معادلة لتخمين زمن تشبع سطح التربة في حالة الري بالرش [+]

EQUATION FOR ESTIMATE SOIL SURFACE SATURATION TIME UNDER SPRINKLER IRRIGATION

د.يونس محمد حسن[*] **د. أفتخارعبد الجواد عبد الحميد[**]**

المستخلص:

إن الدراسات حول تخمين زمن تشبع سطح التربة في حالة الري بالرش قليلة نسبياً ومعظمها مبنـــي على بيانات محدودة أو دراسات وضعية مبنية على فرضيات. تم في هذا البحث اقتراح معادلة رياضية سهلة ودقيقة لتخمين زمن تشبع سطح التربة في حالة الرش باعتماد بيانات حقلية ومختبريـــة لـــــ(٧٤) اختبـــاراً اشتملت على مدى واسعاً للمتغيرات المؤثرة في زمن تشبع السطح من محتوى رطوبي ابتدائي ونسجة للترب المختلفة الداخلة في البحث وتحت مدى واسعاً لدرجات الشدة الثابتة على امتداد فترة الاختبـــار ممـــا يجعـــل استخدامها ممكناً لجميع أنواع الترب وتحت شدات مطرية مختلفة . تم التحقق من المعادلة المقترحة بمقارنتها ببيانات حقلية ومختبرية ومع المعادلات السابقة المعتمدة لإيجاد زمن التشبع، كما بينت النتـــائج إن المعادلـــة المقترحة أعطت معامل تحديد جيد بين البيانات الحقلية والبيانات المخمنة بالمعادلة مقداره(٠,٩٨).

Abstract:

There are few studies concerning the time of saturation estimated under Sprinkler Irrigation application based on data certain or empirical studies based on hypotheses. In This research a mathematical equation, easy and accurate, was found to estimate the saturation time of the soil surface under sprinkler irrigation depending on field and laboratory data for (74) test, included various soil types, sprinkler irrigation intensities, and initial soil water contents.This equation has been checked by field and laboratory data, and with the previous equation used for estimation of saturation time. The results also show that this equation gives a determination factor (0.98) between the actual and the estimated saturation time from the equation, which is a good one.

المقدمة:

الغيض هو مرور الماء خلال سطح التربة إلى الطبقات الكائنة تحت سطحها أما معدل الغيض فانه معدل دخول الماء إلى التربة والذي يكون كبيراً في بداية عملية الإرواء ويقل تدريجياً كلما زاد المحتوى الرطوبي للتربة بمرور الوقت إلى أن تصبح التربة مشبعة حيث أن معدل الغيض يستقر تدريجياً ويصل إلى قيمة ثابتة مقاربة للايصالية المائية للتربة المشبعة وهي أقل قيمة ممكنة[1,2]. وعند استخدام طريقة الري بالرش فان عملية غيض الماء في التربة تكون كالأتي:

[+] تاريخ استلام البحث ٢٠٠٧/١٠/١ ، تاريخ قبول النشر ٢٠٠٩/١١/١ .

[*]أستاذ مساعد /كلية الهندسة– جامعة الموصل

[**]مدرس/ المعهد التقني /الموصل

١. إذا كان معدل الإرواء (شدة المطر) (Ar) اقل من الايصالية المائية المشبعة للتربة فان عملية الغيض تستمر بشكل لا نهائي دون حدوث تشبع لسطح التربة.
٢. أما إذا كان معدل الإرواء (شدة المطر) أكبر من الايصالية المائية المشبعة للتربة عندها يمكن حصول إحدى الحالتين الآتيتين[3]:

- يزداد المحتوى الرطوبي لسطح التربة بمرور الزمن وقد لايصل ذلك المحتوى إلى درجة التشبع إذا لم يدم المطر لفترة كافية وفي هذه الحالة تمتص التربة كل ما يسقط عليها من ماء.
- إذا استمر المطر لزمن أطول فان سطح التربة يصل الى حالة التشبع في زمن يدعى زمن تشبع السطح (ts) والذي بعده يصبح معدل غيض الماء في التربة اقل من شدة الرش مما يؤدي إلى تراكم الماء على السطح وبالتالي امكانية حدوث الجريان السطحي.

