

## إدارة استخدام مياه الري المالحة تحت ظروف مطرية مختلفة

د. عصام محمد عبد الحميد الحديثي  
أستاذ مساعد / كلية الهندسة  
جامعة الانبار

تاريخ قبول النشر: ٢٠١٠/٦/٢٣

تاريخ الاستلام: ٢٠١٠/٣/١٠

### الخلاصة (Abstract):

أصبح استخدام مياه مالحة في الري أمراً مألوفاً منذ نحو خمسين عاماً حيث تتوفر تلك المياه في كثير من البلدان الفقيرة بالموارد المائية المتجددة. تناول هذا البحث دراسة تأثير نسبة الأمطار الفعالة واحتياجات الغسل (leaching requirements) على إنتاجية أربعة محاصيل إستراتيجية عند إروائها بمياه متوسطة الملوحة من مصدرين مختلفين، حيث تم اعتماد مياه جوفية من بئر ين يبلغ تركيزها الملحي 5.43 دسي سيمز / م، و 8.39 دسي سيمز / م. تم بناء برنامج حاسوب لتخمين إنتاجية القمح والشعير والذرة والقطن عند إروائها بكل من المصدرين المائيين المذكورين تحت ثلاث نسب من احتياجات الغسل ولأربع حالات من نسب الأمطار الفعالة. لوحظ ارتباط إنتاجية المحاصيل بعلاقة خطية مع نسب الأمطار الفعالة، وعلاقات لا خطية مع احتياجات الغسل، وقد تناول البحث تفسير تلك العلاقات.

الكلمات المفتاحية:- احتياجات الغسل، الأمطار الفعالة، مياه الري المالحة

## Management of Using Saline Irrigation Water under Different Rainfall Conditions

Dr. Isam Mohamed AL-Hadithy

Assistant Professor / Collage of Engineering  
Anbar University

### Abstract:

At the last five decades, the water resource has been decreasing in quantity and very affected in quality. The drainage water and poor quality ground water are available at considerable quantities, so that saline water has been widely used for irrigation purposes at many countries among the world

This paper aim to study the effect of rainfall and leaching requirements on the crop yield. Computer program has been constructed to estimate the relative yield of four strategic crops, wheat, barley, maize and cotton. Saline water from two wells has been used, its salinity was 5.43 ds/m and 8.39 ds/m..

A combination of three leaching requirements and four effective rainfall ratios has been recommended, and an important relations has been proposed and discussed, leaner relation between effective rainfall and crop yield, and non leaner relation between leaching requirement and the yield for all crops.

**Key words:** - leaching requirements, effective rainfall, saline irrigation water

## ١- المقدمة (Introduction):

تعاني معظم الموارد المائية من التناقص في كمياتها والتردي في نوعيتها نتيجة التغيرات البيئية المصاحبة للتوسع الصناعي والزراعي المتواصل ، ورغم التوسع الكبير في استخدام المياه متوسطة الملوحة في الري وتوسع الدراسات في هذا المجال ، إلا أن الإدارة الحقلية لاستخدام تلك المياه للأغراض الزراعية ما تزال تتطلب المزيد من البحث لتقليل مخاطر تأثر الترب بالملوحة والتي تكلف البشرية الكثير .

تتحمل معظم النباتات درجات معينة من الملوحة يبدأ بعدها تأثير الملوحة على الإنتاجية ، وتعرف درجة الملوحة التي يبدأ عندها انخفاض الإنتاج بعبءة التأثير بالملوحة (Threshold point) ولوحظ اختلاف المحاصيل بتحملها للملوحة ، ويعد أقل إنتاج نسبي مقبول من الناحية الاقتصادية عند الري بمياه مالحة يبلغ 50% من الإنتاج الأعظم تحت نفس الظروف (FAO 1985) ،

طور مؤخرًا مفهوم المناوبة بين الريات باستخدام مياه مالحة لعدد من الريات ومياه عذبة للري في بداية ونهاية الموسم الزراعي لتأمين غسل التربة وتحقيق إنبات أفضل (FAO 1985) ، كما تم استحداث مفهوم الري الشائبي والذي يقوم بتقسيم عملية الري الواحدة إلى مرحلتين ، يتم في المرحلة الأولى تجهيز الحقل بجزء من احتياجاته المائية من مصدر ماء مالح ، ثم يجهز الحقل بالمياه العذبة لإكمال الاحتياجات المائية المتبقية ، ولتخفيف مدى تأثير ملوحة مياه الري على التربة (الحديشي وآخرون 2003) ، (الحديشي والجميلي 2008).

