المادة :- تقانات الري الحديثة (الجزء العملي).

المرحلة :- الرابعة.

القسم :- علوم التربة والموارد المائية.

المحاضرة :- الثالثة.

مدرس المادة :- م.م عماد طارق دهام.

2.4 كفاءة وكفاية وتناسق الإرواء

EFFICIENCY, ADEQUACY, AND UNIFORMITY OF IRRIGATION

يعد فهم ومراعاة هذا الثالوث من الامور الأساس والجوهرية في دراسة وتصاميم وتشغيل نظم الري الحقلي على الوجه الامثل. وبسبب عجز انظمة الري الحالية عن توزيع المياه على نقاط الحقل كافة بالتساوي فاذا تم تجهيز المنطقة الجذرية بربة عمقها يساوي صافي عمق الري فانه كمعدل سيأخذ نصف مساحة الحقل اعماق ري اقل من صافي عمق الربة وسيأخذ النصف الآخر اعماق ري اكثر من صافي عمق الربة. اي ان 50% من مساحة الحقل ستكون في عجز ارواء under irrigation و50% من مساحة الحقل في فرط ارواء over irrigation، كما مبين في الشكل (2.1) الخط cf.

وقد اجريت دراسات حول توزيع اعماق الارتشاح أو الارواء ضمن المساحة المروية، وقد كان معظم هذه الدراسات ذات طابع احصائي مع مراعاة خصائص ومحددات نظم الري الحقلي المختلفة. وقد أوضحت معظم هذه الدراسات بأن أوفق توزيع لاعماق الارتشاح مع المساحة هما التوزيع الخطي Linear distribution والتوزيع الطبيعي Normal distribution. وبعامة يمكن في الري السطحي التعبير عن المساحة بدلالة طول مضمار الري. واذا كانت التربة متجانسة وانحدار الري ثابتاً فان توزيع اعماق الارتشاح على امتداد مضمار الري في الظروف الاعتيادية اقرب الى التوزيع الخطي منه الى التوزيع الطبيعي. اما في حالة الري بالرش يمكن اعتماد اي من هذين التوزيعين حيث ان الفرق بينهما من الناحية العملية وتحت الحالات الاعتيادية قليل نسبياً. وقد تم في هذا الكتاب اعتماد التوزيع الخطي نظراً لسهولته وملائمته لمعظم الحالات القياسية في نظم الري الحقلي.

في الشكل (2.1) od يساوي صافي عمق الربة NDI. يمثل ميل الخط cf درجة تناسق الارواء (انتظام الارواء) فكلما قل ميل الخط مع الافق كانت درجة تناسق الارواء اعلى، ومن ثم قلت كمية ضائعات التخلل العميق الممثلة بالمثلث def وقلت كمية النقص في ماء الارواء الممثلة بمساحة المثلث odk.

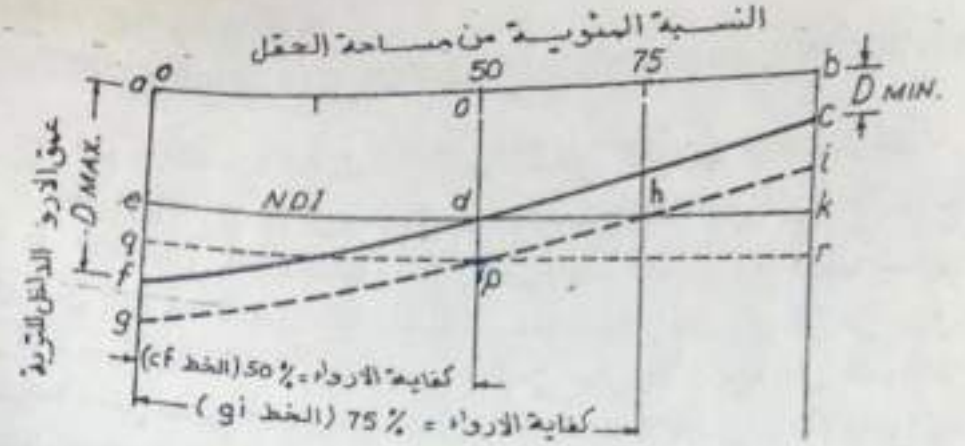
المادة :- **تقانات الري الحديثة (الجزء العملي)**.

