

## تأثير التباعد بين المرشات في انتظام الرش

الدكتور أمين سليمان \*

الدكتور مازن سلوم \*\*

(تاريخ الإيداع 19 / 8 / 2007. قُبل للنشر في 2007/12/13)

### □ الملخص □

إن طريقة الري بالرش من الطرق التي يُنصح بإتباعها للتوفير في استخدام المياه في الزراعة، ولتحديد مدى ملائمة تصميم أي نظام ري بالرش يجب اعتماد معايير لتقييم أدائه، ومن أهم هذه المعايير انتظام الري. لقد تم في هذا البحث دراسة تأثير التباعد بين المرشات في انتظام الرش باستخدام أربعة أنواع من المرشات المتوافرة في السوق المحلية وشائعة الاستخدام، حيث تم تحديد التباعد بين المرشات التي تعطي انتظاماً جيداً للرش وعلاقته مع نصف قطر الرش الفعلي وكثافة الرش المقابلة، ولقد تم تحديد انتظام الرش باستخدام معامل الانتظام (CU) وانتظام التوزيع (DU)، وتحديد النسبة بين نصف قطر الرش الفعلي في حالة سكون الرياح ونصف قطر الرش دون دوران رأس المرش في صالة مغلقة، وبلغت هذه النسبة حوالي 75% من أجل ضغوط التشغيل المناسبة. ولقد أظهرت الدراسة أن نموذج التوضع مثلث الشكل يعطي أفضل انتظام يليه التوضع مربع الشكل ثم التوضع مستطيل الشكل وذلك من أجل نفس القيمة للمساحة الواحدة.

**الكلمات المفتاحية:** الري بالرش - التباعد بين المرشات - معامل انتظام الرش - انتظام توزيع الرش - كثافة الرش.

\* أستاذ - قسم هندسة الري والصرف - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سورية.  
\*\* مدرس - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## The Effect of Spacing among Sprinklers on Sprinkling Uniformity

Dr. Amin Suliman \*  
Dr. Mazen Saloom\*\*

(Received 19 / 8 / 2007. Accepted 13/12/2007)

### □ ABSTRACT □

In this research, the effect of spacing among sprinklers on sprinkling uniformity has been studied using four types of sprinklers, locally available and widely in use. The spacing among sprinklers, which gives a good uniformity and its relation to actual sprinkling radius as well as the applied intensity have been determined. The uniformity of sprinkling was determined using the relations of uniformity coefficient and distribution uniformity. The ratio of actual sprinkling radius, at almost zero wind speed, to sprinkling radius, without rotary of the head of sprinklers, in closed hall was determined. Obtained value for this ratio was about 0.75 for suitable operation pressures. It was found that the best setting of sprinklers for sprinkling uniformity is triangle. The square setting comes after and the last one is rectangle.

**Keywords:** Sprinkling Irrigation, Spaces Between Sprinklers, Coefficient of Sprinkling Uniformity, Distribution Uniformity, Sprinkling Intensity.

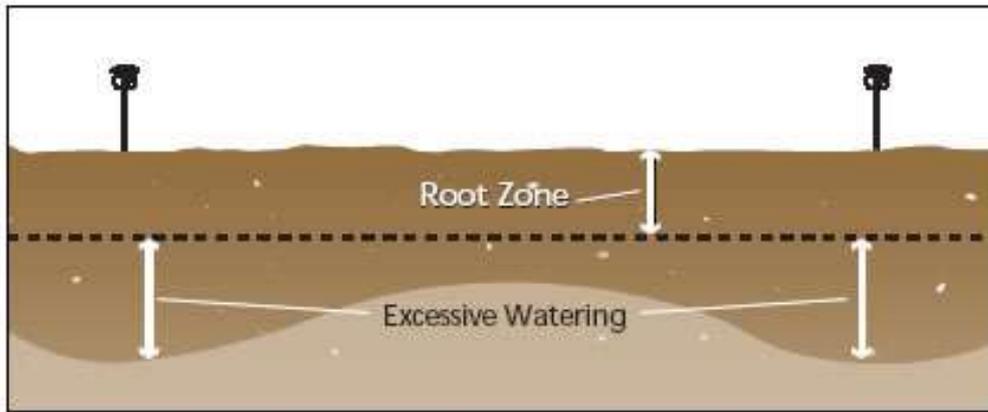
---

\* Professor, Department of Irrigation and Drainage, Civil Engineering Faculty, Al-Baath University, Homs, Syria.

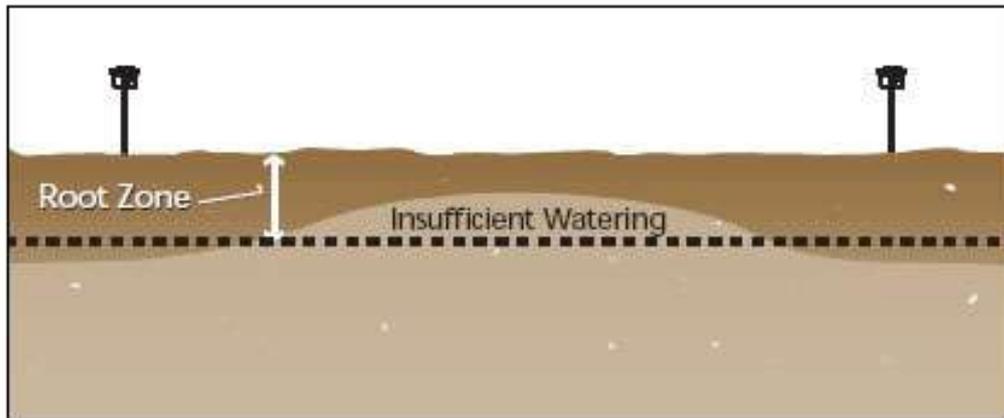
\*\* Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Civil Engineering Faculty, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة:

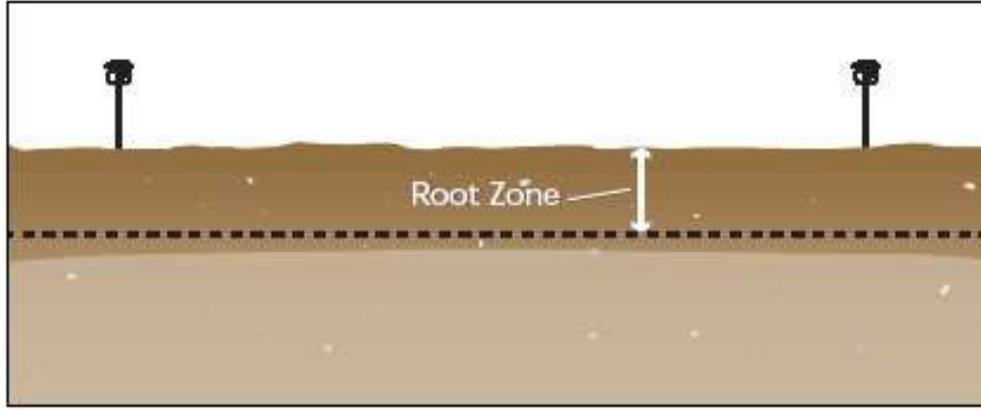
يتم أكبر استهلاك للمياه في قطاع الزراعة إذ تصل نسبة استهلاك المياه في هذا القطاع إلى 85% من الاستهلاك المائي الكلي، الذي يشمل، فضلاً عن القطاع الزراعي الاستهلاك المائي الحضري والقطاع الصناعي والطاقة. ونظراً لندرة الموارد المائية والتناقص المستمر لحصة الفرد من المياه نتيجةً لأسبابٍ عدةٍ، يتركز الاهتمام على الترشيد في استخدام المياه، وعلى الأخص في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني من نقصٍ في مواردها المائية. إن ترشيد استخدام المياه في الزراعة، يمكن أن يتحقق بتنفيذ أمورٍ عديدة منها استخدام طريقة الري بالرش. ولكن ترشيد استخدام المياه بإتباع هذه الطريقة، يستدعي تصميم نظام الري بالرش وتشغيله واستثماره بشكل مناسب. يجب على نظام الري بالرش المصمم بشكل جيد أن يحقق انتظاماً جيداً لتوزيع المياه على المساحة المروية. ويكون ذلك بداية في اختيار المرش المناسب، وثانياً في تحديد التباعد بين المرشات الذي يؤمن الانتظام المطلوب. مما يؤمن نمواً وإنتاجاً جيداً للنبات، وهو الغاية من عملية الري. وتبين الأشكال (1) و(2) و(3) العلاقة بين انتظام توزيع المياه في طريقة الري بالرش وكفاية كمية المياه المقدمة [1].



الشكل (1) ري بانتظام ضعيف واستخدام مفرط للماء



الشكل (2) ري بانتظام ضعيف ونقص في كمية مياه الري عن المطلوب



الشكل (3) ري بانتظام جيد وكمية مناسبة من مياه الري

إن اختيار المرش المناسب يرتبط بالعديد من العوامل مثل نوع المزروعات ونوع التربة وسرعة الرياح السائدة وأبعاد وشكل المساحة المروية وأسلوب نقل الأنابيب الحاملة للمرشات ( يدوي أم آلي ) ونوعية المياه المستخدمة والري بالرش لأغراض خاصة مثل الحماية من الصقيع وغيره [2]. وبعد اختيار المرش المناسب، على المصمم تحديد التباعد بين المرشات الذي يؤمن تداخلاً في دوائر الرش بحيث لا تظهر مساحات غير مروية أولاً ويعطي انتظاماً جيداً للري ثانياً. يتطلب هذا الأمر معرفة نصف قطر الرش الفعلي للمرشات المستخدمة، الذي يختلف عموماً عن نصف قطر الرش الوارد في كاتلوكات الجهات المصنعة. وهذه الكاتلوكات غير موجودة -غالباً- بالنسبة إلى المرشات المحلية لذا يجب على الباحثين والمهتمين في هذا المجال تحديد نصف قطر الرش الفعلي. وبعد معرفة أنصاف أقطار الرش الفعلية يلزم تحديد التباعد الأعظم بين المرشات الذي لا يؤدي إلى ظهور مساحات غير مروية. ويبين الجدول (1) التباعد الأعظم بين المرشات وعلاقته مع نصف قطر الرش حسب نموذج توضع المرشات [3].

الجدول (1) التباعد بين المرشات الأعظم وعلاقته مع نصف قطر الرش (m) R

ملاحظات	التباعد بين الأنابيب الجانبية $b(m)$	التباعد بين المرشات $a(m)$	نموذج توضع المرشات
	$R\sqrt{2}$	$R\sqrt{2}$	مربع
$a \geq R$	$1.4-1.6 \times R$	$1.0-1.2 \times R$	مستطيل
توضع مكثف $a \leq R$	$1.5-1.9 \times R$	$0.9-1.1 \times R$	
$a = R$	$1.6 \times R$	$1.0 \times R$	
	$1.5 \times R$	$1.73 \times R$	مثلث

وتجدر الإشارة هنا إلى أن اختيار التباعد الأعظم بين المرشات لا يقود بالضرورة إلى انتظام رش جيد، لأن ذلك يرتبط بنموذج توزيع المياه حول المرش أو ما يسمى بالمنحني المميز للمرش، الذي يعطي الكثافة مع قطر الرش في حالة سكون الرياح. إن الانتظام الجيد للرش هو الحكم الفصل في تحديد التباعد المناسب بين المرشات. كما أن تحديد التباعد بين المرشات في حالة سكون الرياح، الذي يعطي الانتظام المطلوب، هو الخطوة الأولى لتحديد التباعد بين المرشات في حالة وجود رياح، الحالة الواقعية لعمل المرشات.

**هدف وأهمية البحث:**

إن لدراسة التباعد بين المرشات أهمية كبيرة في عدم ظهور مساحات غير مروية وفي تحقيق انتظام الري بالرش، الذي يؤثر بدوره على كفاءة الري الحقلية وبالتالي على كفاءة استخدام الموارد المائية في ري الأراضي الزراعية، التي تستخدم هذا النوع من تقانات الري. إن للتأثير المشترك والمتبادل لكلٍ من انتظام الرش، والتباعد بين المرشات، وكثافة الرش، أهمية قصوى في تصميم واستثمار شبكات الري بالرش.

ويمكن تلخيص أهداف هذا البحث بالآتي:

- 1- دراسة أنصاف أقطار الرش الفعلية لعدد من المرشات المتوافرة في السوق المحلية وتوزيع المياه حولها، وذلك بتطبيق ضغط التشغيل المناسب للمرش، في حالة سكون الرياح.
- 2- تحديد التباعد الأعظم بين المرشات المدروسة لضمان عدم ظهور مساحات غير مروية.
- 3- دراسة تأثير التباعد بين المرشات المدروسة في انتظام وكثافة الري بالرش.

**طريقة البحث:****1- المواد المستخدمة في البحث:**

المرشات المستخدمة في هذه الدراسة (مرش الخيرات، مرش تاج الملك، مرش أندليان، مرش Rain bird) وهي مرشات قصيرة المدى ذات الرأس الدوّار. ويوضح الجدول (2) المواصفات الفنية للمرشات المستخدمة في الدراسة.

الجدول(2) المواصفات الفنية للمرشات المستخدمة في الدراسة

مواصفات المرش	مرش الخيرات	مرش تاج الملك	مرش أندليان	مرش RAIN BIRD
قطر الفوهة الرئيسية (mm)	3.51	3.41	4.08	3.54
قطر الفوهة الثانوية (mm)	2.59	2.02	2.65	-
زاوية الرش من الفوهة الرئيسية مع الأفق (درجة)	25	25	21	23
زاوية الرش من الفوهة الثانوية مع الأفق (درجة)	15	20	27	-
طول أنبوب الرش (mm)	33.40	31.44	37.32	33.19
وزن المرش (g)	325.79	309.80	494.00	444.87
قطر وصلة المرش (inch)	1.0	1.0	1.0	1.0
إمكانية التحكم بسرعة الدوران	غير ممكن	ممكن	غير ممكن	ممكن
مادة الصنع	معادن	معادن	معادن	معادن
علامات مميزة	الخيرات للري FARM-RC	تاج الملك SYRIA	أندليان صناعة سورية	RAIN BIRD

لقد نفذت التجارب في مخبر الري الحقلية في كلية الهندسة المدنية في جامعة البعث المجهز بالمعدات والأدوات اللازمة (بئر ماء، خزان معدني، مضخة، عداد ماء، مقياس للضغط، شبكة أنابيب، منظم ومقياس للضغط، أوعية

بلاستيكية للقياس، أنابيب اختبار مدرجة لقياس كمية المياه في الأوعية، مقيائية، جهاز يدوي لقياس سرعة الرياح، محطة مناخية رقمية).

## 2- خطوات إجراء التجربة:

لقد اتبع لتنفيذ التجربة الخطوات الآتية:

- وصل الشبكة وتركيب المرش على الأنابيب الجانبي بوساطة أنبوب صاعد مزود بمنظم ومقياس للضغط بدقة 0.1bar.

- توزيع أوعية القياس حول المرش، وهي عبارة عن أوعية بلاستيكية أسطوانية الشكل مساحة مقطوعها العرضي ( $A_c=106.6 \text{ cm}^2$ ) ويتباعد  $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ .

- تشغيل المضخة وضبط الضغط في المرش عند ضغط التشغيل المناسب حسب نوع المرش بوساطة منظم الضغط. ويبين الجدول (3) ضغط التشغيل المناسب للمرشات المدروسة ونصف قطر الرش دون دوران لرأس المرش في صالة مغلقة ( ضغط التشغيل المناسب هو الضغط المقابل لـ 0.95 من نصف قطر الرش الأعظم الذي يعتبر هو نصف قطر الرش المناسب).

- تشغيل المرشات المدروسة في الأوقات التي تكون فيها سرعة الرياح تساوي الصفر.

- قياس حجم المياه في أوعية القياس  $V_i$  الموزعة حول المرش، وحساب ارتفاع المياه في هذه الأوعية  $h_i$ :

$$h_i = \frac{V_i}{A_c} \quad (1)$$

الجدول (3) ضغط التشغيل المناسب للمرشات ونصف قطر الرش [1].

اسم المرش	ضاغط التشغيل المناسب $H_{sut} (m)$	نصف قطر الرش $R_{sut} (m)$
الخيرات	32.0	16.3
تاج الملك	30.0	16.0
أندليان	28.0	17.1
RAIN BIRD	39.0	17.1

## دراسة توزيع المياه حول المرش المنفرد:

من خلال الاعتماد على قياس ارتفاع الماء في الأوعية الموزعة حول المرش المدروس تم رسم خطوط تساوي كثافة الرش حول المرش المنفرد بالاستعانة ببرنامج AutoCAD land، والأشكال (4)، (5)، (6) و (7) تبين خطوط تساوي كثافة الرش للمرشات المدروسة والمنحنيات المميزة (كثافة الرش مع قطر الرش  $(i - D)$ ).

وبالاعتماد على الأشكال (4) و (5) و (6) و (7) تم استنتاج نصف قطر الرش الفعلي للمرشات المدروسة  $(R_{act})$  في الحيز المكشوف في حالة سكون الرياح ودوران رأس المرش ( سرعة دوران رأس المرش حول محوره 1.0 rpm). وبالمقارنة مع نصف قطر الرش  $(R_{sut})$ ، في صالة مغلقة ودون دوران رأس المرش، المبين في الجدول (3) يمكن إيجاد النسبة  $R_{act}/R_{sut}$  (انظر الجدول (4)).

الجدول (4) نصف قطر الرش للمرشات المدروسة والنسبة  $R_{act}/R_{sut}$

اسم المرش	نصف قطر الرش في حالة دوران	نصف قطر الرش بدون دوران رأس	$R_{act}/R_{sut}$

	المرش $R_{sut} (m)$	رأس المرش $R_{act} (m)$	
0.78	16.3	12.7	الخيرات
0.73	16.0	11.6	تاج الملك
0.79	17.1	13.5	أندليان
0.76	17.1	13.0	RAIN BIRD

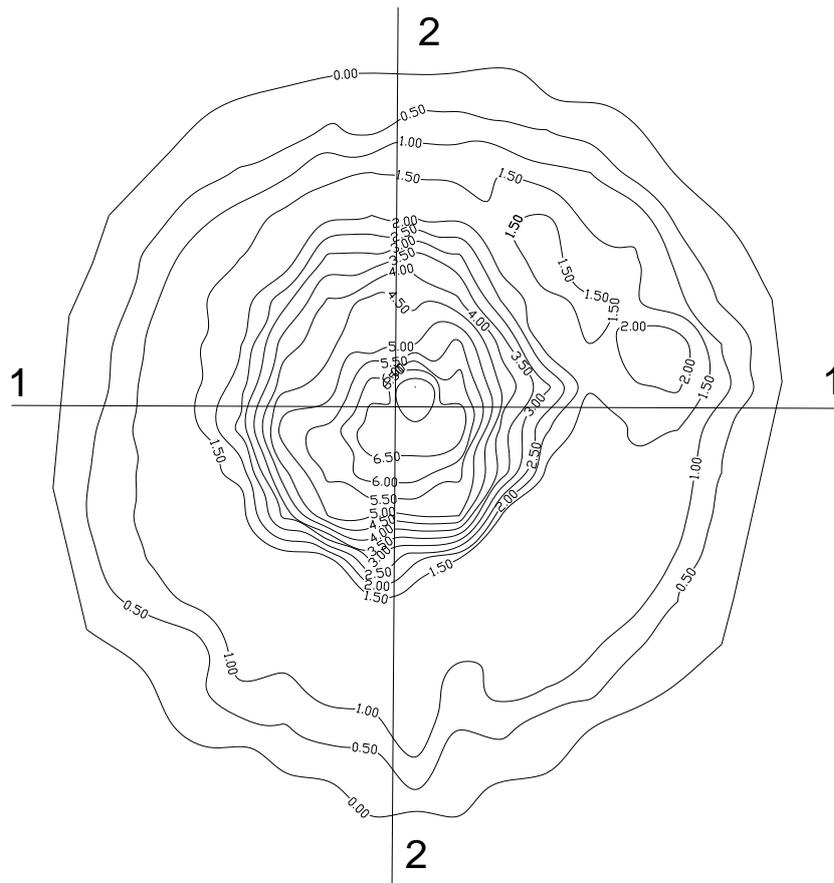
إن تحديد النسبة  $R_{act}/R_{sut}$  يمكن من تحديد نصف قطر الرش في حالة دوران رأس المرش وسكون الرياح في الحيز المكشوف بدلالة نصف قطر الرش دون دوران رأس المرش في صالة مغلقة بالنسبة إلى المرشات المدروسة من أجل ضغوط التشغيل المناسبة.

نلاحظ من خلال دراسة المنحنيات المميزة للمرشات المدروسة ( $i-D$ )، ومقارنتها مع المنحنيات النموذجية المختلفة الممكنة لتوزيع كثافة الرش مع القطر المبينة في الشكل (8) [3,2]، أن المنحني المميز (كثافة الرش - القطر) لمرش الخيرات قريب من النموذج (B)، والمنحني المميز لمرشي تاج الملك وأندليان قريب من النموذج (H) والمنحني المميز لـ Rain bird قريب من النموذج (A). ولكن إذا كان توزيع الكثافة مع القطر من النوع (B, A, C, H) فهو يلائم نموذج توضع المرشات المستطيل المكثف [3]، وإذا كان من النوع (C, D, F, I) فإنه يلائم نموذج توضع المرشات مربع ومثلث الشكل [3].

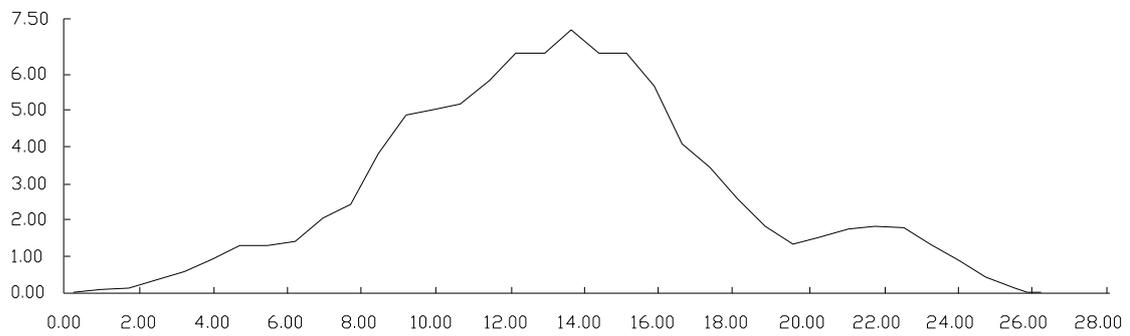
يمكن تحديد التباعد الأعظم بين المرشات بالاستناد إلى نصف قطر الرش الفعلي للمرشات المدروسة في حالة سكون الرياح الذي يؤدي لعدم ظهور مساحات غير مروية، تبعاً لنموذج توضع المرشات (مربع، مستطيل، مثلث) وفقاً للعلاقات المبينة في الجدول (1). ويبين الجدول (5) القيم المحسوبة للتباعد الأعظم بين المرشات ( $a$ ) و بين الأنايبب الجانبية ( $b$ ) وكذلك نسبة المساحة المترابطة لدوائر الرش ( $\epsilon$ ) من أجل التوضعات المختلفة.

الجدول (5) التباعد الأعظم بين المرشات وبين الأنايبب الجانبية ونسبة مساحة التراكب

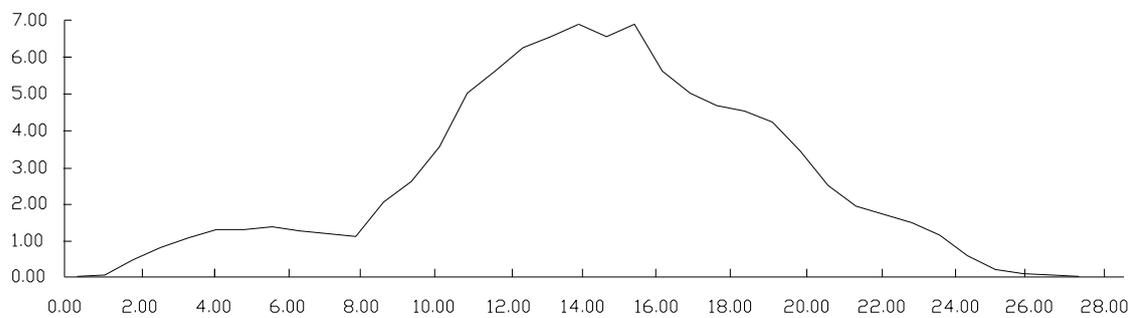
مرش RAIN BIRD		مرش أندليان		مرش تاج الملك		مرش الخيرات		نموذج توضع المرشات
$b (m)$	$a (m)$	$b (m)$	$a (m)$	$b (m)$	$a (m)$	$b (m)$	$a (m)$	
18.3		19.0		16.4		17.9		مربع
58.5		58.6		57.1		58.1		% $\epsilon$
19.5-24.7	11.7-14.3	20.3-25.6	12.1-14.8	17.4-22.0	10.4-12.8	19.1-24.1	11.4-13.9	مستطيل
90-84.0		90-85.0		90-85.0		91-84.3		% $\epsilon$
19.5	22.5	20.3	23.4	17.4	20.0	19.0	22.0	مثلث
21.0		20.5		21.5		21.2		% $\epsilon$



(a)

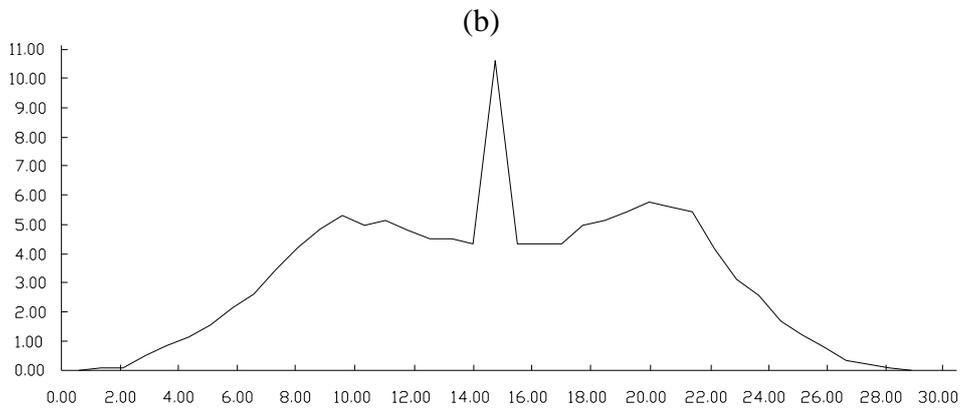
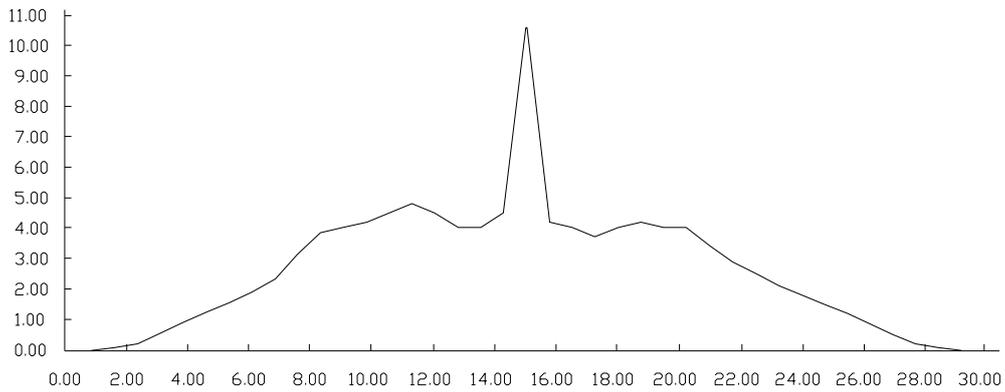
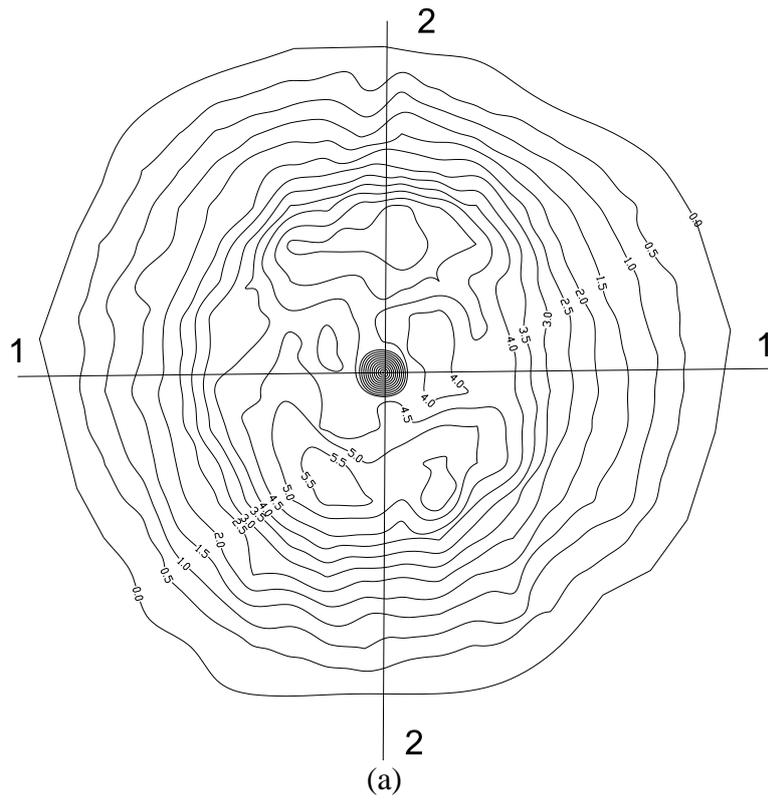


(b)



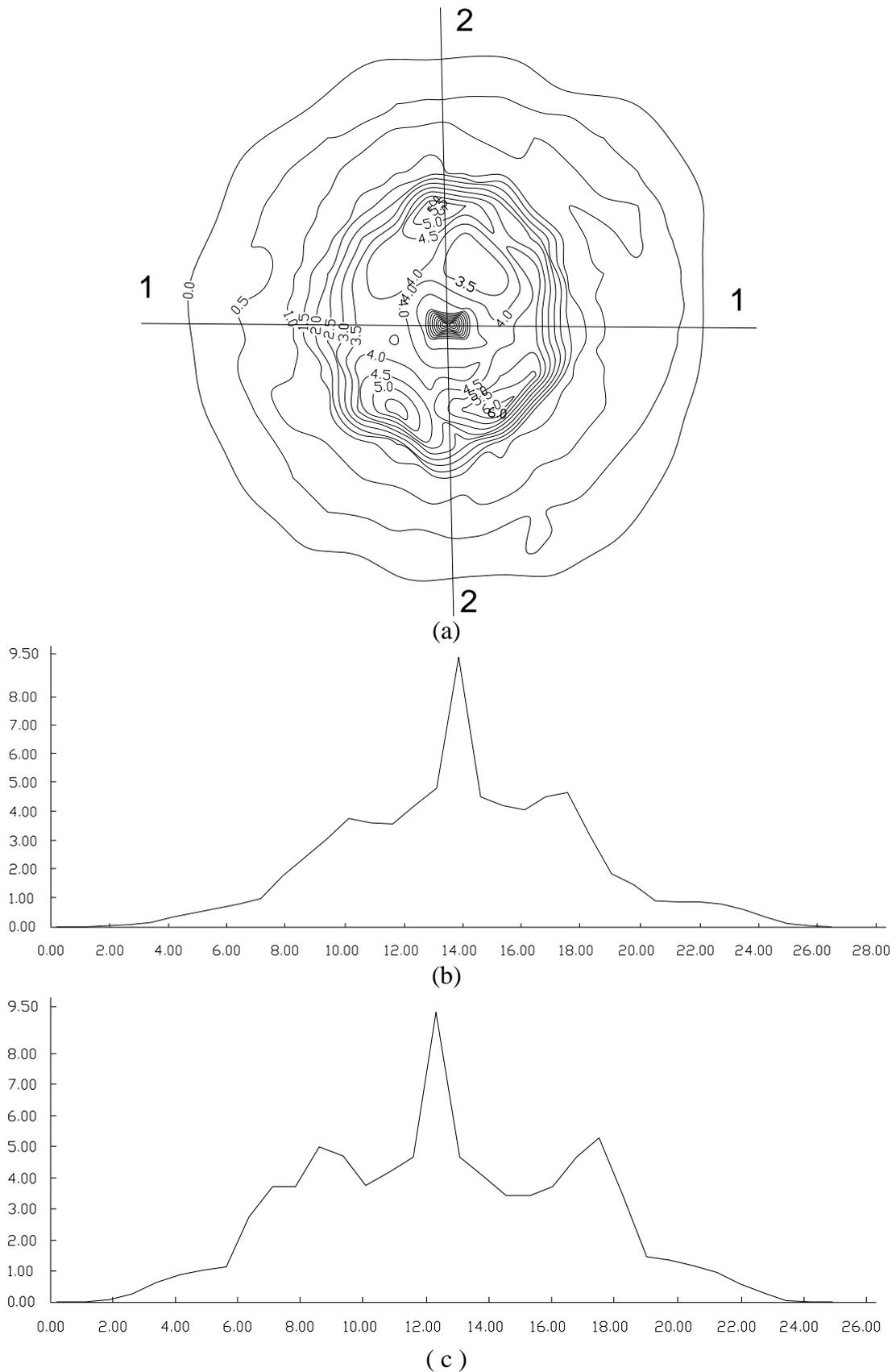
(c)

الشكل (4) توزيع كثافة الرش والمنحنيات المميزة لمرش الخيرات: (a) مخطط توزيع كثافة الرش mm/hr، (b) كثافة الرش مع القطر مقطع 1-1، (c) كثافة الرش مع القطر مقطع 2-2.

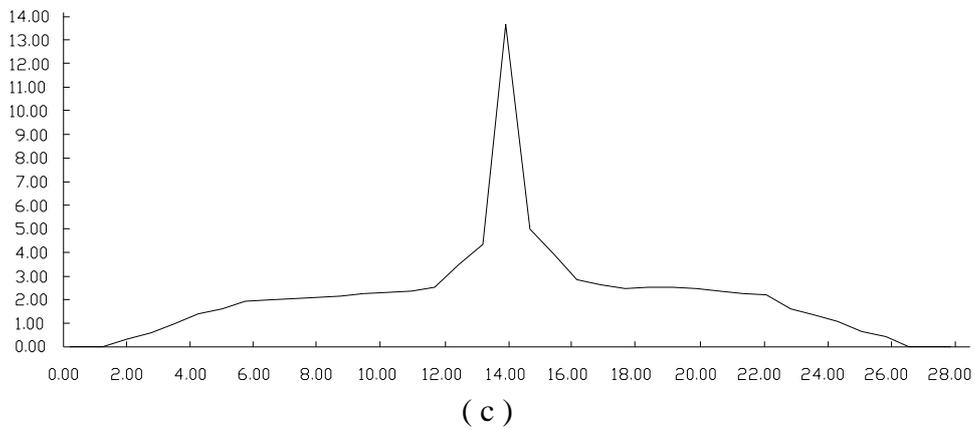
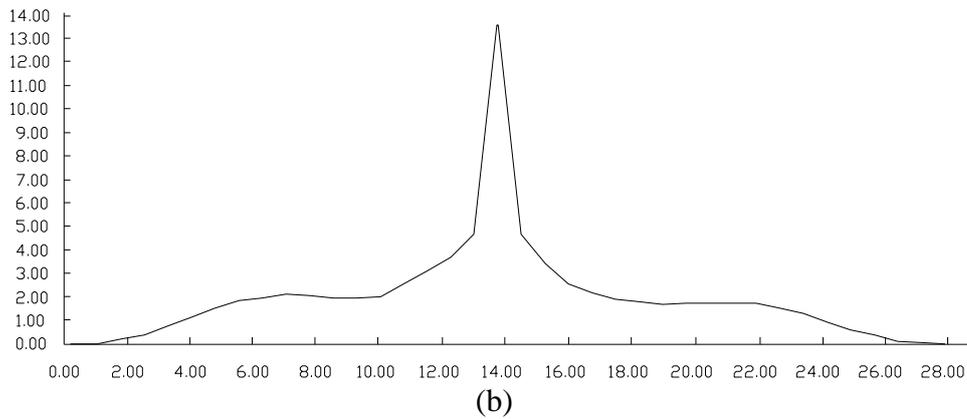
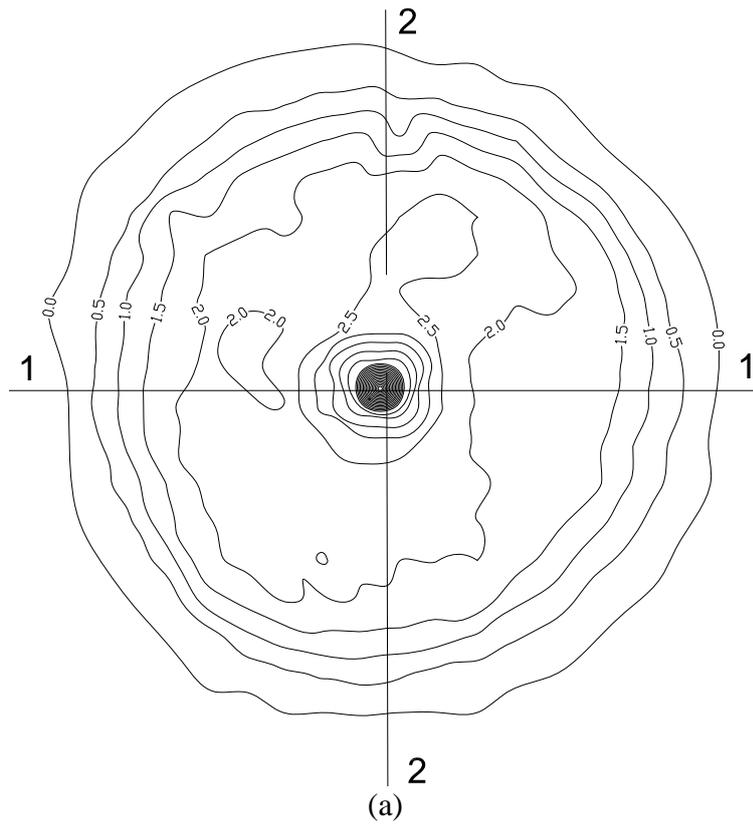


(c)

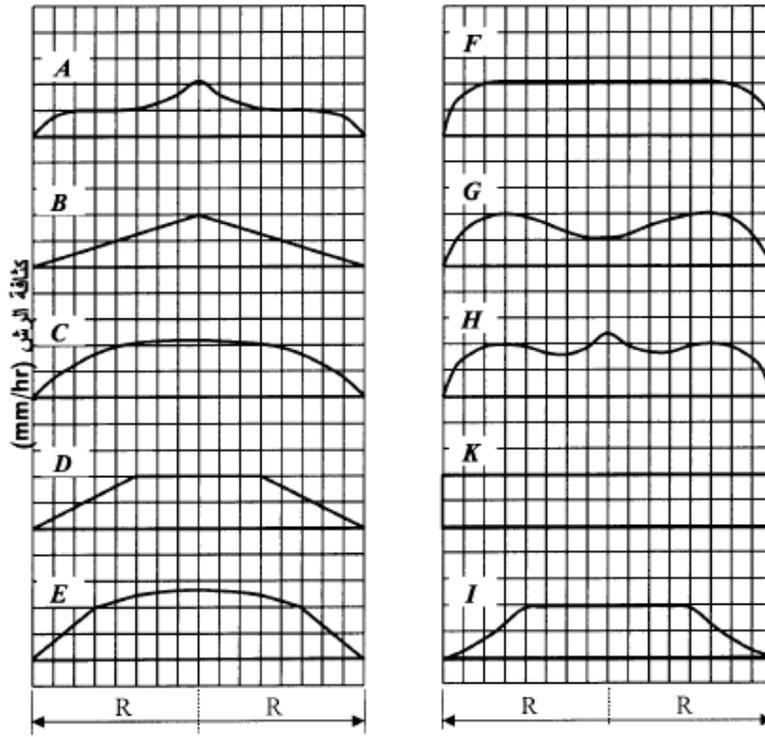
الشكل (5) توزيع كثافة الرش والمنحنيات المميزة لمرش أندليان: (a) مخطط توزيع كثافة الرش mm/hr ، (b) كثافة الرش مع القطر مقطع 1-1 ، (c) كثافة الرش مع القطر مقطع 2-2.



الشكل (6) توزيع كثافة الرش والمنحنيات المميزة لمرش تاج الملك: (a) مخطط توزيع كثافة الرش mm/hr ، (b) كثافة الرش مع القطر مقطع 1-1، (c) كثافة الرش مع القطر مقطع 2-2.



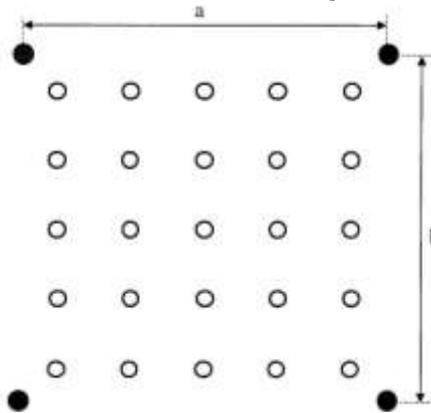
الشكل (7) توزيع كثافة الرش والمنحنيات المميزة لمرش Rain bird : (a) مخطط توزيع كثافة الرش mm/hr، (b) كثافة الرش مع القطر مقطع 1-1، (c) كثافة الرش مع القطر مقطع 2-2.



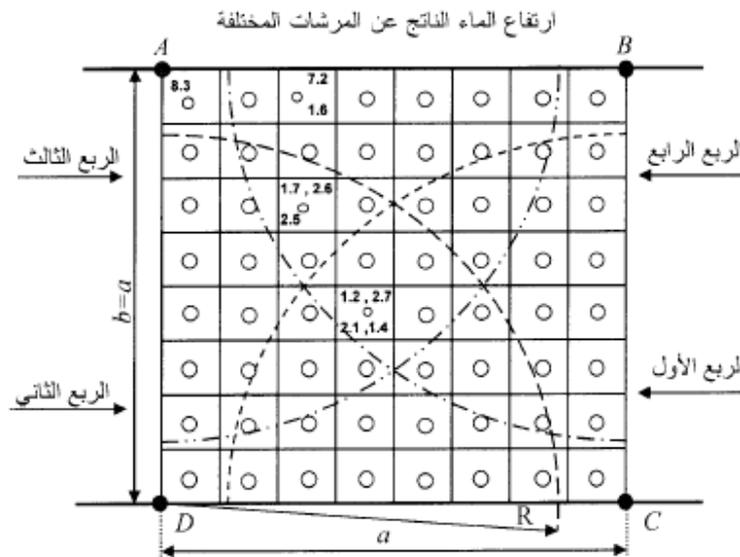
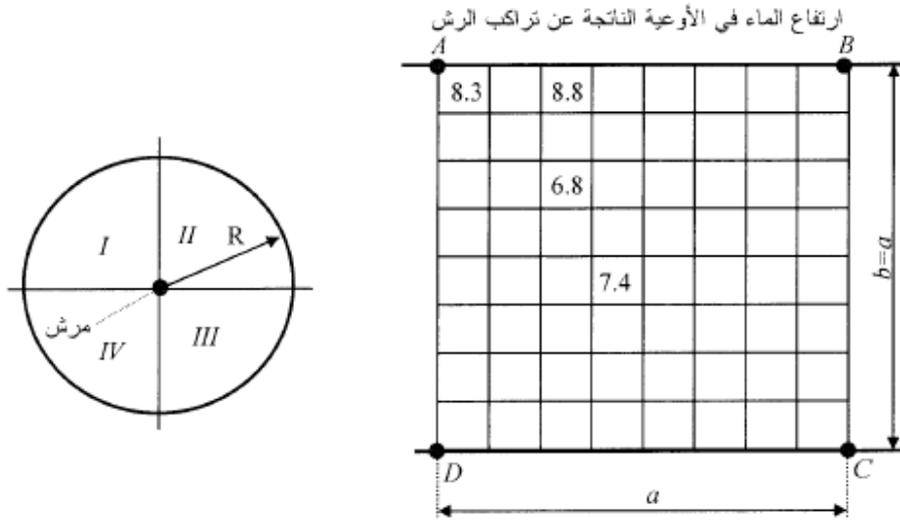
الشكل (8) النماذج الممكنة لأشكال توزيع الكثافة مع قطر الرش

## تأثير التباعد بين المرشات على انتظام الرش:

يعدّ انتظام الرش مقياساً هاماً فنياً وزراعياً ومعياراً لتقييم أداء المرش في الحقل. وانتظام الرش المستند على حصة المرش من المساحة المروية يتعلق بالتباعد بين المرشات والمواصفات النوعية لها وينموذج توضع المرشات. ويقدر انتظام الرش بطرق إحصائية مختلفة حيث أنّ المدخل لهذه الطرق هو القياسات الحقلية المباشرة لتوزيع ارتفاع الماء على المساحة المدروسة. ويتم القياس باستخدام أوعية قياس مناسبة، توضع على المساحة الواقعة بين ثلاثة أو أربعة مرشات موجودة فعلاً ويتوضع وتباعد محدد الشكل (9) [4]، أو توزيع الأوعية على المساحة الواقعة ضمن مجال تأثير المرش، ومن ثم يتم تجميع القيم الناتجة عن تراكم تأثير المرشات فيما لو كانت بتوضع وأبعاد معينة الشكل (10) [2,3]. إن دقة الحسابات تتطلب أن يكون عدد وتوزيع أوعية القياس بحيث يمثل كل منها مساحة واحدة تمكن من رصد أي تغير في توزيع الهطول الناتج عن الرش.



الشكل (10) مخطط توزيع أوعية القياس على المساحة الواقعة بين أربعة مرشات. ● موقع المرش، ○ موقع أوعية القياس.



الشكل (9) تجميع نتائج الهطول لمرش يعمل ضمن مجموعة في توضع مربع الشكل، اعتماداً على توزيع ارتفاع الرش الناتج عن مرش منفرد ، A, B, C, D ، مواقع المرشات المفترضة.

تخضع نتائج القياس لمعالجة إحصائية تتحدد فيها القيمة الوسطية لارتفاع الرش. وتعدّ طريقة كريستائينس من أكثر الطرق استخداماً في دراسة انتظام الرش حيث يعطى معامل انتظام الرش (CU) Coefficient of Uniformity بالعلاقة الآتية [2,3,5,6,7,8,9]:

$$CU = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \quad (1)$$

حيث:

$X$  - ارتفاع الماء في أوعية القياس المختلفة (mm).

$\bar{X}$  - المتوسط الحسابي لارتفاع الماء في أوعية القياس (mm).

n - عدد أوعية القياس على المساحة المدروسة.

وللحكم على درجة انتظام الرش أعطى كريستائينسن [2,3] تصنيفاً لدرجة انتظام الرش حسب معامل الانتظام كما في الجدول (6). كما يقدر انتظام الرش باستخدام انتظام توزيع الرش (DU) الذي يحسب من نسبة ارتفاع الرش الوسطي في أقل ربع على ارتفاع الرش الوسطي الكلي وذلك وفق العلاقة الآتية [1,7,8]:

$$DU = \frac{\bar{h}_{avLq}}{\bar{h}_{av}} \times 100 \quad (2)$$

حيث:

DU - انتظام توزيع الرش (%).

$\bar{h}_{avLq}$  - ارتفاع الرش الوسطي لأقل ربع من الأوعية (mm).

$\bar{h}_{av}$  - ارتفاع الرش الوسطي لجميع أوعية القياس على المساحة المدروسة (mm).

ويقيم انتظام الرش حسب انتظام توزيع الرش كما في الجدول (7) [1].

الجدول (6) تصنيف انتظام الرش حسب كريستائينسن

معامل انتظام الرش (CU %)	تصنيف درجة الانتظام
$95 \geq CU \geq 80$	جيدة جداً
$80 > CU \geq 55$	وسط إلى ضعيفة
$CU < 55$	سيئة

الجدول (7) تصنيف انتظام الرش حسب انتظام توزيع الرش (DU%)

انتظام توزيع الرش (DU%)	تصنيف انتظام الرش
$DU \geq 85$	ممتازة
$85 > DU \geq 70$	جيدة
$DU < 70$	ضعيفة

تم الاعتماد في هذا البحث الطريقة التي توزع فيها أوعية القياس حول مرش منفرد لحساب انتظام الرش الناتج عن المرشات المدروسة، ومن ثم تطبيق حالات مختلفة لنماذج توزيع المرشات والتباعدات بينها. وتم اختيار تباعد المرشات أقل من التباعد الأعظم الوارد في الجدول (1)، مع مراعاة الأطوال القياسية شائعة الاستخدام للأنايبس سواء المصنوعة من البلاستيك أو الألمنيوم (12, 9, 6m).

ولإجراء التراكبات المختلفة وحساب (CU, DU) تم تصميم برنامج باستخدام تقانة الـ MATLAB حيث مكن البرنامج من القيام بتراكبات كثيرة وبدقة كبيرة استناداً على قياسات توزيع ارتفاع الماء الناتج عن مرش منفرد. وتبين الجداول (8) و(9) و(10) و(11) معامل انتظام الرش (CU) وانتظام توزيع الرش (DU) وكثافة الرش الوسطية ( $i_{av}$ ) لمرش الخيرات، تاج الملك، أندليان، Rain bird.

الجدول (8) معامل انتظام الرش (Cu) وانتظام توزيع الرش (Du) وكثافة الرش الوسطية ( $i_{av}$ ) لمرش الخيرات.

$i_{av}$ (mm/hr)	Du (%)	Cu (%)	التباعد (a×b)m	توضع المرشات
23.17	92.66	94.16	6×6	مربع
10.30	73.78	85.28	9×9	
5.79	68.76	78.94	12×12	
15.45	82.66	78.38	6×9	مستطيل
11.59	76.08	84.64	6×12	
7.72	58.89	64.00	6×18	
7.72	72.78	81.98	9×12	
5.15	55.39	61.66	9×18	
3.86	54.05	61.06	12×18	
11.59	80.26	88.56	12×6	مثلث
7.72	73.76	83.11	12×9	
7.87	72.16	81.57	18×6	
5.25	62.34	74.86	18×9	
3.94	60.18	69.17	18×12	

الجدول (9) معامل انتظام الرش (Cu) وانتظام توزيع الرش (Du) وكثافة الرش الوسطية ( $i_{av}$ ) لمرش تاج الملك.

$i_{av}$ (mm/hr)	Du (%)	Cu (%)	التباعد (a×b)m	توضع المرشات
17.65	81.40	86.28	6×6	مربع
7.85	77.15	81.88	9×9	
4.41	65.48	76.29	12×12	
11.77	81.58	88.23	6×9	مستطيل
8.83	66.31	78.31	6×12	
6.09	36.08	45.47	6×18	
5.88	66.24	76.68	9×12	
4.06	34.63	45.47	9×18	
3.05	34.71	44.69	12×18	
8.83	79.63	84.35	12×6	مثلث
5.83	77.12	84.79	12×9	
6.26	69.62	79.26	18×6	
4.17	57.81	69.87	18×9	
3.13	51.04	58.34	18×12	

الجدول (10) معامل انتظام الرش (Cu) وانتظام توزيع الرش (Du) وكثافة الرش الوسطية ( $i_{av}$ ) لمرش أندليان.

$i_{av}$ (mm/hr)	Du (%)	Cu (%)	التباعد (a×b)m	توضع المرشات
36.05	97.04	97.95	6×6	مربع
16.02	88.72	92.99	9×9	
9.01	74.73	83.46	12×12	
24.03	92.76	95.60	6×9	مستطيل
18.03	91.02	94.59	6×12	
12.02	68.34	79.87	6×18	
12.02	86.21	91.9	9×12	
8.01	68.26	79.57	9×18	
6.01	67.45	74.52	12×18	
18.02	93.85	96.29	12×6	مثلث
12.02	81.25	87.64	12×9	
12.16	85.17	90.33	18×6	
8.11	75.66	86.15	18×9	
6.08	78.24	87.89	18×12	

الجدول (11) معامل انتظام الرش (Cu) وانتظام توزيع الرش (Du) وكثافة الرش الوسطية ( $i_{av}$ ) لمرش Rain bird.

$i_{av}$ (mm/hr)	Du (%)	Cu (%)	التباعد (a×b)m	توضع المرشات
21.46	95.64	97.64	6×6	مربع
9.54	88.94	92.26	9×9	
5.37	78.99	84.27	12×12	
14.31	90.82	93.61	6×9	مستطيل
10.73	89.66	93.81	6×12	
7.15	81.62	85.31	6×18	
7.15	80.52	88.92	9×12	
4.77	78.87	84.12	9×18	
3.58	70.36	80.07	12×18	
10.73	84.68	89.53	12×6	مثلث
7.15	72.98	82.8	12×9	
7.31	89.43	90.31	18×6	
4.87	81.18	84.53	18×9	
3.65	70.48	79.24	18×12	

نلاحظ من الجداول أعلاه إن أفضل انتظام للرش، من أجل نفس نموذج التوضع والتباعد بين المرشات، هو لمرش أندليان يليه مرش Rain bird ثم الخيرات ثم تاج الملك. بينما أكبر كثافة رش وسطية فعلية هي لمرش أندليان يليه مرش الخيرات ثم Rain bird ثم تاج الملك، من أجل نفس نموذج التوضع والتباعد بين المرشات. ومن دراسة الجداول (8) و (9) و (10) و (11) يمكن استنتاج التباعدات بين المرشات المدروسة التي تعطي انتظاماً جيداً للرش وكثافة الرش المقابلة لها، مع الأخذ بالحسبان الأطوال القياسية للأنايب المستخدمة كما يبين ذلك الجدول (12).

الجدول (12) تباعد المرشات المناسب وكثافة الرش المقابل لها

كثافة الرش الوسطية $i_{av}(mm/hr)$	التباعد بين المرشات $a \times b(m)$	نموذج توضع المرشات	اسم المرش التجاري	
23.17	6×6	مربع	الخيرات	
10.30	9×9			
11.59	6×12	مستطيل		
7.72	9×12			
11.59	12×6	مثلث		
7.72	12×9			
7.87	18×6			
17.65	6×6	مربع	تاج الملك	
7.85	9×9			
11.77	6×9	مستطيل		
8.83	12×6			
5.83	12×9	مثلث		
36.05	6×6			
16.02	9×9	مربع	أندليان	
9.01	12×12			
24.03	6×9	مستطيل		
18.03	6×12			
12.02	9×12			
18.02	12×6	مثلث		
12.02	12×9			
12.16	18×6			
8.11	18×9			
6.08	18×12			
21.46	6×6	مربع		Rain bird
9.54	9×9			
5.37	12×12			
14.31	6×9	مستطيل		
10.73	6×12			
7.15	6×18			
7.15	9×12			
4.77	9×18			
3.58	12×18			
10.73	12×6	مثلث		
7.15	12×9			
7.31	18×6			
4.87	18×9			

ومن دراسة النتائج الواردة في الجدول (12)، يمكن استنتاج التباعد بين المرشات  $(a \times b)$  بعلاقتها مع نصف قطر الرش الفعلي ( $R_{act}$ )، مع الأخذ بالحسبان الأطوال القياسية للأنايب المستخدمة (انظر الجدول (13)).

الجدول (13) العلاقة بين نصف قطر الرش الفعلي ( $R_{act}$ ) والتباعد بين المرشات.

اسم المرش	نموذج التوضع	التباعد بين المرشحات (a)	التباعد بين الأنايبب الجانبية (b)
الخيرات	مربع	$a \leq 0.70 R$	$b \leq 0.70 R$
	مستطيل	$a \leq 0.70 R$	$b \leq 0.94 R$
	مثلث	$a \leq 1.40 R$	$b \leq 0.47 R$
تاج الملك	مربع	$a \leq 0.77 R$	$b \leq 0.70 R$
	مستطيل	$a \leq 0.51 R$	$b \leq 0.77 R$
	مثلث	$a \leq 1.03 R$	$b \leq 0.77 R$
أندليان	مربع	$a \leq 0.88 R$	$b \leq 0.88 R$
	مستطيل	$a \leq 0.66 R$	$b \leq 0.88 R$
	مثلث	$a \leq 1.33 R$	$b \leq 0.88 R$
Rain bird	مربع	$a \leq 0.92 R$	$b \leq 0.92 R$
	مستطيل	$a \leq 0.92 R$	$b \leq 1.38 R$
	مثلث	$a \leq 1.38 R$	$b \leq 0.69 R$

### الاستنتاجات:

يمكن تلخيص أهم النتائج التي وصل إليها هذا البحث على النحو الآتي:

- 1- إن قيمة نصف قطر الرش الفعلي للمرشحات المدروسة، في حالة سكون الرياح ومع دوران رأس المرش هي 12.7m لمرش الخيرات و 11.6m لمرش تاج الملك و 13.5m لمرش أندليان و 13m لمرش Rain bird.
- 2- تراوحت النسبة  $R_{act}/R_{sut}$  للمرشحات المدروسة بين 0.73 و 0.79 من أجل ضغوط التشغيل المناسبة. وبالتالي يمكن حساب نصف قطر الرش الفعلي  $R_{act}$  في الحيز المكشوف انطلاقاً من قيمة نصف قطر الرش دون دوران رأس المرش في صالة مغلقة، الأمر الذي يمكن تنفيذه بغض النظر عن الظروف المناخية.
- 3- يعطي نموذج التوضع مثلث الشكل للمرشحات أفضل انتظام للرش يليه النموذج مربع الشكل ومن ثم النموذج مستطيل الشكل.
- 4- إن استخدام معامل انتظام الرش (CU) أو انتظام توزيع الرش (DU) في تقدير انتظام الرش أعطى نتائج متماثلة لتقييم درجة الانتظام عند أخذ التباعد الأعظم بين المرشحات بالحسبان.
- 5- إن مرش Rain bird يعطي خيارات واسعة نسبياً للتباعدات الممكنة بين المرشحات. يليه في ذلك مرش أندليان فمرش الخيرات فمرش تاج الملك بناءً على الانتظام الجيد للرش.
- 6- إن قيمة التباعد بين المرشحات (a) وبين الأنايبب الجانبية (b) ، التي تعطي انتظاماً جيداً للرش هي:
  - $0.70R \leq a \leq 0.92R$  في حالة التوضع مربع الشكل.
  - $0.51R \leq a \leq 0.92R$  و  $0.77R \leq b \leq 1.38R$  في حالة التوضع مستطيل الشكل.
  - $0.94R \leq a \leq 1.40R$  و  $0.47R \leq b \leq 0.88R$  في حالة التوضع مثلث الشكل.

### المراجع:

- 1- RAIN BIRD . *Distribution Uniformity*. 3/6/2007. <[WWW.Rainbird.com](http://WWW.Rainbird.com)>.
- 2- سليمان، أمين؛ الجودي، حسان؛ حمدان، ياسر، الري والصرف لغير المختصين. مديرية الكتب والمطبوعات جامعة البعث، 2000، 313.
- 3- DRUPKA, S. *Deszczownie Deszczowanie*. Wyd. II, PWRiL, Warszawa, 1980.
- 4- العامود، أحمد إبراهيم؛ الفتياي، فاروق عبدالله، الري بالرش الأجهزة والتطبيق. ( مترجم عن ملفن كاي) دار المعارف مصر، 1991، 176.
- 5- عبدالله، إيهاب؛ سلامه، معن، الري (1). مديرية الكتب والمطبوعات جامعة البعث، 1998، 312.
- 6- قازان، محمد نزار ، الري(1). مديرية الكتب والمطبوعات جامعة حلب، 1989، 299.
- 7- ASCOUGH GW.; KIKER GA. *The Effect of Irrigation Uniformity on Irrigation Water Requirements*. The CIGR Journal of Scientific Research and Development, Vol. 28, No. 2 , April 2002, 235-241.
- 8- SOLOMON, K. H. *Sprinkler Irrigation Uniformity*. California Agricultural Technology Institute, 2000, 5/1/2005.< [WWW.csufresno.edu](http://WWW.csufresno.edu)>.
- 9- LI, G. ; RAO, M. *Crop Yield as Affected by Uniformity of Sprinkler Irrigation System*. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development, Manuscript LW 01 004, Vol. III,1-8.