يهدف البحث الحالي دراسة تأثير كل من نسبة الأمطار الفعالة واحتياجات الغسل (Leaching Requirement) على الإنتاج ، فع أن زيادة كل من الأمطار ومتطلبات الغسل تعمل على تقليل ملوحة التربة ، ومن ثم زيادة الإنتاج بحسب العلاقة الخطية بين الإنتاج والملوحة والمطورة من قبل (Maas 1984)، إلا أن الدراسات السابقة أشارت إلى عدم تطابق تأثير زيادة الأمطار ومتطلبات الغسل على الإنتاج ، فقد لوحظ وجود علاقة خطية طردية بين الأمطار والإنتاج بينما لم يلاحظ وجود ارتباط خطي بين الإنتاج ومتطلبات الغسل (الحديشي 2000) ، وحيث أن تلك الدراسة لم تفسر سبب هذا الاختلاف في التأثير على الإنتاج ، فقد تناول هذا البحث إثبات تلك العلاقات وتفسيرها رياضياً ، وذلك من خلال بناء برنامج حاسوب يقوم بحساب الإنتاج لأربعة محاصيل إستراتيجية ، وهي القمح والشعير والقطن والذرة ، يتم إروائها بنوعيتين مختلفتين من ماء الري وتحت ظروف مطرية وإدارة حقلية مختلفة باختيار عدد مناسب من نسب متطلبات الغسل (Leaching Requirements) وذلك للتوصل إلى إدارة مثلى لاستخدام الموارد المائية البديلة والتعايش مع النقص المتزايد في الموارد المائية العذبة جراء استمرار التلوث الملازم للتوسع الزراعي والصناعي في العالم .

تختلف المحاصيل الأربعة المذكورة في تحمل الملوحة ، حيث يصنف الشعير (barley) والقطن (cotton) على أنها ضمن المحاصيل المتحملة للملوحة ، ويصنف القمح (wheat) على أنه متوسط التحمل للملوحة ، بينما تعد الذرة (maize) من المحاصيل متوسطة الحساسية للملوحة. (Rhoades et-al 1992)

## ٢- نظرية البحث:-

تم بناء برنامج حاسوب يعتمد العلاقة الخطية بين الإنتاج والملوحة والمعدة من قبل (Maas 1984) لحساب الإنتاج النسبي للمحاصيل المختلفة عند إروائها بمياه متوسطة الملوحة من مصدرين مختلفين وبمعاملات غسل مختلفة ، وتحت ظروف مطرية مختلفة. وقد تم اعتبار مياه الأمطار خالية من الملوحة ، وبهذا كانت صياغة المعادلة (1) لحساب ملوحة ماء الري النهائية المفترضة عند نهاية الموسم الزراعي.

$$EC_D = EC_{WF} \times (1 - RFe) \quad \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن :-

$EC_D$  ,  $EC_{WF}$  :- الإيصالية الكهربائية لمياه الري والمياه المخففة بالأمطار ، على الترتيب ، دسي سيمتر/ م .

$RFe$  :- نسبة الأمطار الفعالة ، نسبة مئوية من احتياجات الري .

تم افتراض أن ملوحة المياه المستخدمة في الري على عموم الموسم يمكن حسابها من المعادلة أعلاه كمتوسط موزون لملوحة ماء الري المخفف بمياه الأمطار. وحيث توجد أمطار صيفية في بعض أقطار الوطن العربي مثل اليمن ، فقد تم احتساب الأمطار الفعالة للمحاصيل الصيفية أيضاً (الذرة والقطن)، كما اعتمدت نسب أمطار تساوي الصفر كأحد البدائل المحتملة لكي تمثل عموم حالات المحاصيل الصيفية في المنطقة ، فقد تم اعتماد النسب صفر ، 10% ، 30% ، 50% للأمطار الفعالة ، أما خيارات احتياجات الغسل (LR) فقد تم اعتماد النسب 0.1 ، 0.2 ، 0.3 ولكل من المحاصيل الأربعة المذكورة . والتي تمثل نسبة عمق ماء الغسل إلى عمق ماء الري المحسوب على أساس الاستهلاك المائي للنبات .

يرتبط إنتاج المحصول بعلاقة خطية عكسية مع ملوحة العجينة المشبعة للتربة ، وقد اعتمدت المعادلة (2) المعدة من قبل (Maas 1984) لحساب الإنتاج :-

$$YR = 100 - b(EC_e - a) \dots \dots \dots \text{if } EC_e > a \quad \dots \dots \dots (2A)$$

$$YR = 100 \dots \dots \dots \text{if } EC_e < a \quad \dots \dots \dots (2B)$$

حيث أن :-

**YR** :- الإنتاج النسبي %

**b** :- انحدار العلاقة الخطية بين الإنتاج وملوحة ماء الري

**a** :- عتبة التأثير بالملوحة

ولحساب ملوحة مستخلص العجينة المشبعة للتربة فقد استخدمت معادلة حساب احتياجات الغسل المبينة أدناه (الزبيدي 1989) :-

$$LR = EC_W / (5EC_g - EC_W) \quad \dots\dots\dots(3)$$

حيث أن :-

**LR** :- احتياجات الغسل , نسبة

**EC<sub>g</sub>** :- الإيصالية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة , دسي سيمنز / م

وقد تم حساب ملوحة عجينة التربة المشبعة من المعادلة (3) لحالات معاملات الغسل المختلفة لكلا مصدرى ماء الري .

