# تناسق توزيع الماء في المنطقة الجذرية

**حقي إسماعيل ياسين**

أستاذ مساعد/كلية الهندسة/جامعة الموصل

## المستخلص

**إن أداء منظومة الري يتم تقييمه بمعايير توضح استغلال مياه الري في الحقل وهي كفاءة الإرواء وكفاية الإرواء وتناسق توزيع أعماق الارتشاح، وبسبب إمكانية اختلاف توزيع أعماق الارتشاح ضمن المنطقة الجذرية لنفس قيمة معامل تناسق الإرواء المعتمد لأعماق الارتشاح داخل التربة، لذا تم التعبير عن معامل تناسق للعمق المفيد في مياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية كمعيار تقييم، وتم إيجاده كدالة لكل من كفاية الإرواء ومعامل التناسق لأعماق الارتشاح وذلك لكل من حالتي التوزيع الخطي والتوزيع الطبيعي لأعماق الارتشاح.**

**الكلمات الدالة: توزيع أعماق الارتشاح، تناسق الإرواء، كفاية الإرواء، كفاءة الإرواء.**

# Water Distribution Uniformity In The root Zone

**Haqqi I. Yasin**

## ABSTRACT

**The performance of irrigation systems can be evaluated by criteria which show the efficient use of on-farm water distribution. The different distribution of infiltration depths in the soil may give the same value of application uniformity coefficient; therefore the present study considered the distribution uniformity coefficient of the useful infiltration depths in the root zone as part of the evaluation criteria. The considered criteria was expressed as a function of both application adequacy and the application uniformity of infiltration depths. The derived function is applicable for linear and natural distribution of infiltration depths.**

**Key words: infiltration depths distribution, application uniformity, application adequacy, application uniformity**

**أستلم: 25 - 11 - 2009** **قبل:** 13 - 12 - 2010

## المقدمـــــة

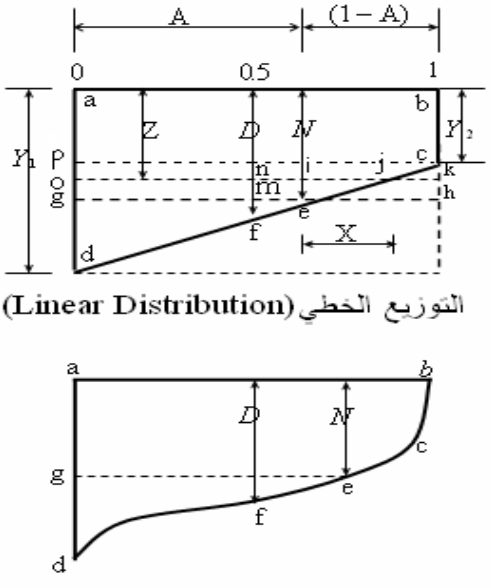
في منظومات الري التي ليس فيها ضائعات سيح سطحي أو رذاذ رش فان جميع مياه الري سيتم ارتشاحها من قبل التربة وفي الحالات التي تكون فيها كفاية الإرواء بحدود أكثر من 0% وأقل من 100% فان جزء من المساحة المروية سيكون في إفراط إرواء والجزء الأخر في عجز إرواء، أي أنَ جزء من مياه الري سيكون مفيد للنبات يخزن ضمن المنطقة الجذرية وجزء يغور إلى الأسفل خارج المنطقة الجذرية كضائعات غمر عميق. إن أداء منظومة الري يتم تقييمه بمعايير توضح استغلال مياه الري في الحقل، وتعرف كفاءة الإرواء Application Efficiency أنها نسبة مياه الري التي تخزن ضمن المنطقة الجذرية إلى كمية المياه المعطاة من فتحات منظومة الري، وكفاية الإرواء Application Adequacy وهي نسبة المساحة التي تستلم عمق إرواء يساوي أو اكبر من صافي عمق الري إلى المساحة الكليـــة، وتناسق الإرواء Application Uniformity وهو ما يعبر عن انتظام توزيع مياه الري.

