطى للمعاملة ثابت لذا فان زمن الري عند الضغوط العالية سيختزل (جدول 3) وسينعكس ذلك على انخفاض نسبة الفواقد. تفوق الترتيب المربع معنوياً علـى الترتيـب المستطيل في انخفاض فواقد الري بالرش. فعند صافي عمق رية 7.2ملم كانت نسبة فواقد الـرش للترتيـب المستطيل نحو 26.84%و22.48%و19.00% عند الضغوطP1 وP2 وP3، على التوالي، في حين أصبحت للترتيب المربع نحو 20.96 %و 10.00 %و6.09%، عند نفس الضغوط، علـى التـوالي. وتحـت نفـس الظروف. وقد أخذت قيم فواقد الري بالرش مع باقي أعماق الري نفس المنحى التنازلي ولكن بقيم أقـل. أن السبب في انخفاض فواقد الري بالرش باستخدام الترتيب المربع يعود إلى أن هذا الترتيب له القدرة على الحد من تأثير اتجاه الرياح وذلك من خلال تقارب المسافات بين المرشات (S*L) .

جدول 7 تأثير الضغط التشغيلي وترتيب المرشات في فواقد الري بالرش .

أعماق مياه الري (مم)	المعاملات						$LSD_{0.05}$		
	A1P1	A1P2	A1P3	A2P1	A2P2	A2P3	الضغط	الترتيب	التداخل
	فواقد الري بالرش (%)								
9.6	28.21	4.19	1.29	7.68	4.19	1.29	2.05	2.00	22.2
7.2	26.84	22.48	19.00	20.96	10.00	6.09	7.37	5.31	19.00
10.8	27.43	14.60	11.72	4.86	4.86	3.83	1.00	1.20	21.16
15	20.80	11.38	5.98	3.20	2.47	1.55	0.85	4.59	7.95
7.5	26.31	14.78	4.38	10.75	4.38	2.88	4.10	3.35	17.59

3.4 كفاية الإرواء Adequacy of Irrigation

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود زيادة معنوية في كفاية الإرواء بزيادة الضغط التشغيلي ولكلا الترتيبين وعند جميع أعماق الري المدروسة. حيث ارتفعت كفاية الإرواء للترتيب المربع وعند صافي عمق رية 7.2مم من 38.89% إلى 44.44% والى 52.78% عند الضغوط P1 وP2 وP3 ، على التوالي. أما في الترتيب المستطيل فقد زادت من 35.42% إلى 41.67% والى 47.92% عند نفس الضغوط، على الترتيب وكما في (جدول 8). ولقد أخذت قيم كفاية الإرواء مع باقي أعماق الري نفس المنحى التصاعدي ولكن بقيم أعلى. إن زيادة كفاية الإرواء بزيادة الضغط التشغيلي تعود إلى زيادة قطر دائرة خدمة الرش للمرشات (جدول 5) والتي تعمل على ارتفاع معدل دخول الماء خلال التربة (كمية المياه المتجمعة بوساطة العلب) إذ كلما زادت كمية المياه الغائضة إلى الحد الذي تصبح فيه مساوية أو أكبر من صافي عمق الرية ،تزداد كفاية الإرواء.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية عالية بين الترتيبين المربع والمستطيل في تأثيرهما على كفاية الإرواء. حيث كانت كفاية الإرواء للترتيب المربع عند صافي عمق رية 7.2مم وضغط تشغيل 250كيلوباسكال (جدول 8) نحو38.89%، في حين كانت للترتيب المستطيل نحو 35.42% وعند زيادة الضغط التشغيلي إلى 300 كيلو باسكال بلغت كفاية الإرواء للترتيب المربع نحو 44.44% في حين بلغت للترتيب المستطيل نحو41.67%، ووصلت كفاية الإرواء إلى نحو52.78% للترتيب المربع مقارنة بنحو47.92% للترتيب المستطيل عند ضغط 350 كيلو باسكال. ولقد أخذت قيم كفاية الإرواء مع باقي أعماق المياه نفس المنحى التصاعدي ولكن بقيم أعلى .

كما يبين جدول 8 وجود تداخل معنوي بين عاملي الترتيب والضغط التشغيلي في تأثيرهما على صفة كفاية الإرواء و تحديدا عند صافي عمق رية 10.8 و15مم وربما يعود إلى دور كل من الضغط التشغيلي وترتيب المرشات إلى زيادة زمن التشغيل وبالتالي زيادة حجم الماء الخارج من المرشة وزيادة أعماق المياه .