المرحلة :- **الرابعة**.

القسم :- **علوم التربة والموارد المائية**.

المحاضرة :- **الثالثة**.

مدرس المادة :- **م.م عماد طارق دحام**.



الشكل (2.1) : العلاقة بين كفاءة وكفاية وتناسق الارواء.
ميل الخط cf أو الخط gi يمثل درجة تناسق الارواء المثلث def يمثل ضائعات التخلل العميق في حالة الخط cf المثلث odk يمثل مقدار العجز أو النقص في ماء الارواء.

ولما كان نقص وفرط الارواء يؤثران سلبياً على انتاجية المحصول ولكن بدرجات متفاوتة ، فقد بات من الضروري تحديد كفاية الارواء التي توازن بين زيادة انتاجية المحصول وقيمة الماء المهدور كضائعات تخلل عميق . وبشكل عام فإن كفاية الإرواء المرغوبة تكون اكثر من 50%. وللحصول على ذلك يُزاد معدل عمق الإرواء الداخل للتربة من od الى op (لاحظ الشكل 2.1) ، وان توزيع مياه الأرواء سيكون بموجب الخط gi الموازي الىٰ الخط cf في حالة بقاء شكل توزيع الاعماق ثابت . لاحظ ان زيادة كفاية الري كان علىٰ حساب زيادة كمية ضائعات ماء التخلل العميق (من مساحة المثلث def الىٰ مساحة المثلث geh) . يبقى السؤال الاتي بدون جواب وافٍ ومؤكد بسبب عدم توفر المعلومات الخاصة بعلاقات الانتاج بالماء لمختلف المحاصيل ، وفي مختلف ظروف الماء- التربة والمناخ والادارة وغيرها : هل ان زيادة كفاية الارواء هذه اقتصادية ؟ ذلك انها أدت الى زيادة الانتاج وكلفة الإرواء معاً. تزداد ضرورة واهمية الاجابة عن هذا السؤال عندما تكون موارد مياه الري محدودة وكلف الإرواء عالية . لذلك ظهر حديثاً نمط جديد في الري الحقلي يسمىٰ الري الناقص deficit irrigation هدفه الحصول الىٰ اعلىٰ انتاج للمحصول لكل وحدة ماء ري.

المادة :- **تقانات الري الحديثة (الجزء العملي).**

المرحلة :- **الرابعة.**

القسم :- **علوم التربة والموارد المائية.**

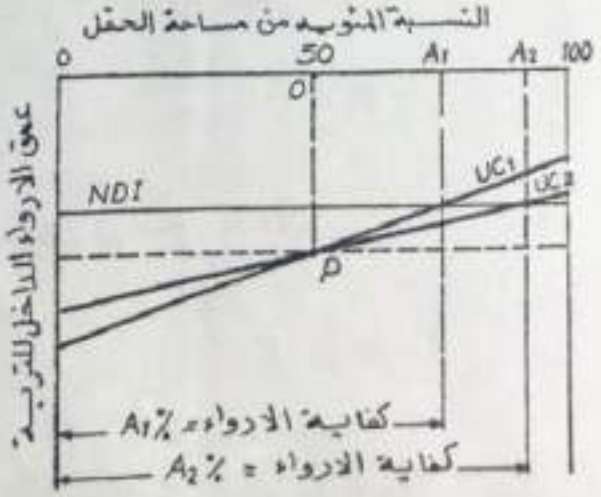
المحاضرة :- **الثالثة.**

مدرس المادة :- **م.م عماد طارق دهام.**

هناك عدة تعاريف ومفاهيم لكفاءات الري الا أن المفهوم والمعنىٰ العام للكفاءة يبقىٰ نفسه وهو الآتي :