وقد أوضحت معظم الدراسات إن أوفق توزيع لأعماق الارتشاح مع المساحة هما التوزيع الخطي (Linear Distribution) والتوزيع الطبيعي(Normal Distribution) (حاجم وياسين 1992)[1] ، وبعامـة يمكن في الري السطحي التعبير عن المساحة بدلالة طول مضمار الري وإذا كانت التربـة متجانسة وانحدار الري ثابتاً فان توزيـع أعماق الارتشاح على امتداد مضمار الري في الظروف الاعتيادية أقرب إلى التوزيـع الخطي منه إلى التوزيـع الطبيعي (حاجم وياسين 1992)[1]. أما في حالـة الري بالرش فان توزيـع أعماق الارتشاح عادة تتطابق إلى التوزيـع الطبيعي وتتناظر حول قيمـة معدلها وذلك عندما يكون معامل تناسق كريستنسن لأعماق الارتشاح أكبر من 70% (Merkley and Allen 2007)[2]،(Walker 1980) [3]، وعند معاملات التناسق المنخفضة يكون أقرب إلى التوزيـع الخطي منه إلى التوزيـع الطبيعي(Elliot et al., 1980) [4] . وان جريان المنقط في منظومة الري بالتنقيط يكن اعتباره يمتلك توزيع طبيعي بسبب تناسق التوزيع العالي له (Anyoji 1994) [5].

اعتماداً على المعايير المعتمدة في إيجاد معامل تناسق الإرواء فيمكن ملاحظة اختلاف في توزيع أعماق الارتشاح ضمن المنطقة الجذرية وذلك لحالات ذات نفس القيمة لمعامل تناسق الإرواء المعتمد لأعماق الارتشاح داخل التربة وكما موضح في الجدول (1). لذا فالهدف من البحث إيجاد معامل التناسق للعمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية كدالة لكل من المعايير التي تعكس فعالية استغلال مياه الري المشار إليها أعلاه، إضافة إلى أهمية معامل التناسق للعمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية وذلك عند استخدام ريات ذات تناسق توزيع ثابت وبتغيير كفاية الارواء من خلال التحكم بفاصلة الإرواء.

### توزيع أعماق الارتشاح

في الشكل(1) حيث يمثل المحور العلوي للشكل نسبة المساحة المستلمة للعمق المعني أو أكثر والمحور العمودي لأعماق الارتشاح. المساحة abcd تمثل ماء الإرواء ، والمساحة abceg تمثل الماء المفيد ضمن المنطقة الجذرية، والمساحة ged تمثل المياه الضائعة كغمر عميق خارج المنطقة الجذرية بافتراض عدم وجود ضائعات أخرى . A كفاية الإرواء، D معدل عمق ماء الإرواء، N صافي عمق الري، UC معامل تناسق توزيع مياه الري، E كفاءة الإرواء، UCU معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية.




التوزيع الخطي (Linear Distribution)




التوزيع الطبيعي(Normal Distribution)

الشكل(1):توزيع أعماق الارتشاح

**الجدول(1):أربعة مجاميع لأعماق الارتشاح باعتماد صافي عمق الري يساوي معدل الإرواء.**

| | | | | | | | | | | | | | | معامل التناسق للعمق المفيد | كفاءة الإرواء | كفاية الإرواء | معامل تناسق الإرواء | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المجموعة الأولى | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 0.80 | 0.50 | 0.90 | 0.882 |
| المجموعة الثانية | 40 | 38 | 38 | 34 | 30 | 28 | 28 | 28 | 20 | 16 | 0.80 | 0.50 | 0.90 | 0.867 |
| المجموعة الثالثة | 42 | 39 | 36 | 33 | 30 | 29 | 29 | 29 | 18 | 15 | 0.80 | 0.50 | 0.90 | 0.844 |
| المجموعة الرابعة | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 29 | 29 | 29 | 29 | 04 | 0.80 | 0.50 | 0.90 | 0.830 |