جدول 8 تأثير الضغط التشغيلي وترتيب المرشات في كفاية الإرواء

اعماق مياه الري (مم)	المعاملات						$LSD_{0.05}$		
	A1P1	A1P2	A1P3	A2P1	A2P2	A2P3	الضغط	الترتيب	التداخل
	كفاية الارواء (%)								
9.6	41.67	47.92	52.08	58.33	63.89	66.67	2.31	2.2	16.92
7.2	35.42	41.67	47.92	38.89	44.44	52.78	5	4.2	14.2
10.8	43.75	50.00	62.50	61.11	72.22	77.78	5.52	5.67	5.57
15	45.83	56.25	62.50	75.00	80.56	83.33	2.5	2	14.2
7.5	39.58	43.75	47.92	44.44	56.56	63.89	2.6	2	16

4.4 كفاءة الإضافة Application Efficiency

يبين جدول 9 ارتفاع قيم كفاءة الإضافة بزيادة الضغط التشغيلي ولكلا الترتيبين وعند جميع أعماق الري. فعند عمق رية 7.2 مم وللترتيب المربع يلاحظ زيادة كفاءة الإضافة من66.83 %إلى77.95%وإلى 84.44%عند الضغوط التشغيليةP1وP2وP3 على التوالي. أما للترتيب المستطيل ولنفس صافي عمق الرية فقد ازدادت كفاءة الإضافة من 61.08 % إلى 65.91% والى 71.88%و لنفس الضغوط على التوالي. وقد أخذت قيم كفاءة الإضافة مع الضغط التشغيلي ولكلا الترتيبين ولبقية أعماق الري نفس المنحى التصاعدي ولكن بقيم زيادة أعلى. وقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في تأثير الضغط التشغيلي على صفة كفاءة الإضافة وعند جميع أعماق الري المدروسة. تعزى زيادة كفاءة الإضافة مع زيادة الضغط التشغيلي إلى أن قطر دائرة خدمة الرش للمرشات يزداد بزيادة الضغط التشغيلي (جدول 4) وهذا يخفض من فواقد الرش وبالتالي تزداد قيم كفاءة الإضافة.

تفوقت كفاءة الإضافة معنوياً عند الترتيب المربع مقارنة بالترتيب المستطيل ولجميع أعماق الري والضغوط التشغيلية المدروسة (جدول 9). إذ ارتفعت كفاءة الإضافة عند صافي عمق رية 7.2ملم وللترتيب المربع مقارنةً بالترتيب المستطيل من 61.08% إلى 66.83 % ومن 65.91% إلى 77.95% ومن 71.88% إلى 84.44% عند الضغوط التشغيليةP1 وP2 وP3، على التوالي. وقد تأثرت قيم كفاءة الإضافة بنفس المنحى وبدرجة أكبر عند زيادة صافي عمق الرية. إن سبب زيادة كفاءة الإضافة في الترتيب المربع على الترتيب المستطيل يعود إلى انخفاض كل من فواقد الرذاذ وفواقد التخلل العميق ،أما انخفاض كفاءة الإضافة في الترتيب المستطيل فهذا يعزى إلى زيادة قيمة الضائعات المائية وخصوصاً فواقد الرذاذ .

تبين نتائج جدول 9 إلى وجود تداخل معنوي بين ترتيب المرشات والضغط التشغيلي وحصراً عند صافي عمق رية 10.8 مم و15مم دون باقي الأعماق في تأثيرهما على صفة كفاءة الإضافة. وتعزى هذه النتيجة إلى دور كل من الضغط التشغيلي وترتيب المرشات وكما موضحة أعلاه. وليس لدى الباحث تفسير لحصول التداخل عند أعماق الري الأكبر.

جدول 9 تاثير الضغط التشغيلي وترتيب المرشات في كفاءة الاضافة .

LSD$_{0.05}$			المعاملات						اعماق مياه الري (مم)
التداخل	الترتيب	الضغط	A2P3	A2P2	A2P1	A1P3	A1P2	A1P1	
			كفاءة الاضافة (%)						
16.00	3.00	3.00	86.92	83.56	78.56	81.09	72.09	65.06	9.6
13.00	6.00	7.00	84.44	77.95	66.83	71.88	65.91	61.08	7.2
7.20	4.16	5.09	88.82	84.80	82.64	79.74	77.63	68.17	10.8
15.70	9.07	1.00	93.12	92.57	90.56	85.99	80.31	71.31	15
9.12	5.26	6.45	83.43	78.74	71.62	76.07	67.22	66.24	7.5

5.4 كفاءة الإرواء الإجمالية Overall Efficiency

يبين جدول 10 وجود زيادة معنوية عالية في الكفاءة الإجمالية لنظام الري بزيادة الضغط التشـغيلي ولكلا الترتيبين. حيث أعطى الترتيب المربع وعند صافي عمق رية 7.2مم قيم كفاءة أجمالية نحو 32.75%و 46.74%و 59.04% عند الضغوط التشغيليةP1وP2وP3، على التوالي. أما الترتيب المستطيل ولنفس صافي عمق الرية فقد أعطى قيم كفاءة أجمالية نحو 22.42%و30.29%و35.06% عند نفس الضغوط على التوالي. وأخذت قيم الكفاءة الإجمالية عند باقي أعماق الري نفس المنحى ولكن بقيم أعلى.

أما تأثير الترتيب على الكفاءة الإجمالية لنظام الري فقد أظهرت نتائج التحليـل الإحصـائي هنـاك فروقاً معنوية عالية بين الترتيبين حيث تفوق الترتيب المربع معنوياً على الترتيب المستطيل وعنـد جميـع الضغوط التشغيلية وأعماق الري المدروسة. حيث كانت الكفاءة الإجمالية عند صافي عمـق ريـة 7.2 مـم للترتيبين المستطيل والمربع نحو 22.42% و 32.75 %عند ضغط 250 كيلـو باسـكال ونحـو 30.29 % و46.74% عند ضغط 300 كيلو باسكال ونحو 35.06% و59.04% عند ضغط 350 كيلو باسكال. أما عند باقي أعماق الري فقد أخذت الكفاءة الإجمالية نفس المنحى ولكن بقيم أعلى. تعزى الزيادة في الكفاءة الإجمالية بزيادة الضغط التشغيلي وعند الترتيب المربع إلى زيادة كل من كفاءة الإضافة وتناسق التوزيع عنـد زيـادة الضغط التشغيلي في هذا الترتيب وكما مر سابقا وان الكفاءة الإجمالية هي محصلة لهاتين الكفائتين (معادلـة 12) .

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود تداخل معنوي بين الضغط التشغيلي وترتيب المرشات فـي تأثيرهما على كفاءة الإرواء الإجمالية عند صافي عمق رية 10.8و15مم . وتعزى هذه النتيجة إلـى الـدور التكاملي للضغط التشغيلي وترتيب المرشات وكما موضحة أعلاه.

جدول 10 تأثير الضغط التشغيلي وترتيب المرشات في كفاءة الإرواء الإجمالية

LSD$_{0.05}$			المعاملات						أعماق مياه الري (مم)
التداخل	الترتيب	الضغط	A2P3	A2P2	A2P1	A1P3	A1P2	A1P1	
			كفاءة الإرواء الإجمالية (%)						
19.83	8.30	10.17	67.81	57.15	47.18	53.40	41.19	29.14	9.6
24.00	8.58	11.00	59.04	46.74	32.75	35.06	30.29	22.42	7.2
12.64	7.00	9.00	69.78	62.22	56.35	52.68	50.82	37.41	10.8
19.64	11.34	9.00	81.89	79.15	75.48	63,84	53.58	39.95	15
18.00	9.52	11.00	58.43	47.67	35.74	40.87	30.95	28.82	7.5

المصادر

1. الشعيبي، عبد ا بن محمد بن سليمان. 1998. التصميم الأمثل لأنابيب شبكات الري بالرش. كليةالزراعة - جامعة الملك سعود. المملكة العربية السعودية.
2. حاجم، أحمد يوسف و حقي إسماعيل ياسين. 1992. هندسة نظم الري الحقلي وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر.
3. صالح، رعد عمر، قاسم احمد سليم وخالد بدر حمادي. 1998. تأثير عدد الريات خلال مرحلة ملئ الحبوب على حاصل الحنطة في تربة جبسيه تحت الري بالرش. المجلة العراقية لعلوم التربة. المجلد 2. العدد (1). الصفحات 58-66.
4. عبد الرضا، جعفر جبار.2002. تقييم أداء منظومة الري بالرش شبه الثابت وأثره في توزيع رطوبة التربة وحاصل ألماش. رسالة ماجستير- كلية الزراعة - قسم المكننة الزراعية - جامعه بغداد.
5. مرعي، محمد سعيد. 2000. التكنلوجيا الحديثة في الري ومدى مساهمتها في زيادة الإنتاج. كلية العلوم التطبيقية - جامعة حضرموت للعلوم والتكنلوجيا.
6. Amir, I. and V. Al Chanatis. 1992. Procedure for predicting and designing moving sprinkler application pattern. Irri. Sci. 13:93-98.
7. Christiansen, J. E. 1942. Irrigation by sprinkling. University of California. Benkly. California, USA.
8. Haman, Z. and T. H. Yeager. 2001. Field evaluation of container nurseries irrigation system uniformity of water application in sprinkler systems. Cooperative extension service. Institute of food and agricultural sciences of florida, Gainesville, 32611.
9. Kara,T.,Ekmekci, E. and Apen, M. 2009. Determining the uniformity coefficient and water distribution characteristics of some sprinklers. Department of agricultural structures and irrigation engineering, Ondokuz Mayis University, 55139, Kurupelit, Samsun, Turkey.
10. Keller, J. 1990. Sprinkler and trickle irrigation. Van Nostrand. New York. USA.
11. Keller, J. and R. D. Bliesner. 1990. Sprinkler Irrigation. Van Nostrand. New York.
12. King, B. A. and D. C. Kincaid. 1998. Optimizing performance of pivot sprinkler packages. Irrigation business and technology feature. University of Idaho. USA.
13. Nuzzled, N. U. 2009. Irrigation system performance measure. MAF information services Pastoral House 25 Th. Terrace PO Box 2526 Wellington, New Zealand Government - Ministry of Irrigation Research. Shared Dept With Wellington University.