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{الخارج (المردود المفيد)}}{\text{الداخل (المعطى الكلي)}} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

ويهتم مهندس الري بشكل خاص بكفاءة الارواء علىٰ مستوىٰ الحقل وكفاءة نقل الماء في شبكة الري التي قد تكون بسيطة أو معقدة كما في مشاريع الري الكبرىٰ. أن المردود المفيد في تعريف كفاءة الري علىٰ مستوىٰ الحقل هو ماء الارواء الذي يدخل التربة ويخزن أو يحفظ في العمق الفعال للمنطقة الجذرية لغرض استفادة النبات منه. اما المعطىٰ الكلي فهو كمية الماء الخارجة من منافذ وفتحات نظام الري الحقلي، اي الماء المعطىٰ في بداية مضمار الري السطحي او الماء الخارج من المرشات في حالة الري بالرش او الماء الخارج من المنقطات في حالة الري بالتنقيط، وبصورة عامة هو الماء الواصل الىٰ الحقل حيث النبات المزروع. وبالرجوع الى الشكل (2.1) فأن الماء أو المردود المفيد في حالة كفاية الإرواء 50% (الخط cf) هو المساحة abcde. اما في حالة كفاية الإرواء 75% (الخط gi) فهو المساحة abihe. وبشكل عام تقل كفاءة الإرواء كلما زادت كفاية الإرواء عند ثبات تناسق الإرواء. وعند ثبات كمية الماء الكلية المجهزة للحقل input تزداد كفاءة وكفاية الإرواء كلما زاد تناسق الإرواء كما يتضح ذلك في الشكل (2.2) حيث يزداد الماء المفيد ويقل فاقد التخلل العميق، كما تزداد الكفاية من A_1 الى A_2 بازدياد التناسق من UC_1 الى UC_2.



الشكل (2.2) : تأثير تناسق الارواء على كفاءة وكفاية الارواء عند ثبات معدل عمق ماء الارواء (op).

المادة :- تقانات الري الحديثة (الجزء العملي).

المرحلة :- الرابعة.

القسم :- علوم التربة والموارد المائية.

المحاضرة :- الثالثة.

مدرس المادة :- م.م عماد طارق دهام.

يتبين مما ورد ذكره انه لكي يكون لكفاءة الإرواء معنىً فعلياً يجب ان تقرن بكفاية الإرواء وان العامل الذي يحدد كفاءة الإرواء عند اية كفاية إرواء هو تناسق الإرواء. وهناك عدة معايير للتعبير عن تناسق الإرواء ولعل اكثرها شيوعاً ذلك الذي يعتمد على معدل الانحرافات المطلقة average absolute deviation لأعماق الماء الداخلة الىٰ التربة في مايخص معدل عمق الإرواء الداخل الى التربة. ويمكن حساب معامل تناسق الإرواء (أو مايسمى ايضاً كفاءة توزيع المياه) من المعادلة الآتية :

$$UC = \left(1 - \frac{y}{R}\right) * 100\% \qquad \ldots (2.5)$$

حيث أن :

UC = معامل تناسق الارواء (أوكفاءة توزيع المياه).

y = معدل الانحرافات المطلقة لأعماق الري الداخلة للتربة بالنسبة الىٰ معدل عمق الارواء الداخل للتربة.

R = معدل عمق الارواء الداخل للتربة.

لحالة الخط gi في الشكل (2.1)، فإن معدل عمق الإرواء الداخل للتربة هو op ومعدل الانحرافات الموجبة هو $\frac{1}{2}$ gq على نصف المساحة ذات الارواء الزائد عن op أو $\frac{1}{4}$ gq على عموم المساحة وان معدل الانحرافات السالبة هو $\frac{1}{2}$ ri على نصف المساحة ذات الارواء الناقص عن op أو $\frac{1}{4}$ ri بالنسبة لعموم المساحة. وبأخذ القيمة المطلقة لمعدلات الانحراف هذه وبالجمع نحصل علىٰ :

$$y = \frac{1}{4} ri + \frac{1}{4} gq = \frac{1}{2} gq = \frac{1}{2} ri$$

لان gq = ri. وبالتعويض في المعادلة (2.5) يكون :

$$UC = \left(1 - \frac{\frac{1}{2} ri}{op}\right) * 100\% \qquad \ldots (2.6)$$

واذا كان S هو ميل الخط gi فيمكن التعبير عن ri بدلالة S كالاتي :

المادة :- تقانات الري الحديثة (الجزء العملي).

المرحلة :- الرابعة.

القسم :- علوم التربة والموارد المائية.

المحاضرة :- الثالثة.

مدرس المادة :- م.م عماد طارق دحام.

$$S = \frac{ag - bi}{l} = gq + ri = 2ri$$

$$\therefore ri = 0.5S$$

لذا فان المعادلة (2.6) تصبح بالصيغة الاتية :

$$UC = \left(1 - \frac{0.25S}{op}\right) * 100\% \quad \ldots (2.7)$$

يتضح من المعادلة (2.7) بأنه كلما قل ميل خط توزيع المياه بالنسبة لخط الافق زادت درجة تناسق توزيع مياه الري ، والعكس.

أما كفاءة نقل مياه الري water conveyance efficiency فتعتمد على حجم شبكة الإرواء ونوع الخطوط الناقلة (قنوات مفتوحة مبطنة أو غير مبطنة أو انابيب تحت ضغط واطئ أو عالٍ). ويمكن التعبير عن كفاءة النقل (E_c) بالصيغة الآتية :

$$E_c = \frac{W_f}{W_s} * 100\% \quad \ldots (2.8)$$

حيث ان :

W_f = كمية الماء المجهزة او الواصلة الى الحقل.

W_s = كمية الماء المجهزة من مصدر مياه الري (خزان ، نهر، بئر، .....الخ).

وعندما تكون شبكة الري كبيرة ومعقدة تحوي على شبكة قنوات توزيع رئيسية major distribution network تشمل القناة الرئيسة والقنوات الفرعية والثانوية التي تكون عادة مبطنة بالخرسانة في مشاريع الارواء الحديثة وشبكة توزيع ثانوية minor distribution network تشمل القنوات والمساقي الحقلية التي قد تكون غير مبطنة فان المفضل اعتماد قيمتين لكفاءة نقل المياه : قيمة لكفاءة النقل في الشبكة الرئيسة وقيمة لكفاءة النقل في الشبكة الثانوية. وبضرب هاتين القيمتين يتم الحصول على الكفاءة الاجمالية لنقل مياه الري.

تؤدي معايير الكفاءة والكفاية وتناسق الارواء دوراً هاماً في تقويم وتطوير نظم الري الحقلي وتستخدم هذه المعايير للموازنة بين مختلف انواع نظم الري الحقلي وذلك من خلال تقويم هذه النظم باعتماد هذه المعايير للتعبير عن جودة وحسن اداء هذه النظم. وسيرد في الفصول القادمة استخدام هذه المعايير عند دراسة وتحليل وتصميم كافة انواع نظم الري الحقلي.

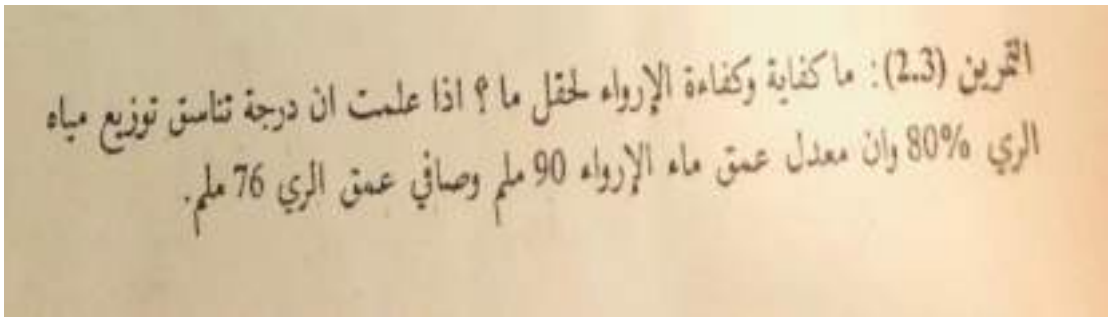
المادة :- **تقانات الري الحديثة (الجزء العملي)**.