## التوزيع الخطي لأعماق الارتشاح:

للتوزيع الخطي يمكن التعبير عن معامل التناسق لأعماق الارتشاح بالصيغة الآتية (حاجم وياسين 1992)[1]، (Karmeli 1978)[6]:

$$UC = 1 - 0.25(Y_1 - Y_2)/D \quad \text{.....(1)}$$

حيث $Y_1$و $Y_2$هما العمق الأقصى والأدنى لأعماق الارتشاح بالتوزيع الخطي، ومن تشابه المثلثين dci و emf فانَّ:

$$(Y_1 - Y_2) = (D - N)/(A - 0.5) \quad \text{.....(2)}$$

وأنَّ معدل العمق المفيد ضمن المنطقة الجذرية يكون الآتي:

$$Z = N * A + (N + Y_2)(1 - A)/2 \quad \text{.....(3)}$$

ومن تشابه المثلثين eli و ehc فان:

$$(N - Z)/X = (N - Y_2)/(1 - A) \quad \text{.....(4)}$$

وبالتعويض عن قيمة Z من المعادلة 3 في المعادلة 4 ينتج:

$$X = 0.5(1 - A)^2 \quad \text{.....(5)}$$

وباعتماد نفس المبدأ في التعبير عن معامل التناسق في المعادلة 1 فانَّ معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية يكون:

$$UCU = \{(N - Z)A + 0.5(N - Z)X + 0.5(Z - Y_2)(1 - A - X)\}/(Z * 1) \quad \text{.....(6)}$$

وبالتعويض عن قيمة Z من العادلة 3 وX من المعدلة 5 في المعادلة 6 ينتج:

$$UCU = 1 - \{0.5(N - Y_2)(1 - A)(1 + A)^2\}/(N * A + N + Y_2 - A * Y_2) \quad \text{.....(7)}$$

ومن تشابه المثلثات ehc وemf وcpd والمعادلة 1 فأن:

$$\frac{D - N}{A - 0.5} = \frac{N - Y_2}{1 - A} = \frac{Y_1 - Y_2}{1} = 4D(1 - UC) \quad \text{.....(8)}$$

ومن المعادلة 8 ينتج:

$$Y_2 = N - 4D(1 - UC)(1 - A) \quad \text{.....(9)}$$

$$(N - Y_2) = 4D(1 - UC)(1 - A) \quad \text{.....(10)}$$

$$N = D - 4D(1-UC)(A-0.5) \quad \text{.....(11)}$$

وبالتعويض عن قيمة $Y_2$ من المعادلة 9 وقيمة $(N - Y_2)$ من المعادلة 10 في المعادلة 7 ينتج:

$$UCU = \frac{2D(1-UC)\left(1-A^2\right)^2}{2N - 4D(1-UC)\left(1-A^2\right)^2} \quad \text{.....(12)}$$

وبالتعويض عن قيمة N من المعادلة 11 في المعادلة 12 ينتج:

$$UCU = 1 - \frac{(1-UC)\left(1-A^2\right)^2}{1-2A^2(1-UC)} \quad \text{.....(13)}$$

## التوزيع الطبيعي لأعماق الارتشاح:

تم إيجاد العلاقات بين كل من معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية وكفاية الإرواء ومعامل التناسق لأعماق الارتشاح بصيغ المعادلة 13 وذلك في حالة التوزيع الطبيعي بالتحليل العددي، حيث تم اعتماد ثلاثة عشر من التوزيعات الطبيعية المختلفة في معامل التغاير Coefficient of Variation أي ذات معامل تناسق لأعماق الارتشاح مختلف. وتم إجراء حسابات عددية بتغيير كفاية الإرواء وإيجاد معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية، حيث تم الحصول على بيانات بواقع 100 قيمة لكل من المعاملات أعلاه وباستخدام طريقة الانحدار اللاخطي تم إيجاد معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية كدالة لكل من كفاية ومعامل تناسق الإرواء وبالصيغة الآتية:

$$UCU = 1 - \frac{(1-UC)\left(1-A^2\right)^2}{1-2.1409A^2(1-UC)} \quad \text{..... } R^2=0.9997 \text{ .....(14)}$$

وبالرغم مما تعنيه القيمة العالية لمعامل التحديد فقد تم مقارنة بعض القيم المحسوبة عددياً والتي لم تعتمد في إيجاد المعادلة 14 بقيم محسوبة من المعادلة 14وذلك لمعامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية لحالات مختلفة من كفاية الإرواء ومعامل تناسق توزيع أعماق الارتشاح وذلك كما موضح في الجدول(2).