### ٣- النتائج والمناقشة :-

تعد نسبة الإنتاج المقبولة اقتصادياً في الزراعة المروية 50% فأكثر من إنتاج المحصول الأقصى. بحسب معايير منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO 1985). ويبين الجدول (1) قيم الإنتاج النسبي للمحاصيل الأربعة المروية بمياه كلا البئرين , وسيتم مناقشة نتائج هذا الجدول بثلاث مسارات وعلى النحو الآتي

أ- المسار الأول :- الإنتاج النسبي لمعاملات البرنامج المختلفة .

ب- المسار الثاني :- العلاقة بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة .

ج- المسار الثالث :- العلاقة بين الإنتاج ومتطلبات الغسل (LR) .

#### أ- المسار الأول :-

أولاً :- البئر الأول (ملوحته 5.42 دسي سيمنز / م)

يبين الجدول (1) أن استخدام مياه البئر الأول (W1) في الري نتج عنه تحقق الإنتاج بنسب مقبولة اقتصادياً لكل من القمح والشعير عند متطلبات غسل تبلغ (0.2) حتى عند عدم وجود أمطار فعالة , بينما لم تتحقق تلك النسبة عند متطلبات الغسل الدنيا والبالغة (0.1) إلا عند توفر أمطار فعالة بمقدار نصف احتياجات القمح , أما الشعير فأن توفر أمطار فعالة.

جدول (1) :- الإنتاج النسبي للمحاصيل الأربعة لمعاملات نسبة الأمطار الفعالة (RFe) المختلفة عند الإرواء من كلا مصدرى المياه ,

البئر الأول (W1) والبئر الثاني (W2)

نسبة الأمطار الفعالة (RFe %)								احتياجات الغسل LR	المحصول
50		30		10		0			
W2	W1	W2	W1	W2	W1	W2	W1		
33	72	0	44	0	15	0	1	0.1	القمح
83	100	59	89	35	73	23	66	0.2	
100	100	82	100	65	92	56	78	0.3	
63	90	32	70	1	50	0	40	0.1	الشعير
98	100	81	100	64	91	56	86	0.2	
100	100	98	100	85	100	79	100	0.3	
60	88	31	68	0	47	0	37	0.1	القطن
96	100	80	100	61	89	53	84	0.2	
100	100	96	100	83	100	77	99	0.3	
0	1	0	0	0	0	0	0	0.1	الذرة
0	55	0	29	0	3	0	0	0.2	
48	73	19	55	0	36	0	26	0.3	

بنسبة (10%) من احتياجاته المائية السنوية يحقق إنتاجاً مقبولاً .

أما المحصولين الصيفيين , الذرة والقطن , فيلاحظ تأثير التباين الكبير في التحمل الملحي لها على نسب الإنتاج تحت نفس الظروف المطرية ومتطلبات غسل متساوية , حيث يقع القطن المتحمل للملوحة بدرجة متوسطة بين القمح والشعير , إذ يحقق إنتاجاً مقبولاً عند احتياجات الغسل الدنيا وتوفر أمطار فعالة تعادل نحو 10% من احتياجاته المائية السنوية , وفي حال عدم هطول أمطار بأعراق فعالة مناسبة , فلا بد من رفع نسبة احتياجات الغسل إلى 0.2 من عمق ماء الري .

أما محصول الذرة الذي يصنف على أنه من المحاصيل متوسطة الحساسية للملوحة , فيلاحظ عدم صلاحية ماء البئر الأول المستخدم في إروائه إلا عند وجود أمطار فعالة لا تقل عن 30% من الاحتياجات المائية السنوية للذرة مع متطلبات غسل تبلغ 0.3 من عمق ماء الري , وفي حال توفر أمطار بنسبة 50% من احتياجات الذرة , فإن متطلبات الغسل اللازمة لتحقيق إنتاج اقتصادي تنخفض إلى 0.2 فقط .

ثانياً :- البئر الثاني ( ملوخته 8.39 دسي سيمز / م )

يلاحظ في الجدول (1) زيادة تأثير الملوحة على الإنتاج عند استخدام مياه البئر الثاني (W2) , حيث لا يمكن تحقيق إنتاج اقتصادي مقبول للقمح عند متطلبات الغسل الصغرى حتى لو كانت الأمطار الفعالة تعادل نصف الاحتياجات المائية , وحتى إنتاجية الشعير الأكثر تحملاً للملوحة , فيلاحظ انخفاضها عما هي عليه في مياه البئر الأول . كما انخفضت إنتاجية القطن كذلك , فيما لم يتحقق أي إنتاج مقبول اقتصادياً لمحصول الذرة المرية من مياه هذا البئر حتى عند أعلى نسب متطلبات غسل ونسب أمطار فعالة .

### ب- المسار الثاني :-

تم رسم العلاقة بين الإنتاج النسبي والأمطار الفعالة من بيانات الجدول (1) , وبين الشكل (1) تلك العلاقة الخطية لمحصول الشعير عند إروائه من مياه البئر الثاني (W2) . تم استبعاد قيم الإنتاج النسبي البالغة 100% من الرسم وذلك لأن هذه النسب ليست حقيقية وغالباً ما تكون أكبر من 100 إلا إن العلاقة الخطية في المعادلة 2B هي التي حددت هذه القيمة للإنتاج النسبي , ولهذا السبب سيتم إهمال قيم الإنتاج النسبي 100% من رسم علاقات الإنتاج المختلفة والمبينة في الشكلين (1) و (2) .

يمكن تفسير العلاقة الخطية بين الإنتاجية ونسبة الأمطار الفعالة بأن الأمطار لها تأثير على التركيز الملحي للملوحة التربة , وحيث أن العلاقة بين الإنتاج والملوحة هي علاقة خطية كما هو واضح في المعادلة (3) , كان هذا الارتباط الخطي المبين في الشكل (1) .

عند ملاحظة انحدار العلاقات الخطية بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة في الشكل (1) يتبين وجود علاقة لا خطية عكسية بين انحدار تلك العلاقات ومتطلبات الغسل , حيث يقل انحدار تلك العلاقة الخطية بزيادة متطلبات الغسل , ويقل تبعاً لذلك تأثير الأمطار الفعالة لمعاملات الغسل المختلفة على الإنتاج كلما زادت نسب الأمطار الفعالة فتتقرب الخطوط التي تمثل تلك العلاقة من بعضها كلما زادت نسبة الأمطار الفعالة . أن هذه العلاقة العكسية اللاخطية تبين انخفاض تأثير متطلبات الغسل على الإنتاج بازدياد الأمطار الفعالة , وهذا أمر منطقي حيث تسهم زيادة الأمطار بتحسين ظروف التربة . يبين الجدول (2) والجدول (3) انحدار العلاقات الخطية بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة عند الإرواء بمياه البئر الأول والبئر الثاني على الترتيب , حيث يحسب الانحدار من حاصل قسمة التغير في الإنتاج على التغير في نسبة الأمطار الفعالة , فمثلاً في السطر الأول من الجدول (2) يحسب الانحدار بطرح الإنتاج عند أمطار فعالة تساوي صفر من الإنتاج عند أمطار 10% وقسمة الناتج على الزيادة في نسبة الأمطار الفعالة والبالغة 10% , وتبين المعادلة (4) أدناه حساب الانحدار :-

$$m = dYR/dRF_e \quad \dots\dots\dots(4)$$

حيث أن :-

$m$  :- انحدار العلاقة الخطية بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة

$dYR$  ,  $dRF_e$  :- التغير في متطلبات الغسل والتغير في الإنتاج النسبي على الترتيب

جدول (2) :- الإنتاج النسبي (YR) للمحاصيل الأربعة لمعاملات نسبة الأمطار الفعالة (RFe) المختلفة عند الإرواء من البئر الأول

(W1) وانحدار العلاقة الخطية (m) بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة

نسبة الأمطار الفعالة (RFe %)								احتياجات الغسل LR	المحصول
50		30		10		0			
W1	m	W1	m	W1	M	W1			
72	28/20	44	29/20	15	14/10	1	0.1	القمح	
100	11/20	89	11/20	73	7/10	66	0.2		
100		100		92	5/10	87	0.3		
90	20/20	70	20/20	50	10/10	40	0.1		

	100		100		91	5/10	86	0.2	الشعير
	100		100		100		100	0.3	
	88	20/20	68	21/20	47	10/10	37	0.1	القطن
	100		100	11/20	89	5/10	84	0.2	
	100		100		100		99	0.3	
	1		0		0		0	0.1	الذرة
	55	26/20	29	26/20	3		0	0.2	
	73	18/20	55	19/20	36	10/10	26	0.3	

تم إهمال قيم إنتاج 0% وكذلك إنتاج 100% من الحسابات حيث لا يعني الرقم الأول وجود إنتاج , أما النسبة 100% فتعني أن العلاقة الخطية بين الإنتاج والملوحة ربما تعطي قيمة أكبر من 100% , لكن المعادلة 2B قامت بتعديل النتيجة . ولنفس السبب تم استبعاد قيم الإنتاج 100% من رسم العلاقات في الشكلين (1) و (2) .

يلاحظ في الجدولين (2) و (3) ثبات انحدار العلاقة لكل متطلبات غسل للمحصول المعين مع تقارب وربما تطابق لانحدارات تلك العلاقة للمحاصيل ذات التحمل الملحي المتقارب كالشعير والقطن عند كافة متطلبات الغسل التي تم اختيارها ولكلا نوعيتي المياه المستخدمة من البئر . كما يلاحظ تناقص انحدار تلك العلاقة كلما زادت متطلبات الغسل وأن هذا التناقص غير خطي . فمثلا ينخفض الانحدار في الجدول (3) لكل من الشعير والقطن من 31/20 عند متطلبات غسل 0.1 إلى 17/20 عند متطلبات غسل 0.2 ثم ينخفض إلى 13/20 عند متطلبات غسل 0.3 , وهكذا بالنسبة للقمح والذرة في الجدولين أدناه.

يلاحظ انخفاض كبير في انحدار العلاقة عند أول زيادة في متطلبات الغسل (بمقدار 0.1) يليها انخفاض أقل عند زيادة متطلبات الغسل بنفس النسبة ولكافة معاملات التجربة

جدول (3) :- الإنتاج النسبي للمحاصيل الأربعة لمعاملات نسبة الأمطار الفعالة (RFe) المختلفة عند الإرواء من البئر الثاني (W2) , وانحدار العلاقات الخطية (m) بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة

نسبة الأمطار الفعالة (RFe %)								احتياجات الغسل LR	المحصول
50		30		10		0			
W2	M	W2	M	W2	M	W2			
33		0		0		0		0.1	القمح
83	24/20	59	24/20	35	12/10	23		0.2	
100	18/20	82	17/20	65	9/10	56		0.3	
63	31/20	32	31/20	1		0		0.1	الشعير
98	17/20	81	17/20	64	9/10	56		0.2	
100		98	13/20	85	6/10	79		0.3	
60	32/20	28		0		0		0.1	القطن
96	17/20	79		61		53		0.2	
100		96	13/20	83	6/10	77		0.3	
0		0		0		0		0.1	الذرة
0		0		0		0		0.2	
48	29/20	19		0		0		0.3	

### ج- المسار الثالث:-

يبين الشكل (2) العلاقة اللاخطية بين الإنتاج ومتطلبات الغسل والتي تم رسمها من بيانات الجدول (1) لمحصول القطن عند إروائه بمياه البئر الثاني (W2) , فمع أن زيادة كل من نسبة الأمطار واحتياجات الغسل تسهم في خفض ملوحة التربة وتحسين الإنتاج وفق علاقة خطية بين الإنتاج والملوحة , إلا أن هذا التحسن في الإنتاج كان أكبر عند زيادة متطلبات الغسل وبالعلاقة لاخطية تحتاج إلى تفسير . وستناقش هذه العلاقة اللاخطية في هذه الورقة من خلال محاولة حل المعادلتين (2) و (3A) حلا آتيا بالتعويض عن قيمة ECe في المعادلة (2A) بما يساويها من المعادلة (3) بعد تبسيطها إلى الصيغة أدناه :-

$$EC_g = EC_W(1 + LR)/5 \times LR \quad \dots\dots\dots(5)$$

وعند التعبير عن انحدار العلاقة الخطية بين الإنتاجية والملوحة , والمستنبطة من قبل (Maas 1984) , والمبينة في الشكل (2) بالصيغة الرياضية الآتية :-

$$b = dYR/dEC_g \quad \dots\dots\dots(6)$$

وبتعويض المعادلتين (5) و (6) في المعادلة (2A) والتبسيط نحصل :-

$$YR = 100 - [dYR/dEC_g] \times [(EC_W(1 + LR)/5 \times LR) - a] \quad \dots\dots\dots(7)$$

من المعروف أن هناك علاقة خطية تقريبية بين ملوحة ماء الري وملوحة مستخلص عجيبة التربة المشبعة , وقد عبر (Tanwar 2003) عن تلك العلاقة بالصيغة الرياضية المبينة أدناه (المعادلة 8) . وذلك عند اعتبار توزيع استهلاك ماء التربة بنسب 10, 20, 30, 40 من أرباع عمق المنطقة الجذرية الأربعة على الترتيب -

$$EC_g = 1.5EC_W \quad \dots\dots\dots(8)$$

عليه يمكن التعبير عن تلك العلاقة لصيغ إدارة حقلية مختلفة بالمعادلة التالية :-

$$EC_W = C_1 \cdot EC_g \quad \dots\dots\dots(9)$$

حيث  $C_1$  ثابت يساوي 1.5 في حال اعتماد توزيع الاستهلاك المائي من أعماق التربة بالنسب المذكورة أعلاه . كما يمكن التعبير عن عتبة التأثر بالملوحة  $a$  بالصيغة أدناه :-

$$a = C_2 \cdot EC_g \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$C_2 = 1 \dots\dots\dots EC_g = a$$

$$C_2 > 1 \dots\dots\dots EC_g < a$$

$$0 < C_2 < 1 \dots\dots\dots EC_g > a$$

وبتعويض المعادلتين (9) و (10) بالمعادلة (7) نحصل على العلاقة الآتية :-

$$YR = 100 - \left[ \frac{dYR}{dEC_g} \right] \times \{ [C_1 EC_g (1 + LR)/5 \times LR] - C_2 EC_g \} \quad \dots\dots\dots(11)$$

وبتبسيط المعادلة أعلاه نحصل على الصيغة الآتية:-

$$YR = 100 - dYR [EC_e/dEC_e] \{ [C_3(1 + LR)/LR] - C_2 \} \quad \dots\dots\dots(12a)$$

$$dYR [EC_e/dEC_e] \{ [C_3(1 + LR)/LR] - C_2 \} = 100 - YR \quad \dots\dots\dots(12b)$$

حيث أن  $C_3 = C_1/5$

يمثل الطرف الأيمن من المعادلة (12b) مقدار الانخفاض في الإنتاج النسبي بتأثير الملوحة , عليه يمكن التعبير عن هذا الانخفاض بحاصل ضرب الإنتاج النسبي بقيمة ثابتة (C4) , ويعبر عن المعادلة (12b) بالصيغة الآتية :-

$$dYR [EC_e/dEC_e] [C_3(1 + LR) - C_2 \times LR] / LR = C_4 \times YR \quad \dots\dots\dots(13)$$

وبالتبسيط نحصل :-

$$dYR/YR = [dEC_e/EC_e] \{ C_4 \times LR / [C_3(1 + LR) - C_2 \times LR] \} \quad \dots\dots\dots(14)$$

وبتكامل هذه المعادلة يلاحظ أن صيغة لوجارتمية تربط الإنتاج النسبي بمتطلبات الغسل

$$\ln YR = [\ln EC_e] * \{ C_4 \times LR / [C_3(1 + LR) - C_2 \times LR] \} + C_5 \quad \dots\dots\dots(15)$$

وعند تحديد قيم متطلبات الغسل فإن المعادلة (14) يمكن تبسيطها إلى الصيغة الآتية :-

$$\ln YR = C_6 \times \ln EC_e + C_5 \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$\ln YR = \ln EC_e(C_6) + C_5 \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\ln YR - \ln EC_e(C_6) = C_5 \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$\ln [YR / EC_e(C_6)] = C_5 \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$YR / EC_e(C_6) = e^{C_5} \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$YR = (e^{C_5}) * (EC_e(C_6)) \quad \dots\dots\dots(21)$$

بهذا يتضح أن هناك أساساً نظرياً يبرر العلاقة اللاخطية بين الإنتاج النسبي واحتياجات الغسل والتي يبينها الشكل (2) لمحصول القطن المروي بمياه البئر الثاني والحالي أمطار فعالة 10% و 30%، ذلك أن العلاقة الخطية بين الإنتاج والملوحة تكون لها صيغة لا خطية عند إدخال متطلبات الغسل لتلك العلاقة وفق الصيغ التي تم استنباطها في هذا البحث والمبينة بالمعادلات 5 إلى 21 وبموجب الافتراضات التي تم اعتمادها. أن هذه العلاقة المستنبطة بين الإنتاج والملوحة بحاجة إلى دراسة وتحليل الثوابت المختلفة ابتداءً من C1 وصولاً إلى C6، وخصوصاً هذا الثابت الأخير الذي يمثل دالة لمتطلبات الغسل (LR) وكما هو واضح في المعادلتين 15 و 16 أعلاه.

يلاحظ أيضاً أن منحنيات العلاقات اللاخطية بين متطلبات الغسل والإنتاج في الشكل (2) تتقارب من بعضها كلما ازدادت متطلبات الغسل، حيث يقل الفرق في الإنتاج النسبي باستخدام المصدرين المختلفين بزيادة متطلبات الغسل، أي أن تأثير متطلبات الغسل على الإنتاج يتناقص بازدياد متطلبات الغسل مما يدعو إلى التفكير في احتمال وجود معامل غسل أمثل يحقق أمثل إنتاجية لوحدة حجم الماء. هناك استنتاج آخر جدير بالاهتمام، وهو أن الزيادة في الإنتاج الناجمة عن زيادة متطلبات الغسل أكبر بكثير من الزيادة في الإنتاج المصاحبة لزيادة الأمطار. فعند ملاحظة العمود المظلل للقمح في الجدول (1) عند أمطار فعالة تبلغ 10%، يلاحظ أن زيادة متطلبات الغسل من 0.1 إلى 0.3 صحبته زيادة الإنتاج النسبي من 15% إلى 92%، أي أن الإنتاج تضاعف نحو ست مرات، بينما يلاحظ في السطر المظلل لنفس المحصول (القمح) أن زيادة الأمطار الفعالة بنفس نسبة زيادة متطلبات الغسل (من 10% إلى 30%) نتج عنها زيادة الإنتاج من 15% إلى 44%، أي أنه تضاعف نحو ثلاث مرات فقط وبقي أقل من النسبة المقبولة اقتصادياً والبالغة 50% من الإنتاج الأعظم. ويمكن ملاحظة هذا الاستنتاج للمعاملات الأخرى ولكافة المحاصيل وكما معروض في الجدول (1).

#### 4- الخلاصة والاستنتاجات :-

تزداد دراسة الموارد المائية البديلة أهمية لتفانم أزمة المياه وتردي نوعيتها، وقد تناول هذا البحث دراسة تأثير كل من الأمطار ومتطلبات الغسل على إنتاجية مياه متوسطة الملوحة من بئرين تبلغ ملوحة الأول منها 5.42 دسي سيمز / م، وتركيز ملوحة الثاني 8.39 دسي سيمز / م. حيث تم بناء برنامج حاسوب يتولى حساب إنتاجية أربعة محاصيل إستراتيجية لأربع حالات من نسب الأمطار الفعالة وثلاث قيم من متطلبات الغسل، ووجد أن تلك المياه يمكن استخدامها لري المحاصيل المحتملة وهي والشعير والقطن، وري المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة (القمح)، حيث تحقق نسب إنتاج اقتصادية لمدي واسع من نسب الأمطار وعند احتياجات الغسل الصغرى، أما محصول الذرة المتوسط الحساسية للملوحة فلا يحقق إنتاجاً اقتصادياً من مياه البئر الثاني ذو الملوحة الأعلى (8.39 دسي سيمز / م) حتى عند توفر أمطار تحقق أكثر من نصف احتياجاته المائية، بينما أمكن تحقيق إنتاج مقبول للذرة المروية بمياه البئر الأول تحت ظروف مطرية أقل، وباحتياجات غسل متوسطة أو كبيرة.

استنبطت علاقات خطية بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة، وهي علاقة متوقعة حيث أن تأثير الأمطار الفعالة هو تأثير مباشر على الملوحة، والتي ترتبط بعلاقة خطية معلومة مع الإنتاج، كما استنبطت علاقة لا خطية بين الإنتاج ومتطلبات الغسل، وتم التوصل إلى صيغة لوغارتمية تفسر تلك العلاقة وكما مبين في المعادلات 5 إلى 21.

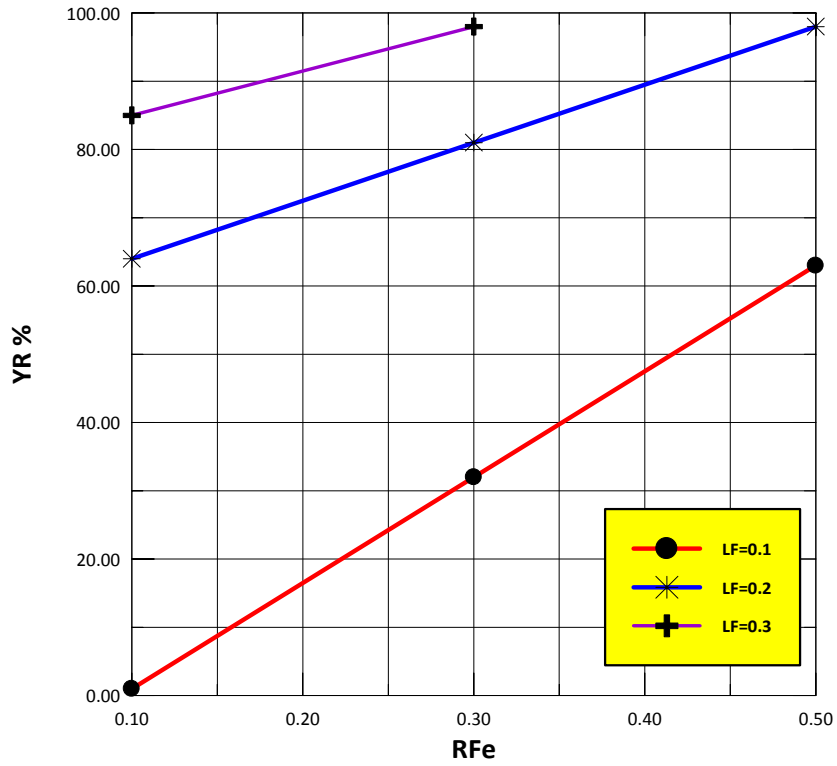
لوحظ أن الزيادة في الإنتاج الناجمة عن زيادة متطلبات الغسل أكبر بكثير من تلك التي تصحب زيادة الأمطار. ويمكن ملاحظة ذلك بسهولة عند مقارنة زيادة قيم الإنتاج في الجدول (1) الناجمة عن زيادة الأمطار الفعالة من 10% إلى 30% بقيم الإنتاج والزيادة الحاصلة فيها بسبب زيادة متطلبات الغسل بنفس النسبة (من 0.1 إلى 0.3).

لوحظ وجود علاقة لا خطية عكسية بين متطلبات الغسل وانحدار العلاقة الخطية الطردية بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة، حيث ينخفض تأثير متطلبات الغسل على الإنتاج بزيادة نسبة الأمطار الفعالة. كما لوحظ أيضاً أن منحنيات العلاقات اللاخطية بين متطلبات الغسل والإنتاج في الشكل (2) تتقارب من بعضها كلما ازدادت متطلبات الغسل، حيث يقل الفرق في الإنتاج النسبي باستخدام المصدرين المختلفين بزيادة متطلبات الغسل،

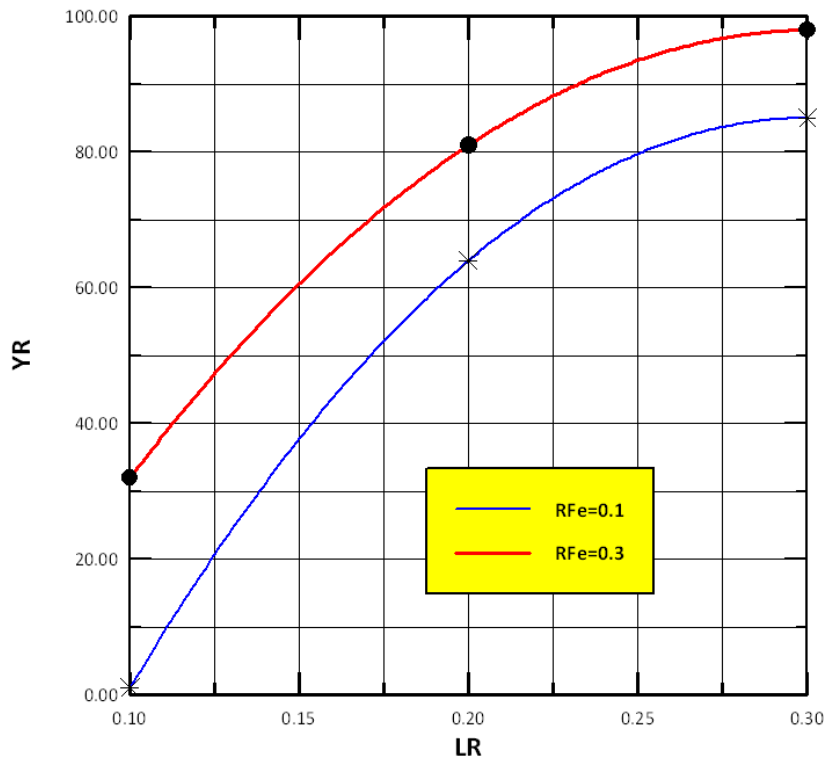
يلاحظ في الجدولين (2) و (3) ثبات انحدار العلاقة لكل متطلبات غسل للمحصول المعين مع تقارب كبير لانحدارات تلك العلاقة للمحاصيل ذات التحمل الملحي المتقارب كالشعير والقطن عند كافة متطلبات الغسل التي تم اختيارها ولكلا نوعيتي المياه المستخدمة من البئرين، هذا الاستنتاج يقود إلى توصية مهمة بإجراء دراسات حقلية لفترات طويلة ومحاولة استنباط انحدار تلك العلاقات مرتبطة بتحمل المحاصيل المختلفة للملوحة

#### التوصيات :-

يوصي الباحث بإجراء سلسلة من الدراسات الحقلية باستخدام معاملات غسل مختلفة للتحقق من دقة تلك العلاقات النظرية، ويفضل اختيار محاصيل حساسة أو متوسطة الحساسية للملوحة حيث تتضح ملامح تأثير الملوحة على الإنتاج بشكل أكبر وخلال السنوات الأولى من برنامج التشغيل طويل المدى الذي يفضل اعتماده حين الوصول إلى حالة اتزان بين التربة وماء الري المستخدم في تلك التجارب.



الشكل (1) :- العلاقة بين الإنتاج ونسبة الأمطار الفعالة لمحصول الشعير عند إروائه من مياه البئر الثاني وحالات مختلفة من متطلبات الغسل



الشكل (2) :- العلاقة بين الإنتاج ومتطلبات الغسل لمحصول القطن عند إروائه بمياه البئر الثاني لحالتين من نسب الأمطار الفعالة



## المصادر

- ١- الحديثي , عصام محمد ,والجميلي عبود محمد (2008) :- تقنية الري الثنائي تحت ظروف الري السطحي , مجلة هندسة الرافدين , المجلد 16 العدد 4 , ص 53-60 .
- ٢ - الحديثي , عصام محمد , العزاوي رافع , الطالب حسين , والصويبي حسين(2003) :- تقنية الري الثنائي تحت ظروف نظم الرش الثابت . مؤتمر الخليج السادس للمياه , جمعية علوم وتقنية المياه , الرياض , ص 203-210 .
- ٣- الحديثي , عصام محمد (2000) :- تأثير الغسل على استخدام المالحه في الري , المؤتمر والمعروض الدولي للطاقة وتحلية المياه , طرابلس - ليبيا , 20 - 21 حزيران / 2000 , ص ١٥٧-١٦٦ .
- ٤ - الزبيدي , أحمد حيدر , (1989) :- "ملوحة التربة- الأسس النظرية والتطبيقية " جامعة بغداد
- 5- FAO 1985, "Water quality for Agriculture ". Irrigation and Drainage paper (29 Rev. 1) Rome Italy, 174p.
- 6- Maas, E.V. 1984 " Salt tolerance of plants" In : The Handbook of Plant Science in Agriculture . B.R. Christie (ed) . CRC Press, Boca Raton , Florida .
- 7- Rhoades J.D., A.Kandiah and A.M. Mashali , 1992 " The Use of Saline Water for Crop Production" FAO Irrigation and Drainage Paper (42), Rome , Italy .
- 8- Tanwar B.S. (ed.) "2003" , " Saline Water Management for Irrigation (3rd Revised Draft) , Work Team on Use of Poor Quality Water for Irrigation , Haryana Irrigation Research and Management Institute , Kurukshetra , India , 123 p.