من العوامل المهمة الداخلة في تصميم نظم الري بالرش وفي الدراسات الهيدرولوجية لمعرفة زمن السيح السطحي هو الزمن الذي يتشبع فيه سطح التربة وتبدأ عنده عملية السيح السطحي.

وقد قدمت دراسات عديدة مبنية على أسس وضعية حول تخمين زمن تشبع السطح ومنها دراسة الباحث أبرانوف (Abranov) [4] حيث أشار إلى أن لكل نوع من الترب هناك علاقة معينة بين الكثافة المطرية وفترة الإرواء حتى اللحظة التي يحدث فيها السيح فوق سطح التربة وخاصة في حالة small water pits.

ساند نستاني (Neyestani) أبرانوف (Abranov)[5] وأشار إلى أن زمن تشبع السطح (ts) في حالة الري بالرش تحت شدة مطرية ثابتة هو الزمن الذي يتساوى فيه معدل الغيض (I) المعبر عنه بمعادلة كوستاكوف مع شدة المطر(Ar) أي أن

$$I = K \cdot t^N \quad \text{---------- (1)}$$

إذ أن

I = معدل الغيض

K= معامل الغيض الذي يساوي قيمة الغيض عند الزمن دقيقة واحدة.

N= أس زمن الغيض لمعادلة كوستاكوف.

وعندما يتساوى معدل الغيض مع شدة المطر فان (t) تصبح (ts) وكما موضح ادناه

$$Ar = I \quad \text{---------- (2)}$$

$$ts = \left(\frac{Ar}{K}\right)^{\frac{1}{N}} \quad \text{---------- (٣)}$$

أوضح الباحث كنكيد واخرون [6] تفسيرا أخر في إيجاد زمن تشبع السطح موضحاً بالصيغ التالية:

$$\mathrm{Im} = I\frac{D_p}{D_r} \quad \text{---------- (٤)}$$

إذ أن:

Im= معدل الغيض المصحح قبل حدوث الجريان السطحي (ملم/ دقيقة).

Dp= عمق الغيض للزمن من 0 إلى t من معادلة كوستاكوف في حالة الغمر (ملم).

Dr= عمق الغيض الحقيقي للزمن من 0 إلى t تحت شدة مطرية ثابتة (ملم).

$$\mathrm{Im} = K \cdot t^{N} * \frac{K \frac{t^{\mathbf{N+1}}}{N+1}}{Ar * t} \qquad \text{---------- (5)}$$

وفي حالة تساوي شدة المطر (Ar) مع الغيض المصحح فأن زمن الغيض (t) يساوي زمن التشبع (ts) أي أن زمن التشبع يتمثل بالعلاقة التالية

$$ts = \left[\frac{Ar}{K} \left(\sqrt{N+1} \right) \right]^{\frac{1}{N}} \qquad \text{---------- (٦)}$$

أشار الشافعي [7] إلى أن زمن حدوث التشبع لسطح التربة هو الزمن عندما يكون عمق الغيض المطري التراكمي يساوي عمق الغيض التراكمي في حالة الغمر.

$$Ar \cdot ts = \int_{0}^{ts} k \cdot t^{N} \cdot dt \qquad \text{----------(٧)}$$

$$ts = \left[\frac{Ar}{K} (N+1) \right]^{\frac{1}{N}} \qquad \text{----------(٨)}$$

إن النتائج التي تم الحصول عليها من المعادلات السابقة تعطي قيماً متباينة لزمن التشبع ولم يتم التحقق لحد الآن أي من المعادلات أعلاه يفضل استخدامها ولأي نوع من الترب وتحت أي شدة أو محتوى رطوبي ابتدائي علماً إنها مبنية على بيانات مختبرية محددة.