**الجدول(2): المقارنة بين القيم المحسوبة عددياً والمحسوبة من المعادلة 14وذلك لمعامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية لحالات مختلفة من كفاية الإرواء ومعامل تناسق توزيع أعماق الارتشاح.**

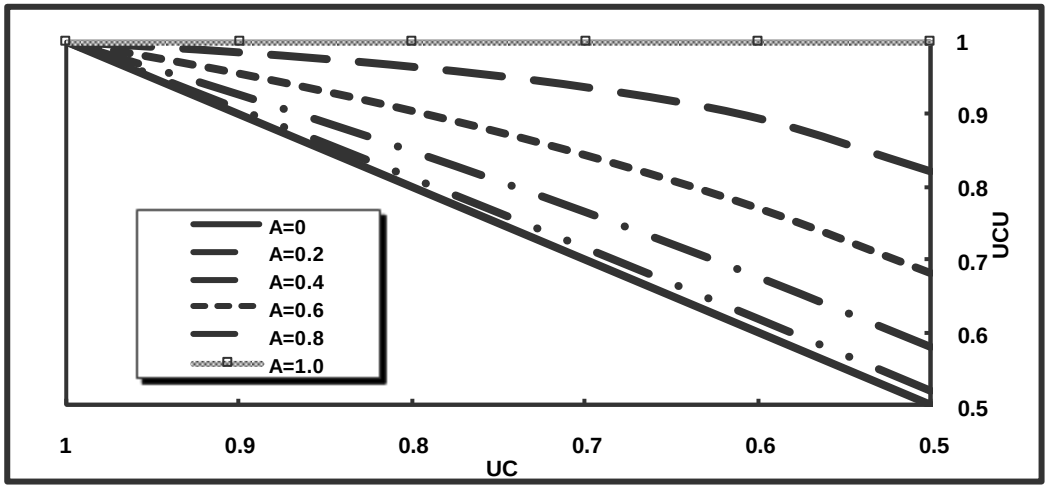
من

| كفاية الإرواء | ومعامل التناسق لأعماق الارتشاح | معامل تناسق توزيع العمق المفيد المحسوبة عددياً | معامل تناسق توزيع العمق المفيد المحسوبة بالمعادلة 14 |
|---|---|---|---|
| 0.508 | 0.771 | 0.855 | 0.856 |
| 0.541 | 0.886 | 0.937 | 0.939 |
| 0.590 | 0.962 | 0.983 | 0.983 |
| 0.639 | 0.695 | 0.854 | 0.854 |
| 0.738 | 0.809 | 0.948 | 0.949 |
| 0.787 | 0.924 | 0.987 | 0.988 |
| 0.508 | 0.619 | 0.735 | 0.734 |
| 0.541 | 0.543 | 0.683 | 0.680 |
| 0.689 | 0.657 | 0.855 | 0.855 |
| 0.787 | 0.505 | 0.807 | 0.791 |
| 0.934 | 0.581 | 0.970 | 0.969 |
| 0.934 | 0.657 | 0.983 | 0.984 |

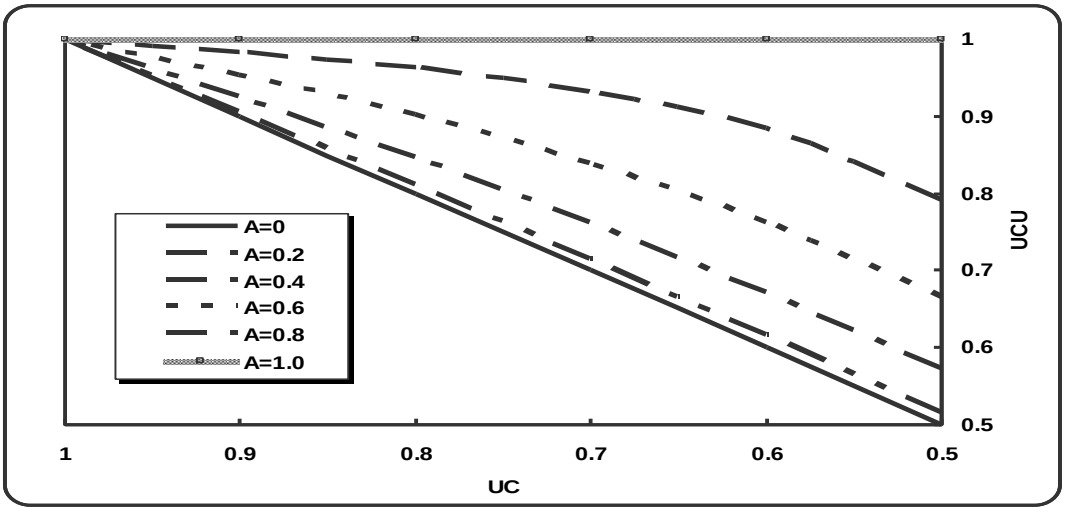
الضروري التنويه الى انَّ حدود قيم المتغيرات في المعادلات أعلاه هي : $0.5 \geq UC < 1.0$ و $0.5 \geq UCU < 1.0$ و $0 \geq A < 1.0$ و $0 < E \geq 1.0$