المرحلة :- **الرابعة**.

القسم :- **علوم التربة والموارد المائية**.

المحاضرة :- **الثالثة**.

مدرس المادة :- **م.م عماد طارق دحام**.


التمرين (2.3): ما كفاية وكفاءة الإرواء لحقل ما ؟ اذا علمت ان درجة تناسق توزيع مياه الري 80% وان معدل عمق ماء الإرواء 90 ملم وصافي عمق الري 76 ملم.

المادة :- تقانات الري الحديثة (الجزء العملي).

المرحلة :- الرابعة.

القسم :- علوم التربة والموارد المائية.

المحاضرة :- الثالثة.

مدرس المادة :- م.م عماد طارق دحام.

الحل:

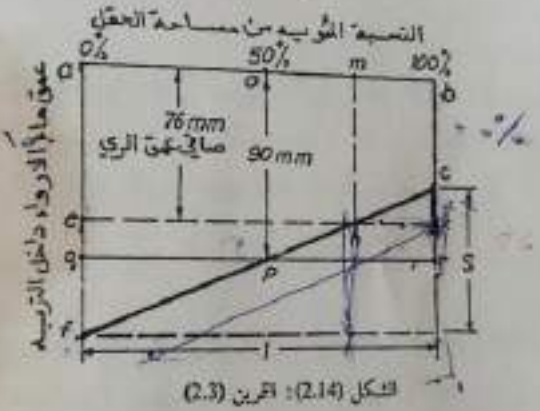
يمكن التعبير عن درجة تناسق توزيع الماء بالمعادلة:

$$UC = \left[1 - \frac{0.25\,S}{op} \right] \cdot 100\ \%$$

في الشكل (2.14) يمثل op معدل عمق ماء الارواء ويساوي 90 ملم و S ميل المستقيم الذي يمثل درجة التناسق ويمكن ايجاده من المعادلة حيث UC= 80% وذلك:

$$80\ \% = [\,1 - 0.25\,S / 90\,] \cdot 100\ \%$$

$$\therefore S = 72\ mm$$



الشكل (2.14): الحرين (2.3)

بعد ايجاد ميل المستقيم الذي يمثل درجة التناسق يمكن ايجاد كفاية وكفاءة الارواء من الشكل (2.14) وذلك:

الكفاية تمثل النسبة المئوية من الحقل التي تحصل على عمق ماء مساوٍ او اكبر من صافي عمق الري وتمثل بنسبة طول المستقيم eh الى طول المستقيم ek. ويمكن ايجادها من تشابه المثلثين khc, ehf حيث:

$$ck / (ek - eh) = cf / eh$$

$$ck = rc - rk = rc - (rb - kb) = \frac{72}{2} - (90 - 76) = 22$$

المادة :- تقانات الري الحديثة (الجزء العملي).

المرحلة :- الرابعة.

القسم :- علوم التربة والموارد المائية.

المحاضرة :- الثالثة.

مدرس المادة :- م.م عماد طارق دحام.

$$ef = eq + qf = (qa - ea') + qf = (90 - 76) + \frac{72}{2} = 50$$

$$\therefore \frac{22}{ek - eh} = \frac{50}{eh}$$

$$\frac{22}{50} = \frac{ek - eh}{eh} = \frac{ek}{eh} - \frac{eh}{eh} = \frac{ek}{eh} - 1$$

$$\therefore \frac{eh}{ek} = 0.694 = 69.4\ \%$$

أي أنّ كفاية الإرواء = 69.4%

كفاءة الارواء = [مساحة الشكل abche ÷ مساحة الشكل abcf]

$$E\ \% = \left\{\left[\left(\frac{bc + hm}{2}\right) * hk + hm * eh\right] / \left[\left(\frac{bc + af}{2}\right) * ab\right]\right\} * 100\%$$

$$E\ \% = \frac{\left[\left(\frac{76 - 22 + 76}{2} * (1 - 0.694)\right) + 76 * 0.694\right]}{[90 * 1]} * 100\ \% = 80.7\%$$

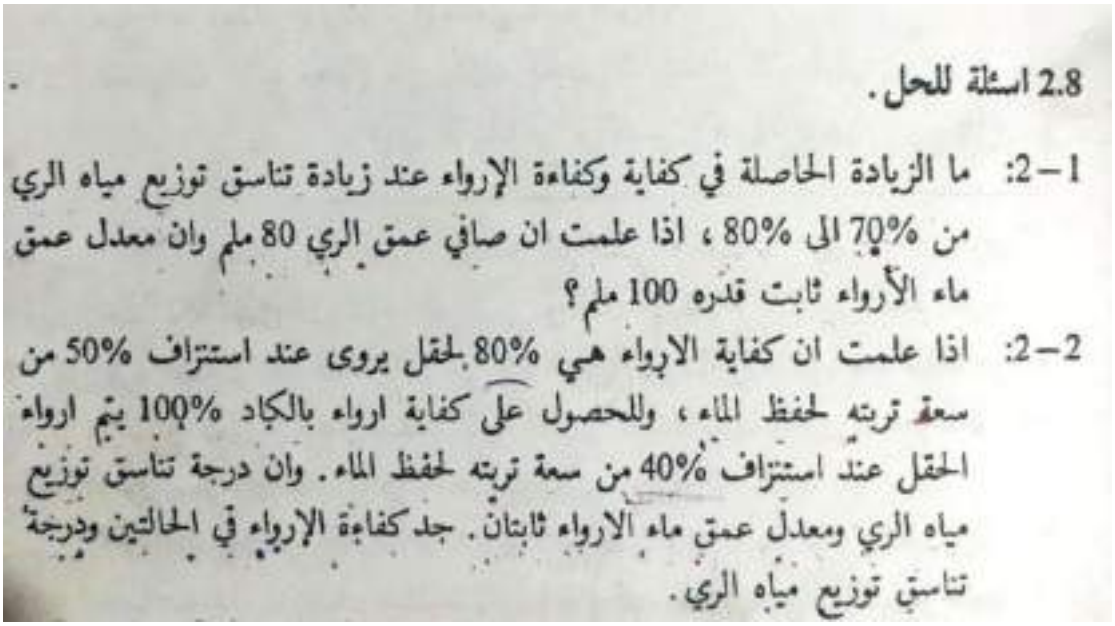
المادة :- **تقانات الري الحديثة (الجزء العملي)**.

المرحلة :- **الرابعة**.

القسم :- **علوم التربة والموارد المائية**.

المحاضرة :- **الثالثة**.

مدرس المادة :- **م.م عماد طارق دحام**.



2.8 اسئلة للحل.

2-1: ما الزيادة الحاصلة في كفاية وكفاءة الإرواء عند زيادة تناسق توزيع مياه الري من 70% الى 80% ، اذا علمت ان صافي عمق الري 80 ملم وان معدل عمق ماء الأرواء ثابت قدره 100 ملم ؟

2-2: اذا علمت ان كفاية الارواء هي 80% لحقل يروى عند استنزاف 50% من سعة تربته لحفظ الماء ، وللحصول على كفاية ارواء بالكاد 100% يتم ارواء الحقل عند استنزاف 40% من سعة تربته لحفظ الماء. وان درجة تناسق توزيع مياه الري ومعدل عمق ماء الارواء ثابتان. جد كفاءة الإرواء في الحالتين ودرجة تناسق توزيع مياه الري.