<u>الطريقة والنتائج:</u>

لغرض إجراء البحث تم استخدام (٧٤) اختباراً حقلياً ومختبرياً لحالات رش مختلفة أجريت داخل وخارج القطر مأخوذة من المصادر[3, 4, 8]. شملت هذه البيانات قيماً لمعدلات الارواء (Ar) وخصائص الغيض تحت الرش (K , N) وزمن التشبع لسطح التربة الحقيقي (ts) لترب مختلفة القوام ولظروف مختلفة لسطح التربة وتحت رطوبة تربة مسبقة متغيرة.

والجدول (١) يبين البيانات التي تم الحصول عليها لغرض الدراسة. الاختبارات من (١-٤٣) مأخوذة من المصدر [8] لتجارب حقلية أجريت في تربة نسجتها مزيجية طينية في حقل كلية الهند سه جامعة بغداد – قسم هندسة الري والبزل باستخدام المطر الصناعي في ثلاث مساحات تجريبية انحدارها ٥% ومساحة الواحدة منها متر مربع واحد حيث تم ترك المساحة الأولى من دون زراعة (Bare) وزرعت الثانية بنبات (Alfalfa) والثالثة بنبات (Grass) وتحت رطوبة تربة مسبقة متغيرة. الاختبارات من (٤٤ – ٥٨) مأخوذة من المصدر [4] لاختبارات مختبرية أجريت في تربة نسجتها مزيجية طينية غرينية أجريت في غرب الولايات المتحدة الأمريكية. الاختبارات من (٥٩-٧٤) مأخوذة من المصدر [3] لتجارب مختبرية أجريت على ثلاث أنواع مختلفة من التربة المأخوذة من مناطق الرشيدية والسلامية وحمام العليل وتحت أربع معدلات مختلفة الشدة في حالة الري بالرش.

تم استخدام طريقة إحصائية (Non linear regression) من البرنامج الإحصائي(SPSS) .

تم الحصول على العلاقة التي تربط بين كل من زمن تشبع سطح التربة مع كل من معدل الارواء وخصائص

الغيض للتربة معبر عنها بمعاملات معادلة كوستاكوف(K,N) .

$$ts = 9828.36\left[\left(\frac{Ar}{K}\right)(N+1)^{-6,25}\right]^{\frac{1}{N}} \quad \text{---------- (٩)}$$

بمعامل تحديد قدره (r^2 =0.98)

المناقشة والاستنتاجات:

تم في هذا البحث الحصول على بيانات حقلية ومختبرية لأربعة وسبعين اختباراً والموضحة في الجدول (١) والمأخوذة عن المصادر [3, 4, 8] والتي تضمنت (٢٣) معدلاً مختلفاً لمعدل الارواء (الكثافة المطرية) بين (١,٤٥-٠,٢٤٨) ملم /دقيقة و(٣١) معدلاً مختلفا للمحتوى الرطوبي تراوحت بين (٦,٥%-٢٧,٥%) زمناً مختلفا لتشبع سطح التربة تراوحت بين (١,٧٥-٥٧٥) دقيقة ولأنواع مختلفة من الترب وفي مواقع مختلفة.وباستخدام البرنامج الإحصائي (SPSS) تم الحصول على معادلة لتخمين زمن تشبع سطح التربة في حالة الري بالرش تعطي تقاربا جيدا بين زمن تشبع السطح الحقيقية والمحسوبة من المعادلة (٩)، والجدول (١) يبين المقارنة بين القيم المحسوبة لزمن التشبع لسطح التربة بالمعادلة (٩) مع القيم المحسوبة من المعادلات (٣) ، و(٦) ، و(٨) حيث بينت النتائج بان المعادلة المستنبطة تعطي تقاربا أفضل بين البيانات المخمنة والحقيقية من المعادلات (٣) ، و(٦) ، و(٨) والشكل (١) يبين التوافق الأدائي بين القيم المخمنة من المعادلات (٣) ،و(٦) ، و(٨) ، و(٩) لزمن تشبع سطح التربة والقيم الحقيقية حيث يمكن ملاحظة مدى التطابق بين البيانات الحقيقية والبيانات المخمنة للمعادلة (٩) من خلال تطابقها مع أمثل توافق خطي بزاوية (45^o) فيما كان ميل الخطوط للمعادلات(٣، ٦، ٩) لايتطابق مع أمثل توافق خطي مما يدل على أن أداء المعادلة المقترحة أفضل من باقي المعادلات المطبقة حالياً .

ومن خلال المدى الواسع للمتغيرات التي تضمنتها الاختبارات الداخلة في الدراسة يمكن القول بان هذه المعادلة يمكن تطبيقها على كافة أنواع الترب ولدرجات مختلفة من شدة المطر الثابت على طول فترة الإرواء.

الجدول (١) قيم البيانات للاختبارات الداخلة في التحليل وقيم معادلات زمن تشبع سطح التربة (٣، ٦، ٨، ٩)

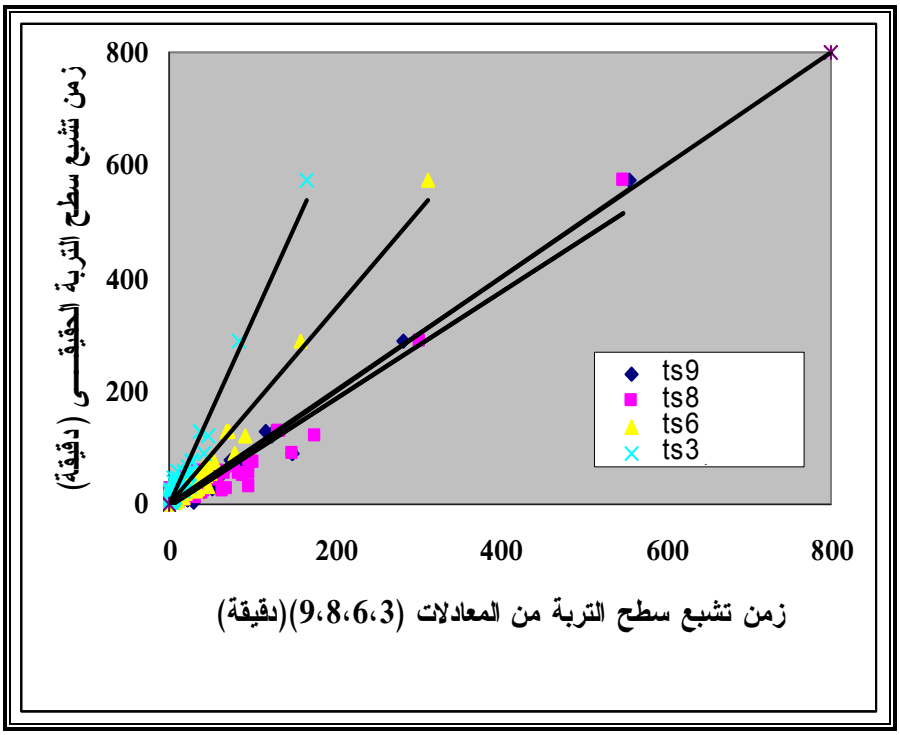
ت	معدل الارواء (Ar) ملم/دقيقة	معاملات معدل الغيض		زمن تشبع سطح التربة الحقيقي (دقيقة) ts	المحتوى الرطوبي W%	قيم معدلات زمن تشبع سطح التربة			
		K ملم/(دقيقة)^N	N بلا			(٣)	(٦)	(٨)	(٩)
1	0.248	0.22	-0.19	2.5	27.5	*0.5*3	*0.*93	1.6	5.3
2	0.248	0.26	-0.21	3.0	25.5	1.25	2.2	3.8	11.4
3	0.248	0.34	-0.24	5.5	23.0	3.72	6.6	12	29.7
4	0.342	0.25	-0.21	2.25	26.0	0.22	0.39	0.69	2.1
5	0.342	0.34	-0.25	4.0	23.0	0.98	1.74	3.1	7.4
6	0.342	0.43	-0.28	6.0	21.0	2.27	4.07	7.3	15
7	0.342	0.52	-0.30	7.5	19.35	4.04	7.3	13	24.3
8	0.342	0.58	-0.32	9.5	18.50	5.21	9.52	17	28.3
9	0.418	0.27	-0.22	2.0	25.2	0.14	0.24	0.42	1.2
10	0.418	0.31	-0.24	2.75	24.0	0.29	0.51	0.92	2.25
11	0.418	0.38	-0.27	3.75	22.0	0.7	1.26	2.3	4.8
12	0.418	0.48	-0.29	5.40	20.0	1.6	2.91	5.2	10.2
13	0.418	0.62	-0.33	7.5	18.0	3.3	6.06	11	17
14	0.495	0.25	-0.21	2.0	26.0	0.04	0.074	0.12	0.35
15	0.495	0.33	-0.25	2.5	23.35	0.2	0.35	0.62	1.5
16	0.495	0.41	-0.27	3.0	21.5	0.5	0.89	1.6	3.4
17	0.495	0.45	-0.29	4.0	20.5	0.72	1.37	2.3	4.5
18	0.495	0.58	-0.31	5.0	18.5	1.67	3.1	5.5	9.5
19	0.581	0.25	-0.21	1.75	26.0	0.02	0.034	0.061	0.16
20	0.581	0.34	-0.25	2.33	23.0	0.12	0.21	0.37	0.89
21	0.581	0.41	-0.27	2.5	21.5	0.27	0.49	0.88	1.8
22	0.581	0.54	-0.31	3.25	19.1	0.79	1.44	2.6	4.5
23	0.581	0.62	-0.33	4.0	18.0	1.22	2.23	4.1	6.27
24	0.418	0.39	-0.23	23.0	25.5	0.74	1.3	2.3	6.16
25	0.495	0.54	-0.27	23.0	23.4	1.38	2.5	4.4	9.58
26	0.495	0.86	-0.32	40.0	20.6	5.62	10.3	19	30.5
27	0.495	1.1	-0.34	60.0	19.3	10.5	19.3	36	51.2
28	0.581	0.366	-0.22	7.0	26.0	0.122	0.22	0.38	1.06
29	0.581	0.61	-0.28	11.0	22.7	1.19	2.14	3.8	7.87
30	0.581	0.87	-0.32	24.0	20.5	3.53	6.45	12	19.2
31	0.581	1.15	-0.35	33.0	19.0	7.03	13	24	32.5

44.5	38	20.1	10.8	18.0	45.0	-0.37	1.4	0.581	32

قيم معدلات زمن تشبع سطح التربة				المحتوى الرطوبي W%	زمن تشبع سطح التربة الحقيقي (دقيقة) ts	معاملات معدل الغيض للانتشار		معدل الارواء (Ar) ملم/دقيقة	ت
(٩)	(٨)	(٦)	(٣)			N بلا	K ملم/(دقيقة)^N		
0.88	*0.33*	0.19	0.11	25.5	4.0	-0.23	0.39	0.654	33
3.65	1.7	0.94	0.53	23.2	6.5	-0.27	0.55	0.654	34
10.3	5.7	3.12	1.72	21.2	9.0	-0.30	0.77	0.654	35
22.5	16	8.4	4.6	19.3	15.0	-0.34	1.1	0.654	36
32.4	27	14.6	7.82	18.0	22.0	-0.37	1.4	0.654	37
11.64	5.7	3.2	1.75	25.0	23.0	-0.28	0.68	0.581	38
25.9	17	9.2	5.03	23.0	45	-0.33	0.99	0.581	39
3.7	1.6	0.92	0.51	26.2	11.0	-0.26	0.55	0.654	40
17.4	11	5.9	3.21	23.25	16.0	-0.32	0.95	0.654	41
53.5	69	35.9	18.6	19.0	28.0	-0.43	2.3	0.654	42
59.9	97	49.8	25.5	18.0	56.0	-0.46	2.9	0.654	43
101	125	65	33.9	6.5	80	-0.425	1.52	0.34	44
36.2	45	23.4	12.2	6.5	44	-0.425	1.52	0.525	45
19.4	24	12.3	6.4	6.5	19	-0.425	1.52	0.69	46
11.3	14	7.3	3.8	6.5	12	-0.425	1.52	0.86	47
120	131	69	36.3	10	130	-0.408	1.645	0.38	48
54.3	59	31.2	16.4	10	58	-0.408	1.645	0.525	49
27.8	30	16	8.41	10	26	-0-408	1.645	0.69	50
16.2	18	9.3	4.9	10	14	-0.408	1.645	0.86	51
574	593	313	165	15	575	-0.4	2.238	0.29	52
292	302	159.4	84.2	15	290	-0.4	2.238	0.38	53
130	135	71.04	37.5	15	127	-0.4	2.238	0.525	54
65.7	68	35.9	18.9	15	56	-0.4	2.238	0.69	55
37.9	39	20.7	10.9	15	25	-0.4	2.238	0.86	56
89.7	103	53.7	28.2	18	75	-0.414	2.75	0.69	57
52.7	60	31.6	16.6	18	42	-0.414	2.75	0.86	58
14.5	33	16.3	8.2	12.1	10.2	-0.499	3.429	1.2	59
42.7	96	48.3	24.1	12.1	32.1	-0.499	3.429	0.7	60
11.2	19	9.6	4.9	18.2	8.2	-0.465	2.416	1.15	61
38.2	65	33	16.8	18.2	25	-0.465	2.416	0.65	62
25.1	35	18.0	9.33	10.9	19.8	-0.44	2.458	0.92	63

61.6	85	44.2	22.9	10.9	55.3	-0.44	2.458	0.62	64
128	177	91.6	47.4	10.9	120	-0.44	2.458	0.45	65

11.1	18	9.1	4.6	19.7	8.0	-0.457	2.318	1.15	66
24.6	39	20.0	10.3	19.7	20.6	-0.457	2.318	0.8	67
55.9	89	45.4	23.3	19.7	50.33	-0.457	2.318	0.55	68
12.1	12	6.18	3.28	6.5	8.13	-0.39	2.305	1.45	69
24.5	24	12.5	6.6	6.5	19	-0.39	2.305	1.1	70
81.1	78	41.5	22.0	6.5	67.5	-0.39	2.305	0.69	71
11.5	11	5.9	3.15	18.5	5.5	-0.391	1.723	1.1	72
44.3	43	22.8	12.1	18.5	23.2	-0.391	1.723	0.65	73
153	149	79	41.9	18.5	90.2	-0.391	1.723	0.4	74



الشكل (١) التوافق الأدائي بين زمن تشبع سطح التربة الحقيقي والمخمن من المعادلات (٣، ٦، ٨، ٩)

المصادر:

1. Dukes, M. Haley, M.B and Hank. S.A. 2006 "Sprinkler Irrigation and soil moisture uniformity "Paper presented at the 27th Annual International Irrigation Show San Antonio, TX.
2. Gregory, J.H., M.D.Dukes, G.LL. Miller, and P.HH. Jones. 2005." Analysis of double-ring infiltration techniques and development of a simple automatic water delivery system".Applied Turfgrass Science.
3. Hassan, Y.M. *Water infiltration under sprinkling application for some Iraqi soils*. M.Sc. Thesis. University of Mosul, Mosul, Iraq, 101 p 1983.
4. Abramov, A. "Sprinkler irrigation versus intake rate of soil". Pochvovedenie, No. 11. (Russian) 1954.
5. Neyestani, M. *The effect of water application rate on infiltration and wetting front characteristics of unsaturated silt loam soil* .Ph.D. dissertation, Utah State, University, Logam, Utah, 106 p 1968.
6. El-Shafei, Y.Z.A. *Study of flooded and rain infiltration relations with surface ponding*. Ph.D. dissertation, Utah State University, Logan, Utah 188 p 1970.
7. Kincaid, D.C.; Heetman, D.F. and Ktvse, E.C. "Application rates and runoff in centre pivot sprinkler irrigation". *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, Vol.12, pp. 790-797, 1969.
8. Shariff, T. *Water infiltration under rain and ponded water conditions*. M.Sc. Thesis, Dept. of Irrigation and Drainage Eng. College of Eng. University of Baghdad, Iraq. 1983.