**الخلاصة والاســـتنتاج**

في هذا البحث تم إيجاد العلاقات التي تعبر عن معامل التناسق للعمق المفيد في مياه الري المخزون ضمن المنطقة الجذرية كدالة لكل من كفاية الإرواء ومعامل التناسق لأعماق الارتشاح المعبر عنها بالمعادلة 13 للتوزيع الخطي لأعماق الارتشاح تحليلياً والمعادلة 14 للتوزيع الطبيعي لأعماق الارتشاح عددياً. والشكلان 2 و3 يوضحان تغير معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقــة الجذرية ومعامل التناسق لأعماق الارتشاح وذلك لقيم مختلفة لكفاية الإرواء باعتماد المعادلة 13 في حالة التوزيع الخطي لأعماق الأرتشاح والمعادلة 14 في حالة التوزيع الطبيعي لأعماق الأرتشاح ولحدود القيم العملية لكل من معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقــة الجذرية ومعامل التناسق لأعماق الارتشاح، حيث يتبين التقارب بينهما ويزداد ذلك كلما قلت كفاية الإرواء. وقد تم توفيق البيانات المعتمدة في إيجاد المعدلة 14 للتوزيع الطبيعي بصيغة المعادلة 13 للتوزيع الخطي حيث أعطت معامل تحديد مقداره 0.9418 وذلك لإعطاء فكرة عن حدود التقارب بين المعادلتين. انَ باعتماد المعادلات أعلاه و أو الشكلان 2 و3 يمكن التعامل مع المعايير المعتمدة في تحديد أداء منظومة الري إضافة الى المعيار المقترح في البحث والمتمثل بمعامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقــة الجذرية.




الشكل(2): تغير معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقــة الجذرية UCU ومعامل التناسق لأعماق الارتشاح UC وذلك لقيم مختلفة لكفايــة الإرواء A باعتماد المعادلة 13 في حالة التوزيع الخطي لأعماق الأرتشاح.



الشكل(3): تغير معامل تناسق توزيع العمق المفيد لمياه الري المخزون ضمن المنطقــة الجذريـة UCU ومعامل التناسق لأعمـاق الارتشـاح UC وذلك لقيم مختلفـة لكفايــة الإرواء A بأعتمـاد المعادلـة 16 فـي حالـة التوزيـع الطبيعـي لأعمـاق الأرتشاح.

**المصادر**


1. حاجم ، أحمد يوسف و ياسين ,حقي إسماعيل ، هندسة نظم الري الحقلي ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، 1992.

2. Merkley G. P and R.G. Allen. 2004. Sprinkler and trickle irrigation lectures. cd3wd.com/CD3WD_40/OCW/IRRIG_SPR_TRICK/ecfile200501048603507665/…

3. Walker W.R. 1980.Sprinkler and trickle irrigation. Colorado State University, Engineering Renewal and Growth, Fort Collins, Colorado 80523.

4. Elliot R.L., J.D. Nelson, J.C. Loftis, and W.E. Hart. 1980.Comparison of sprinkler uniformity models. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE 106(IR4):321-330.

5. Anyoji H. and I.P. Wu. 1994. Normal distribution water application for drip irrigation schedules. Transactions of the ASAE 37(1):159-164.

6. Karmeli D. 1978. Estimating sprinkler distribution patterns using linear regression. Transactions of the ASAE 21(4):682-686.


تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل