# الفصل الأول

## الاحتياجات المائية وجدولة الري
## Water Requirements and Irrigation Scheduling

### (١,١) أساسيات في الري Principles in irrigation

أن معـــرفة العلاقـــات الـــتي تربط بين التربة والماء لها أهمية كبيرة وذلك لتحسين عمليات الري لاستغلال مياه الري بطرق جيدة. فالتربة تقوم بتخزين جزء كبير من المياه المضافة حيث يقوم النبات باستعمالها. وعندما تصل رطوبة التربة إلى مستوى منخفض حيث يكون النبات في حاجة إلى تعويض النقص الحادث في رطوبة التربة يكـــون الـــري مطلوبـــاً في هذه الحالة حتى يعاد المحتوى الرطوبي للتربة إلى السعة الحقلية. وتعاد هذه الدورة طول فترة وجود المحصول.

إذا يمكـــن القـــول بـــأن الـــتربة عبارة عن خزان يقوم بتخزين هذه المياه للاســـتهلاك بواســـطة النبات ويمتلئ هذا الخزان عند الري ثم تقل المياه فيه ببطء بواسطة البخر – نتح أو استهلاك النبات اليومي لهذه المياه. وهناك أنواع عديدة من الترب الزراعية ، وكل تربة لها خصائص تختلف عن الأنواع الأخرى. لذلك معرفة نوع التربة وقوامها قبل الري سوف يساعد في معرفة حركة الماء إلى أسفل خلال التربة وكذلك نفاذية التربة بالإضافة إلى السعة التخزينية لها. وهذا في النهاية يؤدى إلى تحســـين عمليـــة الـــري وزيادة إنتاج المحصول. لذلك يمكن القول أن السعة



obeikandl.com

التخزينية للتربة تعتمد على قوام وبناء التربة. فقوام التربة يحدد بنسبة الرمل والسلت والطـــين الذي تتكون منه التربة، وعلى ذلك لا يمكن تعديل قوام التربة إلا بتغيير مكوناتهـــا. أمـــا بناء التربة فهو يحدد طريقة ترتيب حبيباتها مع بعضها في مجاميع aggregates وعـــلى ذلك يمكن تعديل بناء التربة على عكس قوامها وذلك بتحسين بناءها أو هدمها. ويؤثر بناء التربة على معدل تسرب المياه وحركتها به.

## (١,٢) جدولة الري Irrigation Scheduling

تتمثل جدولة الري في عملية اتخاذ القرارات المناسبة من قبل القائم بعملية الري طيلة الموسم الزراعي وذلك للحصول على أعلى عائد من الإنتاج وتقنين وترشيد استخدام مياه الري. وتتمثل هذه القرارات بالإجابة على سؤالين رئيسين هما:

١. متى يتم الري؟

٢. وما هي كمية المياه الواجب أضافتها أثناء الري؟

وبالـــتالي يمكن القول بأن جدولة الري هي استخدام لأساليب إدارة مياه الري لمنع الإضـــافة الزائدة للماء مع تقليل الفاقد في الإنتاجية نتيجة إلى تقليل مياه الري أو الإجهـــاد الناتج من الجفاف. إن تطبيق جدولة الري سوف يؤدي إلى إضافة مياه الري في الوقت المطلوب وبالكمية المناسبة وهذا سيزيد من إنتاجية المحصول.

حتى يمكن معرفة الإجابة على السؤالين السابقين لابد من دراسة بعض الأساسيات في الـــري ومعـــرفة خصائص محتوى التربة الرطوبي في الحقل المراد زراعته ومعرفة الاســـتهلاك المائي المطلوب للمحصول المزروع وبالتالي إيجاد جدولة مناسبة لكل نوع تربة ومحصول.

ويمكن تحديد متى يتم الري بإحدى الطرق التالية:

obeikandl.com

١. قياس رطوبة التربة، وذلك باستخدام بعض الأجهزة المتوفرة مثل التنشيوميترات أو جهاز تشتت النيوترونات.

٢. تقدير رطوبة التربة، وذلك باستخدام إحدى المعادلات التجريبية مثل معادلة بنمان ومعادلة بلاني – كريدل.

ولكي يتم تحديد كمية المياه الواجب أضافتها أثناء الري لابد من معرفة العوامل التالية:

١. خصائص التربة.

٢. نوع المحصول ومرحلة النمو ومدى حساسيته للجفاف.

٣. توفر المياه من المصدر.

٤. العلاقات المائية مع التربة.

٥. العوامل المناخية.

٦. نوع نظام الري.

**فوائد جدولة الري**

١. تقنين وترشيد استخدام مياه الري والحصول على أعلى انتاج لكل وحدة مياه ري مضاف.

٢. زيادة كفاءة استخدام المياه على المدى البعيد.

٣. تجنب التأثيرات السلبية الناتجة عن ممارسات الري الغير سليمة مثل تملح التربة ومشاكل الصرف.

٤. توفير في الطاقة والعمالة.

٥. تحسين كفاءة اضافة الأسمدة والمبيدات.

٦. استخدام الأجهزة والمعدات الزراعية بشكل أفضل مما يوفر في تكاليف الأجهزة وقطع الغيار والصيانة.

openkandi.com

## (١,٣) قياس المحتوى الرطوبي للتربة Measurement of Soil Water Content

يعتـــبر معرفة المحتوى الرطوبي في التربة من اساسيات الري حتى يمكن توفير الكمية المناسبة من المياه في التربة حتى يمكن توفير احتياجات النبات المائية المطلوبة في الوقـــت المناســـب. وحتى يمكن إضافة كمية المياه الواجب إضافتها أثناء الري يستدعي ذلك معرفة المحتوى الرطوبي للتربة حتى نضمن تحقيق كفاءة عالية في إدارة عملـــيات الري واستثمار الموارد المائية وزيادة انتاجية التربة. ومن أهم طرق قياس المحتوى الرطوبي للتربة هي:

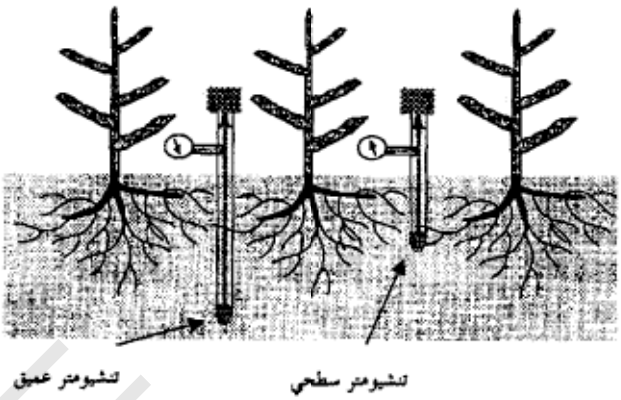
١. الطريقة الحجمية Gravimetric method

وهي الطريقة التقليدية وتسمى أحيانا الطريقة الوزنية، وفيها يتم أخذ عينة من التربة عـــلى عمـــق معـــين ثم تقدير الوزن الرطب ثم الوزن الجاف بعد وضعها في فرن التجفـــيف عـــلى درجـــة حرارة ١٠٥°م ثم بعد ذلك يتم تقدير نسبة المحتـــوى الرطوبي الحجمي للتربة.

٢. جهاز التنشيوميتر Tensiometer

يـــتكون جهـــاز التنشيوميتر من أنبوب في النهاية السفلى له إصبع من السيراميك والـــنهاية العليا عداد لقياس الشد أو الضغط السالب (شكل ١,١). ويوضع إصبع السيراميك في التربة عند العمق المطلوب ويقوم العداد بتسجيل مقدار الشد الرطوبي الـــناتج عن جفاف التربة. وعن طريق استخدام منحنيات تربط بين الشد الرطوبي والمحـــتوى الـــرطوبي للتربة يمكن إيجاد المحتوى الرطوبي للتربة، وهذه المنحنيات يتم الحصول عليها بمعايرة التربة معملياً. وسوف يتم تعريفها في الجزء (١,٤).

openkandil.com




**الشكل رقم (١,١) تنشوميترات على أعماق مختلفة لقياس الشد الرطوبي.**

٣. جهاز النيترون Neutron Probe

وهي طريقة دقيقة لقياس رطوبة التربة حيث يحتوي الجهاز (شكل ١,٢) على مصدر للنيترونات السريعة. مبدأ هذه الطريقة يستند على قياس عدد ذرات الهيدروجين الموجودة في حجم معين من التربة والذي يستدل منه على عدد جزيئات الماء في نفس وحدة الحجم من التربة. وتختلف درجة تشتت النيوترونات عندما توضع على اتصال مع ترب ذات محتوى رطوبي مختلف. ويتم معايرة الجهاز لكل نوع تربة للحصول على قراءة أكثر دقة.

**الشكل رقم (١,٢) جهاز النيترون لقياس المحتوى الرطوبي.**

٤. جهاز نطاق الانعكاس الزمني Time domain reflectormeter (TDR)
وتعتمد طريقة القياس على قياس انتشار النبض الكهربائي الذي تعتمد على ثابت العزل الكهربائي للتربة. حيث توجد علاقة مباشرة لكل من المحتوى الرطوبي للتربة والتوصيل الكهربائي بثابت العزل الكهربائي للتربة، ومنها يتم معرفة المحتوى الرطوبي للتربة. شكل (١,٣).

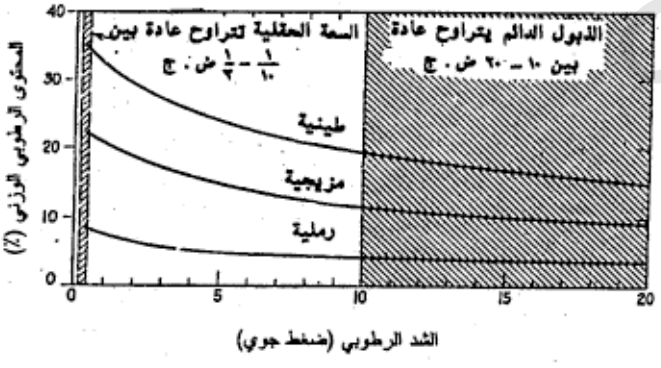
الشكل رقم (١,٣) جهاز نطاق الانعكاس الزمني.

## (١,٤) منحنيات الشد الرطوبي للتربة Soil Moisture Tension Curves

تعتمد العلاقة بين الشد الرطوبي والمحتوى الرطوبي للتربة على قوام وبناء التربة، ويسمى المنحنى الذي يربط هذه العلاقة بمنحنى الشد الرطوبي للتربة، ويوضح الشكل (١,٤) منحنيات الشد الرطوبي لأنواع مختلفة من التربة، وهي منحنيات تستخدم لمعرفة كمية الماء التي تحتفظ بها التربة بواسطة قوى الشد المبذولة من حبيبات التربة. ومن هذه المنحنيات يمكن بسهولة إيجاد كمية الماء الميسر التي يستطيع النبات استهلاكها عن طريق جذوره من منطقة المجموع الجذري، وبالتالي معرفة عمق الماء المطلوب أضافته عن طريق الري. وتبين هذه المنحنيات أيضاً كمية الماء الممسوكة بواسطة حبيبات التربة في

منطقة المجموع الجذري عند قوى شد مختلفة عند رسم العلاقة بين محتوى رطوبة التربة مقابل الشد الرطوبي كما في الشكل رقم (١,٤).

ويظهر من الشكل رقم (١,٤) أن التربة الرملية تحتفظ بكميات ماء أقل من الطينية والصفراء (لومية) عند نفس الشد الرطوبي. وعلى العموم نجد أن التربة الرملية تفقد أغلب محتواها الرطوبي عند الشد المنخفض بينما الطينية تحتفظ بكميات مفيدة من الرطوبة عند الشدود العالية. والسبب في ذلك أن التربة الرملية ذات مسامية أو فراغات واسعة مما يضمن التهوية الجيدة والحركة السريعة لمياه الصرف بالجاذبية الأرضية وبالتالي قلة مسطح الفراغ الذي تلتصق به المياه الشعرية، وبالتالي تعتبر التربة الرملية ضعيفة القدرة على الاحتفاظ بالماء. بينما التربة الطينية ضعيفة المسام وتحتفظ حبيباتها بكميات من المياه بالالتصاق الشعري أكبر من الرملية. ولهذا تروى التربة الرملية ريات خفيفة وعلى فترات قصيرة بعكس التربة الطينية التي تروى ريات غزيرة وعلى فترات أطول نسبياً. ويجب أيجاد منحنيات الشد الرطوبي لأي تربة يراد ريها عند استخدام هذه العلاقة في جدولة الري لأن كل تربة لها منحنى مختلف يعتمد على قوام وبناء التربة المحلية. وعن طريق هذا المنحنى يمكن معرفة الوقت المناسب للري والعمق المطلوب أضافته بعد قياس الشد الرطوبي للتربة أثناء الموسم.




الشكل رقم (١,٤) منحنيات نموذجية لاختلاف رطوبة التربة مع الشد الرطوبي.

## (١,٥) خصائص محتوى التربة الرطوبى Characteristics of Soil Moisture Content

تعتبر السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم من أهم الثوابت التي يجب تقديرها للرطوبة الأرضية عند أي نوع من أنواع التربة.

### السعة الحقلية Field Capacity

تعرف السعة الحقلية بأنها المحتوى الرطوبي للتربة المشبعة بعد صرف الماء الحر بها (ماء الجذب الأرضي) ويعبر عنها كنسبة مئوية. ويتم الوصول إلى السعة الحقلية بعد مرور يومين أو ثلاثة أيام من عملية إضافة المياه لهذه التربة حتى التشبع. أو بمعنى آخر هي أقصى محتوى للرطوبة الأرضية يمكن الاحتفاظ بها ضد قوى الجذب الأرضي حيث أن التربة المشبعة بالحقل تصرف الماء الحر لأسفل بفعل تأثير الجاذبية خلال حوالي يومين أو ثلاثة أيام.

وتختلف الرطوبة الأرضية عند السعة الحقلية باختلاف نوع التربة، الجدول رقم (١,١). ويتراوح الشد الرطوبى عند السعة الحقلية للتربة بين ١٠,١-٣٣,٣ ك.بسكال (٠,١ - ٠,٣٣ ضغط جوي)، فنجد أن الشد الرطوبى عند السعة الحقلية للتربة الرملية حوالي ١٠,١ ك.بسكال (٠,١ ضغط جوى) وللتربة الطينية حوالي ٣٣,٣ ك.بسكال (٠,٣٣ ضغط جوى). وللأغراض العملية يمكن التعبير عن السعة الحقلية رياضيا كنسبة مئوية كالتالي:

$$\text{المحتوى الرطوبي الوزني عند السعة الحقلية} = \frac{\text{الوزن الرطب للتربة} - \text{الوزن الجاف للتربة}}{\text{الوزن الجاف للتربة}} \times ١٠٠$$

وتتراوح نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية بين ٥ - ٣٠ ٪ فتكون أقل في التربة الخفيفة عن التربة الثقيلة. ويمكن التعبير عنها حجمياً بضرب ناتج المعادلة السابقة في الكثافة النسبية للتربة. يوضح الشكل رقم (١,٤) مقدار المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية لأنواع مختلفة من التربة عند الشد الرطوبي بين ١٠,١-٣٣,٣ كيلوبسكال (٠,١ - ٠,٣٣ ضغط جوي). وعملياً نفترض أن السعة الحقلية ثابتة طوال الموسم لتربة ما عند جدولة الري.

obeikandi.com

**الجدول رقم (١,١) بعض الخصائص الفيزيائية لأنواع مختلفة من التربة.**

| نوع التربة | معدل التسرب* (مم/ساعة) | المسامية (٪) | الكثافة النسبية (٪) | السعة الحقلية (٪) | نقطة الذبول (٪) | الماء الكلي المتاح | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | على أساس العمق (مم/م) | على أساس الحجم (٪) |
| رملية Sand | ٥٠ (٢٥٠ – ٢٥) | ٣٨ (٤٢ – ٣٢) | ١,٦٥ (١,٨٠-١,٥٥) | ١٥ (٢٠-١٠) | ٧ (١٠-٣) | ٨ (١٠-٦) | ٨٠ (١٠٠-٦٠) |
| لومية رملية Sandy Loam | ٢٥ (٧٦ – ١٣) | ٤٣ (٤٧ – ٤٠) | ١,٥ (١,٦٠-١,٤٠) | ٢١ (٢٧-١٥) | ٩ (١٢-٦) | ١٢ (١٥-٩) | ١٢٠ (١٥٠-٩٠) |
| لومية Loam | ١٣ (٢٠ – ٨) | ٤٧ (٤٩ – ٤٣) | ١,٤ (١,٥٠-١,٣٥) | ٣١ (٣٦-٢٥) | ١٤ (١٧-١١) | ١٧ (٢٠-١٤) | ١٧٠ (٢٠٠-١٤٠) |
| لومية طينية Clay Loam | ٨ (١٥ – ٢,٥) | ٤٩ (٥١ – ٤٧) | ١,٣٥ (١,٤٠-١,٣٠) | ٣٦ (٤٢-٣١) | ١٨ (٢٠-١٥) | ١٩ (٢٢-١٦) | ١٩٠ (٢٣٠-١٨٠) |
| طينية طمبية Silty Clay | ٢,٥ ( -٠,٣) | ٥١ (٥٣ – ٤٩) | ١,٣٠ (١,٤٠-١,٢٠) | ٤٠ (٤٥-٣٥) | ٢٠ (٢٢-١٧) | ٢٠ (٢٣-١٨) | ٢٠٠ (٢٣٠-١٨٠) |
| طينية Clay | ٠,٥ (١ – ٠,١) | ٥٣ (٥٥ – ٥١) | ١,٢٥ (١,٣٠-١,٢٠) | ٤٤ (٤٩-٣٩) | ٢١ (٢٤-١٩) | ٢٣ (٢٥-٢٠) | ٢٣٠ (٢٥٠-٢٠٠) |

* يجب ملاحظة أن متوسط القيمة الصغرى والكبرى لكل خاصية موضوعة بين الأقواس، كذلك معدل التسرب يتغير حسب بناء التربة ونسبة مكوناتها حتى عن القيم الموجودة بالجدول.

## نقطة الذبول الدائم Permanent Wilting Point

وهي نسبة المحتوى الرطوبي للتربة والتي لا يستطيع عندها النبات الحصول على الرطوبة اللازمة لعملياته الحيوية بسبب الشد العالي الذي تمسك به المياه حول الحبيبات وتذبل النباتات وتستمر في الذبول. والنبات بوصوله لهذه الحالة لا يستطيع استعادة حيويته حتى لو توفر الماء. ويبلغ مقدار الشد الرطوبي عند هذه النقطة حوالي ١٥١٥ ك.بسكال (١٥ ضغط جوى). ويختلف المحتوى الرطوبي حسب نوع التربة، الشكل رقم (١,٤).

## الماء المتاح الكلي Total Available Water

يعرف بأنه ذلك الجزء من الرطوبة الأرضية الواقع بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم. وعملياً فأننا لا نترك المحتوى الرطوبي للتربة حتى يقترب من نقطة

الذبـــول الدائـــم للـــتربة حيـــث أن ذلك يؤدى إلى بذل جهد كبير من النباتات لاســـتخلاص هذه المياه على حساب العمليات الحيوية داخل النبات مما يؤدى إلى نقص الإنتاج. ومن المعروف أن مياه الري تضاف بعد استهلاك جزء من الماء المتاح الكـــلي (في حـــدود ٣٠ - ٧٠٪) يعرف ذلك الجزء بالماء المتاح بسهولة. ويمكن تقديـــر المـــاء المتاح الكلى من المعادلة التالية بعد معرفة الكثافة النسبية للتربة وعمق المجموع الجذري :-

$$Taw = \frac{(\theta_{FC} - \theta_{WP})}{100} \times \frac{\rho_S}{\rho_w} \times D_{rz} \qquad (١,١)$$

حيث أن :-

Taw = الماء المتاح الكلي (سم).

$\theta_{Fc}$ = المحتوى الرطوبي الوزني عند السعة الحقلية (٪).

$\theta_{wp}$ = المحتوى الرطوبي الوزني عند نقطة الذبول الدائم (٪).

Drz = عمق منطقة الجذور (سم).

$\rho_S$ = الكثافة الظاهرية للتربة (جم/سم٣).

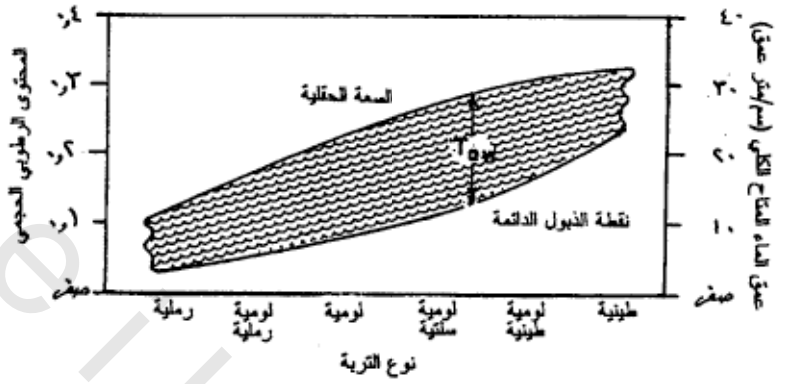
$\rho_w$ = كثافة الماء (جم/سم٣).

وحيث أن كثافة الماء تساوي ١ جم/سم٣ لذلك فان الكثافة الظاهرية للتربة تساوي عددياً الكثافة النسبية حيث أن :

$$\text{الكثافة النسبية} = \frac{\text{الكثافة الظاهرية للتربة (جم/سم٣)}}{\text{كثافة الماء (جم/سم٣)}}$$

كذلك يمكن التعبير عن الماء المتاح الكلي (الماء الميسر الكلي) كعمق من الماء لكل وحدة طول مثل (مم/متر) عمق من التربة. وتختلف قيم السعة الحقلية ونقطة الذبـــول وكذلك الماء المتاح الكلي حسب نوع التربة كما في الجدول رقم (١,١) وكذلك الشكل رقم (١,٥).

obeikandl.com




الشكل رقم (١,٥) السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة والماء المتاح الكلي لترب مختلفة.

## الماء المتاح بسهولة Readily Available Water

أفادت معظم التجارب الحقلية أن مياه الري يجب أن تضاف إلى التربة بعد استهلاك جزء معين من الماء المتاح الكلي. وعند وصول هذا الاستهلاك إلى مستوى معين أو ما يسمى بالمستوى الحرج فانه يجب إضافة هذه المياه. وهذا النقص المسموح به إداريا عند عمليات الري يتغير حسب نوع التربة والمحصول. وبالتالي عند استهلاك نسبة معينة من Taw يضاف ماء الري وتسمى هذه النسبة بنسبة الاستنفاذ (Mad) وتتراوح بين ٣٠٪ للتربة الرملية إلى ٧٠٪ للتربة الطينية وتؤخذ على أنها ٥٠٪ كمعدل عام. ويمكن الاستعانة بالجدول رقم (١,٢) لاختيار نسبة الاستنفاذ عند معرفة نوع المحصول.

الجدول رقم (١,٢) دليل اختيار نسبة الاستنفاذ لمحاصيل مختلفة.

| نسبة الاستنفاذ (٪) | المحصول وعمق الجذور |
|---|---|
| ٢٥-٤٠ | محاصيل الخضر ، والمحاصيل غير عميقة الجذور. |
| ٤٠-٥٠ | محاصيل العنب والأشجار البستانية، والمحاصيل ذات الجذور متوسطة العمق. |
| ٥٠ | محاصيل الحبوب والأعلاف ، والمحاصيل ذات الجذور العميقة. |

obeikandl.com

وبالـــتالي يمكن تعريف الماء المتاح بسهولة بأنه ذلك الجزء من المحتوى الرطوبي الواقع بين السعة الحقلية والمستوى الحرج أو يمكن تقديره رياضياً من المعادلة التالية :-

$$Dn = Taw \times Mad \qquad (١,٢)$$

حيث أن :

Dn = عمق الماء المتاح بسهولة.

Mad = نسبة الاستنفاذ المسموح بها.

أي أن (Dn) هو أقصى نقص مسموح به فى رطوبة التربة قبل الري. وهو عمق الماء الصافي الواصل إلى منطقة المجموع الجذري بعد عملية الري. أو هو عبارة عن عمق المـــياه (مم/فترة) أو حجم المياه (م٣/هكتار/فترة) التي يحتاج إليها النبات لمواجهة البخر- نتح.

## العمق الإجمالي لمياه الري Gross Water Depth

وهو عبارة عن عمق المياه (مم/فترة) أو حجم المياه (م٣/هكتار/فترة) التي يحتاج إليها النبات الواجب أضافتها للحقل بواسطة نظام الري. وهو يشمل الماء المتاح بسهولة (Dn) مضـــافا إلـــيه الفواقـــد الحقلية المختلفة لمياه الري سواء عن طريق قطاع التربة أو الجـــريان الســـطحي أو عـــن طريق التبخر أو التسرب أو الغسيل. ويمكن تقدير العمق الإجمالي لمياه الري من المعادلة التالية :-

$$D_g = \frac{D_n}{E_i} \qquad (١,٣)$$

حيث أن :-

Dg = العمق الإجمالي لمياه الري المضافة بواسطة نظام الرش.

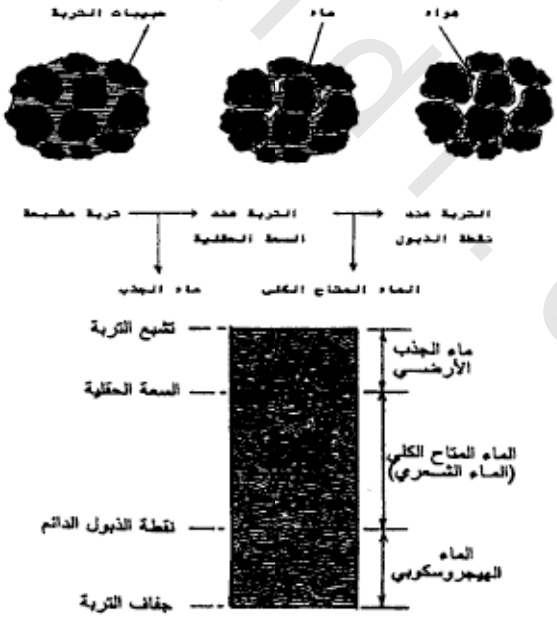
Ei = كفـــاءة إضـــافة مياه الري (عملياً نفترض أن كفاءة نظام الري Ei = كفاءة الإضافة Ea) ككسر عشري.

وبإيجاد Dg يمكن الإجابة على أحد السؤالين السابقين وبالتالي معرفة ما هي الكمية الواجـــب إضـــافتها أثناء الرية الواحدة. وبالتالي يمكن حساب الاحتياجات المائية الكلية للمزرعة أو المشروع أو حتى على مستوى المنطقة.

عمق الماء الواجب أضافته في الرية يتوقف على:-

١. كمية المياه المستخدمة والتي يمكن خزنها في التربة لكل وحدة عمق.
٢. عمق منطقة الجذور للمحصول.
٣. كمية المياه التي يســـتهلكها النبات أو تبخرت من النبات أو التربة.
٤. كمية الفواقد المائية أثناء عملية الري.
٥. المساحة المراد زراعتها.

ويمكـــن تلخيص خواص رطوبة التربة التي تؤثر على حركة وكمية المياه في التربة، وكذلك وجود الماء للنبات في الشكل رقم (١,٦).




**الشكل رقم (١,٦) تصنيف ماء التربة ومدى أتاحته (تيسره) للنباتات وخصائص الصرف.**

**زمن الرى Irrigation Time**

وهـــى عدد الساعات أو الأيام التي يستغرقها نظام الري لإضافة مياه الري وذلك لمساحة معينة خلال أقصى احتياج مائي للمحصول. وتستخدم عند تصميم نظـــام الري وخاصة عند حساب السعة الكلية لنظام الري ويجب أن لا يزيد زمن الري ($T_i$) عن الفترة بين الريات ($II$) حيث تكون ($II \geq T_i$) . ويفضل أن يكون زمـــن الري أقل من الفترة بين الريات حتى يكون هناك وقت لعمل الصيانة لنظام الـــري أو إصلاح بعض الأعطال الطارئة أثناء التشغيل. ويمكن حساب زمن الري من المعادلة التالية :

$$Q = \frac{D_g \times A}{T_i} \qquad (١,٤)$$

حيث أن :-

$Q_S$ = التصرف الكلى للنظام.

A = المساحة المروية.

وتـــتغير الاحتـــياجات المائية وزمن أقصى احتياج مائي بتغير المحصول. لذلك يؤخذ في الاعتبار أن العوامل التالية تؤثر على توقيت عملية الري وكمية المياه التي يجب أضافتها أثناء الري:

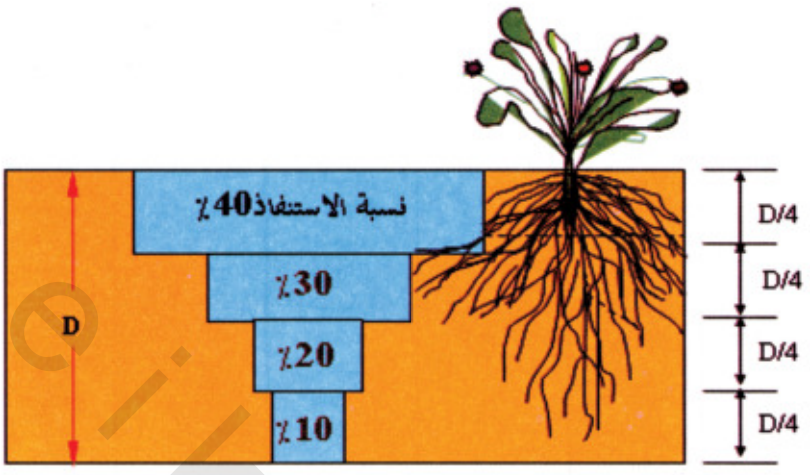
١. الاحتياج المائي اليومي للمحصول.

٢. توفر أو تيسر الماء اللازم للري.

٣. سعة التربة لتخزين المياه في منطقة الجذور.

٤. عمق المجموع الجذري للنبات.

ويجـــب ملاحظـــة أن النـــباتات تختلف في عمق المجموع الجذري ونسبة توزيعها في منطقة المجموع الجذري، وعموماً في تربة متجانسة يكون تركيز أغلب كـــتلة الجذور في الطبقات العليا. يبين الشكل رقم (١,٧) النمط الطبيعي التقريبي لاستخـــلاص الرطـــوبة من قبل جذور معظم المحاصيل، بينما يوضح الجدول رقم (١,٣) العمق الفعال للجذور لمعظم المحاصيل.




**الشكل رقم (١,٧) توزيع الجذور لبعض المحاصيل في منطقة المجموع الجذريفي قطاع تربة متجانسة.**

**الفترة بين الريات: Irrigation Interval**

وهـــي عدد الأيام بين الرية الواحدة والأخرى التي تليها . ونجد أن الفترة في الأراضي الرملية أقل منها في الطينية. وتعتمد فترة الري على العوامل التالية :-

- الاحتياجات المائية للمحصول.
- توفر الماء اللازم للري.
- سعة التربة لتخزين مياه الري.
- عمق المجموع الجذري.

ويمكن أيجاد الفترة بين الريات رياضياً من المعادلة التالية :-

$$II = \frac{D_n}{ET_c} \qquad (١,٥)$$

حيث أن :-

$D_n$ = عمق الماء المتاح بسهولة (مم).

$II$ = الفترة بين الريات (يوم).

$ET_c$ = الاستهلاك المائي اليومي للمحصول (مم/يوم).

**الجدول رقم (١,٣) عمق الجذور لبعض المحاصيل.**

| المحصول | عمق الجذور (سم) | المحصول | عمق الجذور (سم) | المحصول | عمق الجذور (سم) |
|---|---|---|---|---|---|
| برسيم | | بنجر | | الخوخ | |
| Alfalfa | ١٢٠ – ١٨٠ | Chard | ٦٠ – ٩٠ | Peach | ٦٠ – ١٢٠ |
| ليمون | | الكرز | | فول سوداني | |
| Almonds | ٦٠ – ١٢٠ | Cherry | ٨٠ – ١٢٠ | Peanuts | ٤٠ – ٨٠ |
| تفاح | | الحمضيات | | كمثرى | |
| Apple | ٨٠ – ١٢٠ | Citrus | ٩٠ – ١٥٠ | Pear | ٦٠ – ١٢٠ |
| مشمش | | الذرة | | فلفل | |
| Apricot | ٦٠ – ١٤٠ | Corn | ٦٠ – ١٢٠ | Pepper | ٦٠ – ٩٠ |
| خرشوف | | القطن | | بطاطس | |
| Artichoke | ٦٠ – ٩٠ | Cotton | ٦٠ – ١٨٠ | Potatoes | ٦٠ – ٩٠ |
| موز | | خيار | | فجل | |
| Banana | ٣٠ – ٦٠ | Cucumber | ٤٠ – ٦٠ | Radish | ٣٠ |
| شعير | | تين | | فول الصويا | |
| Barley | ٩٠ – ١١٠ | Fig | ٩٠ | Soybean | ٦٠ – ٩٠ |
| فاصوليا | | كتان | | السبانخ | |
| Bean | ٥٠ – ٩٠ | Flax | ٦٠ – ٩٠ | Spinach | ٤٠ – ٦٠ |
| بنجر | | ليمون هندي | | الفراولة | |
| Beet | ٤٠ – ٦٠ | Grapes | ٥٠ – ١٢٠ | Strawberry | ٣٠ – ٥٠ |
| كرنب | | عنب | | قصب السكر | |
| Cabbage | ٦٠ | Lettuce | ٢٠ – ٥٠ | Sugarcane | ٥٠ – ١١٠ |
| شمام | | بصل | | طماطم | |
| Cantaloupe | ٦٠ – ١٢٠ | Onion | ٣٠ – ٦٠ | Tomato | ٦٠ – ١٢٠ |
| جزر | | جزر | | البطيخ | |
| Carrot | ٤٠ – ٦٠ | Parsnip | ٦٠ – ٩٠ | Watermelon | ٦٠ – ٩٠ |
| قرنبيط | | عشب | | القمح | |
| Cauliflower | ٦٠ | Pastures | ٣٠ – ٨٠ | Wheat | ٨٠ – ١١٠ |
| كرفس | | البازلا | | | |
| Celery | ٦٠ | Peas | ٤٠ – ٨٠ | | |

وبإيجاد *II* يمكن معرفة متى يتم الري وبالتالي الإجابة على أحد السؤالين السابقين في جدولة الري. ويوضح الجدول رقم (١,٤) متوسط الاستهلاك المائي اليومي والموسمي لبعض المحاصيل تحت ظروف مناخية مختلفة. ويؤخذ في الاعتبار أقصر فترة ري والتي تنتج من أقصى استهلاك مائي يومي أثناء فترة نمو النبات. وتؤخذ فترة الري الفعلية في الاعتبار عند تصميم نظام الري.

**الجدول رقم (١,٤) متوسط الاحتياج المائي اليومي والموسمي لبعض المحاصيل تحت ظروف مناخية مختلفة.**

| المحصول Crop | متوسط الاحتياج المائي اليومي (mm/day) والموسمي (mm) تحت ظروف مناخية مختلفة | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | بارد (Cool) | | متوسط (Moderate) | | حـار (Hot) | | صحراوي (Desert) | |
| | اليومي | الموسمي | اليومي | الموسمي | اليومي | الموسمي | اليومي | الموسمي |
| برسيم Alfalfa | ٥,١ | ٦٣٥ | ٦,٤ | ٧٦٢ | ٧,٦ | ٩١٤ | ١٠,٢ | ١٢١٩ |
| عشب أخضر Pasture | ٤,٦ | ٥٠٨ | ٥,٤ | ٦١٠ | ٦,٦ | ٧١١ | ٨,٩ | ٩١٤ |
| حبـــوب Grain | ٣,٨ | ٣٨١ | ٥,١ | ٤٥٧ | ٥,٨ | ٥٠٨ | ٦,٦ | ٥٢٠ |
| بنجر Beets | ٤,٦ | ٥٨٤ | ٥,٨ | ٦٣٥ | ٦,٩ | ٧١١ | ٩,١ | ٩١٤ |
| فاصوليا Beans | ٤,٦ | ٣٣٠ | ٥,١ | ٣٨١ | ٦,١ | ٤٥٧ | ٧,٦ | ٥٥٩ |
| ذرة Corn | ٥,١ | ٥٠٨ | ٦,٤ | ٥٥٩ | ٧,٦ | ٦١٠ | ١٠,٢ | ٧٦٢ |
| القطن Cotton | ٥,١ | ٥٠٨ | ٦,٤ | ٥٥٩ | ٧,٦ | ٦٦٠ | ١٠,٢ | ٨١٣ |
| البازلاء Peas | ٤,٦ | ٣٠٥ | ٤,٨ | ٣٣٠ | ٥,١ | ٣٥٦ | ٥,٦ | ٣٥٦ |
| طماطم Tomato | ٤,٦ | ٤٥٧ | ٥,١ | ٥٠٨ | ٥,٦ | ٥٥٩ | ٧,١ | ٦٦٠ |
| بطاطس Potatoes | ٤,٦ | ٤٠٦ | ٥,٨ | ٤٥٧ | ٦,٩ | ٥٥٣ | ٨,١ | ٥٦٠ |
| بطيخ Melons | ٤,١ | ٣٨١ | ٤,٦ | ٤٠٦ | ٥,١ | ٤٥٧ | ٦,٤ | ٥٥٩ |
| الفراولة Strawberries | ٤,٦ | ٤٥٧ | ٥,١ | ٥٠٨ | ٥,٦ | ٥٥٩ | ٦,٦ | ٦٦٠ |
| خضراوات* Vegetables | ٤,١ | ٣٠٥ | ٤,٦ | ٣٥٦ | ٥,١ | ٤٠٦ | ٦,٣ | ٥٠٨ |
| أشجار فاكهة Dec orchard | ٣,٨ | ٣٨٣ | ٤,٨ | ٥٣٣ | ٥,٨ | ٥٨٤ | ٧,٦ | ٧٦٢ |
| الحمضيات Citrus | ٤,١ | ٥٠٨ | ٤,٦ | ٥٥٩ | ٥,١ | ٦٦٠ | ٥,٦ | ٧١١ |
| العنب Vineyards | ٣,٦ | ٣٥٦ | ٤,١ | ٤٠٦ | ٤,٨ | ٤٥٧ | ٦,٤ | ٦١٠ |
| القمح Wheat | ٥,٠ | ٥٠١ | ٥,٨ | ٥٢٠ | ٧,٣ | ٦٢٠ | ٩,٢ | ٧٢٥ |

* الخضراوات الورقية : الخس ، الجرجير ، البقدونس ، السبانخ ، .....

obeikandl.com

كذلك تتأثر كفاءة إضافة المياه بالظروف المناخية أثناء عملية الري ونجد أنها تقل مع زيادة درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية كما يوضح ذلك الجدول التالي:

| المناخ | بارد Cool | متوسط Moderate | حـــــار Hot | صحراوي desert |
|---|---|---|---|---|
| متوسط وأعلى درجة حرارة* (T) | ١٥,٥—٢٦,٥ | ٢٦,٥-٣٢ | ٣٢-٣٧,٥ | > ٣٧,٥ |
| متوسط الرطوبة النسبية (RH) | ٪ ٧٠ | ٪ ٦٠ | ٪ ٥٠ | ٪ ٤٠ |
| كفاءة الإضافة (Ea) | ٪ ٨٥ | ٪ ٨٠ | ٪ ٧٥ | ٪ ٦٥ |

ومن تلك المعلومات السابقة يمكن معرفة متى يلزم الري. وبأي كمية من المياه يحتاجها المحصول كل فترة ري ، وبالتالي الإجابة على السؤالين السابقين.

ولذلك يمكن تلخيص فائدة الجدولة في الآتي :-

١ . توفير المياه وذلك عن طريق تقنين وترشيد استخدامها.

٢ . توفير في الطاقة والعمالة.

٣ . زيادة إنتاج المحصول والحصول على أعلى إنتاج لكل وحدة مياه ري مضافة.

٤ . استخدام الأجهزة والمعدات الزراعية بشكل افضل مما يوفر في التكاليف الكلية.

٥ . تجنـــب الـــتأثيرات الســـلبية عن ممارسات الري الغير سليمة مثل تملح التربة ومشاكل الصرف.

### (١,٦) الاستهلاك المائي للمحاصيل Crop Consumptive Use

أن المعلومـــات عن معدل استهلاك الماء من قبل المحاصيل الزراعية وكذلك خصائص التربة المؤثرة في الاحتفاظ بالماء هما الأساس في تصميم نظام توصيل الماء وجدولـــة مواعيد الري للمشروع الزراعي. أن أسلوب استهلاك النبات للماء، مع أخـــذ الأمطار والضائعات المائية بنظر الاعتبار يحدد سعة قنوات وأنابيب نقل الماء والخـــزانات ومحطـــات الضخ. خصوصاً في فترة أقصى استهلاك مائي للمحاصيل

الزراعـــية. وكذلـــك يفـــيد معرفتـــنا للاستهلاك المائي للنبات في تحديد المساحة المخصصـــة لـــزراعة كل محصول في ضوء المصدر المائي المتوفر. واختيار المحاصيل الملائمة للزراعة تبعاً للأسس الاقتصادية التي تشمل مقدار العائد من المحصول طبقاً لكلفة الوحدة من المياه المستهلكة للإنتاج.

يمكن تعريف الاستهلاك المائي للنبات بأنه مجموع ما يفقد من الماء عن طريق النتح والبخر. إذ يشمل كمية الماء التي تفقد من أوراق النبات خلال نموها والباقية في أنســـجتها مضافاً إليها الرطوبة المتبخرة من التربة ومن سطوح النباتات. وبما أن الماء المستهلك لبناء أنسجة النبات يكون قليلاً جداً (أقل من ١٪ من مجموع البخر والنـــتح) فأنه يطلق على الاستهلاك المائي في كثير من الأحيان اصطلاح بخر–نتح (Evapotranspiration). وحيـــث أنه من الصعب عملياً الفصل بين هاتين العمليتين لذا فقد اتفق على اعتبارهما وحدة واحدة ، تعرف بالاستهلاك المائي أو البخر نتح.

## (١,٧) علاقة المناخ بالاستهلاك المائي

**The relation between Climate and Consumptive use**

لقد برزت أهمية الاحتياجات المائية للمحاصيل من أجل التمكن من زيادة الرقعة الزراعية والاستفادة القصوى من المياه المتوفرة للري مع المحافظة على خصوبة التربة، إضافة لما لهذا الموضوع من انعكاسات مباشرة على اقتصاديات المشاريع التي يمكـــن أن تقـــام لري المساحات الكبيرة. خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيـــث يتعاظم البخر، وبالتالي تتعاظم معه كمية المياه المفقودة والمياه اللازمة لري المحاصيل في مثل هذه المناطق، وعليه فأننا نجد أن أهمية هذا الموضوع تدخل بالتالي كأساس ضمن الإطار العام للمحافظة على الموارد المائية حجماً واقتصاداً وإدارة.

الاحتـــياج المائي أو المقنن المائي كما يحلو للبعض تسميته، يتضمن في الواقع عمليتين مختلفين تماماً، وهما عملية البخر وعملية النتح، وتتحكم بالأولى منهما عناصر وقوانـــين فيزيائـــية، بيـــنما تتحكم في الثانية عوامل فسيولوجية حيوية بالإضافة إلى

العوامـــل الفيزيائـــية المؤثرة في العملية الأولى. هذا ويعتبر فقد الماء بفعل الحرارة من سطح الأرض أو من المسطحات المائية أو من المسطحات الخضراء مثالاً على البخر. بيـــنما يعتـــبر انعتاق الجزئيات المائية التي أتت أصلاً عن طريق الجذور نتيجة للعملية الفســـيولوجية الـــتي تقوم بها النباتات داخل أنسجتها لتكوين المادة الجافة مثالاً على العملية الأخرى التي هي النتح. وتتداخل هاتان العمليتان بشكل يستحيل معه الفصل بيـــنهما على الصعيد العملي مما دعا الباحثين لدمجها معاً باسم (البخر نتح) أو (النتح التبخري). هذا ويمكن إيجاز العوامل الرئيسية المؤثرة على معدل البخر نتح بما يلي:

١. مقدار توفر الطاقة العملية لتحويل الماء من سائل إلى بخار.
٢. معدل انتقال بخار الماء من الطبقة الهوائية الملامسة إلى الطبقة التي تعلوها.
٣. التأثير الحيوي للمسامات النباتية (stomata) على معدل انتشار البخار.
٤. معدل امداد الماء للسطح المتبخر.

أن التكاليف المرتفعة التي تتطلبها القياسات الفعلية للبخر نتح والزمن الذي تســـتغرقه مثل هذه القياسات في ظل الأحوال الطبيعية والمناخية المتباينة لأية منطقة كـــبيرة المساحة، أدت إلى محاولة دراسة هذا الموضوع بوسائل أسهل وتكلفة أقل، فكان أن اتجهت الأنظار إلى الجداول الأرصادية وذلك للإحساس الكبير لما للمناخ مـــن فعل حاسم في إنتاج المحاصيل. ولقد تبين من حسن الحظ أنه بالإمكان تقدير الاحتـــياجات المائية للمحاصيل بواسطة استخدام البيانات المناخية، هذا على الرغم من أن إنتاج المحاصيل بحد ذاته تؤثر فيه عوامل عدة تتفاعل كلها منفردة أو مجتمعة لتؤثر على كمية المياه التي تحتاجها النباتات، وأهم هذه العوامل هي:

- العوامل المناخية: مثل الإشعاع ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح والأمطار والتبخر وضغط البخار وغيرها.
- العوامـــل الفيزيائـــية (الموقع): مثل خط العرض وخط الطول والارتفاع عن سطح البحر والصفات الجيولوجية للمنطقة والميزات الطبوغرافية التي تتسم بها.

openkandil.com

- عوامل التربة: مثل نوعها ونفاذيتها وتجانسها وتركيبها وعمقها وتكوينها.
- عوامـــل هيدرولوجية: مثل غزارة الجريان والموارد المائية المتاحة ونوعية هذه المياه كيميائياً ودرجة حرارتها وكمية عوالقها وغير ذلك.
- عوامـــل خاصـــة بالمحصـــول: مـــثل نوعه وموسم نموه وطرق زراعته وريه وتسميده.
- عوامـــل اقتصـــادية وإدارية: مثل تكلفة إنتاج المياه ومعدل استرداد تكاليف المشـــاريع وتكلفـــة الـــيد العاملة ومشاكلها وقيمة المحاصيل وقيمة الأرض وأساليب إيصال المياه ومشاكل الصرف وتكاليفه، معالجة المياه وتكاليف ذلك لو دعت الضرورة، وتوافر الموارد المائية من حيث الكمية والزمن.

### الاحتياجات المائية الكلية Gross Water Requirement

يعرف مجموع كميات المياه التي تضاف للتربة خلال عملية الري بالاحتياج المـــائي الكلي وهو يتكون من صافي الاحتياج المائي مضافاً إليه الفواقد سواء عن طـــريق قطـــاع الـــتربة أو الجريان السطحي أو عن طريق التبخر والغسيل، وهذا المجمـــوع يمكـــن أن يحسب للحقل أو للمزرعة أو للمنطقة أو حتى على مستوى المشروع بكامله وذلك حسب حاجة المخطط للمشروع.

## (١,٨) إيجاد الاستهلاك المائي أو البخر – نتح للنبات

### Determining Crop Consuptive Use and Evaptranspiration

مع تزايد الحاجة إلى ترشيد استخدام الموارد المائية المتاحة، خاصة في عملية ري الأراضي الزراعـــية، اصبح من الضروري زيادة الدقة في تقدير الاحتياجات المائية الفعلية المطلوبة لكـــل محصـــول، خلال فترات النمو المختلفة، وتبعاً للظروف المناخية الفعلية، وليست التقديرية، مع توفير وسائل التحكم والإدارة اللازمة لتغيير التصرفات المارة بمرونة كافية.

عقب الانتهاء من ري منطقة معينة، والوصول برطوبة خزان التربة إلى السعة الحقلـــية، يبدأ المخزون المائي في خزان التربة في التناقص تدريجياً نتيجة الاستهلاك المستمر للمياه بواسطة النبات، والذي يشمل عملية البخر للمياه والنتح من أوراق النـــبات، إضـــافة إلى الـــبخر المباشر من سطح التربة حوله، وكذلك لمياه الري المتساقطة على المجموع الخضري للنبات.

يمكن تعيين قيمة البخر–نتح لمحصول معين ، في منطقة معينة، أثناء فترة زمنية محددة، بالقـــياس المباشـــر في الحقل، أو بطرق حسابية تقديرية تعتمد أساساً على الظروف المناخية ونوع المحصول. يمكن إيجاد الاستهلاك المائي لمحصول معين كالتالي:

$$ET_C = K_C \cdot ET_O \qquad (١,٦)$$

حيث أن:

$ET_C$ = الاستهلاك المائي للمحصول (مم/يوم).

$K_C$ = معامل المحصول.

$ET_O$ = الاستهلاك المائي المرجعي (مم/يوم).

عند حساب الاستهلاك المائي لمحصول زراعي معين، يجب التمييز بين التعاريف التالية للبخر – نتح حتى يمكن إيجاد الكمية المطلوبة وهي:

أ) البخر نتح المثالي للمحصول Potential Crop Evapotranspiration ($ET_c$)

هو معدل البخر نتح للمحصول، عندما ينمو النبات خالياً من الأمراض، وفي مساحة كبيرة (تزيد عن هكتار)، مع توافر الرطوبة الكافية في التربة، والعناصر الغذائية (التسميد) ودرجة ملوحة في حدود المسموح، بحيث ينتج عن ذلك معدل نمو مثالي للنبات، في الظروف البيئية الخاصة بالمنطقة.

ب) البخر نتح الفعلي للمحصول Actual Crop Evapotranspiration ($ET_a$)

هو المعدل الفعلي للبخر نتح للمحصول، أقل من أو يساوي $ET_c$ تبعاً لعدم توافر عامل أو أكثر من الظروف المثالية للنمو.

ج) البخر نتح المرجعي (القياسي) Reference Crop Evapotranspiration ($ET_o$)

هو البخر نتح لمحصول مقارنة، في نفس الظروف الحقلية، ويكون محصول المقارنة أما عشب (grass) أو برسيم (alfalfa) .

وهناك بعض التعاريف الشائعة الاستخدام للاستهلاك المائي حسب الغرض منها:

د) الاستهلاك المائي الموسمي Seasonal Consumptive Use

هـــو مجموع كمية الماء المستهلكة بالبخر والنتح في المساحة خلال موسم النمو أي من الزراعة وحتى الحصاد. ويعبر عنه كعمق (مم/موسم) أو كحجم (متر$^3$/هكتار/موسم).

هـ) أقصى استهلاك مائي يومي Peak Consumptive Use

أن معدل الاستهلاك المائي اليومي اثناء الموسم التي يكون فيها الاستهلاك المائي أعلى ما يمكن يدعى أقصى استهلاك مائي يومي. وهذا هو المعدل التصميمي الذي يستعمل في تصميم نظام الري. أن فترة أقصى استهلاك مائي يومي لمحاصيل مختـــلفة في منطقة معينة قد تحدث في أوقات مختلفة من موسم نمو المحصول. إذ أن فـــترة أقصـــى استهلاك مائي للمحاصيل الصيفية لا تتطابق مع فترته للمحاصيل الشـــتوية. لذلـــك عند تصميم مشروع ري تكون فترة أقصى استهلاك مائي هي الفترة التي يكون خلالها معدل الاستهلاك المائي اليومي الموزون للمحاصيل المختلفة المزروعة في منطقة المشروع عند حدها الأقصى.

و) معامل المحصول Crop coefficient

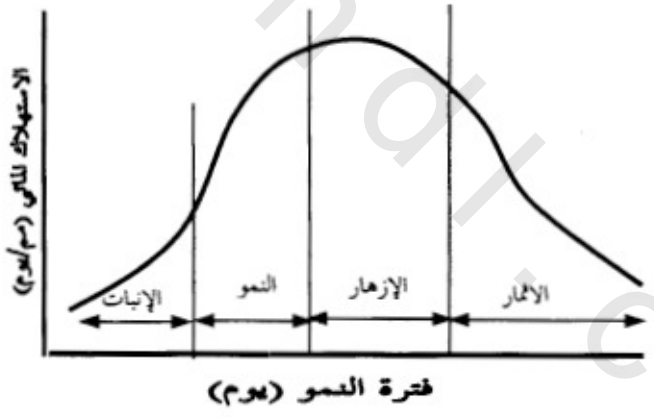
هو النسبة بين البخر نتح المثالي للمحصول، والبخر نتح المرجعي في نفس المنطقة.

$$k_c = \frac{ET_c}{ET_o} \qquad (١,٧)$$

وتعـــتمد قيمـــته على خصائص المحصول، ومراحل النمو، ووقت الزراعة، والفـــترة بين الريات، وإلى حد ما على الظروف المناخية بصفة عامة. وتختلف قيم

ثوابت المحاصيل بين محصول وآخر، وتتباين حسب موعد الزراعة ومرحلة نمو المحصول وفصل النمو والأحوال الجوية السائدة، أما مراحل النمو الأربع (شكل ١,٨) فيمكن إيجازها على النحو التالي:

- المرحلة الأولى: أو (مرحلة الإنبات)، وتغطي مرحلة الإنبات ومرحلة النمو المبكرة، حيث تكون نسبة تغطية المحصول للأرض أقل من ١٠٪.
- المرحلة الثانية: أو (مرحلة النمو الخضري)، وتبدأ عند نهاية مرحلة الإنبات وحتى وصول المحصول إلى التغطية شبه الكاملة للأرض (٧٠-٨٠٪).
- المرحلة الثالثة: أو (مرحلة الإزهار)، وتبدأ من نهاية المرحلة الثانية حتى بداية مرحلة النضج.
- المرحلة الرابعة: أو (مرحلة الإثمار والنضج)، وتبدأ هذه المرحلة عند أواسط الموسم وحتى النضوج الكامل أو الحصاد.




**الشكل رقم (١,٨) تغير الاحتياجات المائية للنبات ومعامل المحصول مع مراحل النمو.**

يستعمل العشب الأخضر كمحصول مقارنة، ويعرف بالبخر نتح القياسي له بأنه البخر نتح لمساحة كبيرة لعشب أخضر منتظم، يتراوح طوله بين ٨ - ١٥ سم وينمو جيداً، ويغطي سطح الأرض بالكامل، وتتوافرله الرطوبة الكافية. كذلك

يســـتخدم البرسيم كمحصول مقارنة. ويمكن الحصول على قيمة معامل المحصول لمحاصيل متنوعة خلال مراحل النمو المختلفة من الجدول رقم (١,٥).

**الجدول رقم (١,٥): معامل المحصول $K_c$ لبعض المحاصيل المتنوعة خلال مراحل النمو المختلفة.**

| نوع المحصول | مراحل النمو | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ١ | ٢ | ٣ | ٤ |
| ١- محاصيل الحبوب | | | | |
| قمح | ٠,٥٥ | ٠,٦٥ | ١,١٥ | ٠,٣٠ |
| شعير | ٠,٥٥ | ٠,٦٥ | ١,١٥ | ٠,٣٠ |
| ذرة صفراء | ٠,٥٥ | ٠,٦٥ | ١,١٠ | ٠,٦٠ |
| ذرة رفيعة | ٠,٥٥ | ٠,٦٥ | ١,١٠ | ٠,٤٥ |
| ٢- الخضراوات | ٠,٧٠ | ٠,٨٥ | ١,٠٥ | ٠,٧ |
| طماطم (تزرع في أكتوبر) | ٠,٦٥ | ٠,٩٥ | ١,٢٠ | ٠,٧٥ |
| طماطم (تزرع في مارس) | ٠,٧٠ | ٠,٨٥ | ١,٠٥ | ٠,٨٠ |
| بصل | ٠,٧٠ | ٠,٩٥ | ١,١٥ | ٠,٧٥ |
| بطيخ | ٠,٦٠ | ٠,٧٠ | ١,٠٠ | ٠,٧٥ |
| باذنجان | ٠,٧٥ | ٠,٨٥ | ١,٠٥ | ١,٠٥ |
| باميا | ٠,٦٠ | ٠,٧٥ | ١,٠٠ | ٠,٨٠ |
| خيار | ٠,٦٠ | ٠,٧٠ | ١,٠٠ | ٠,٨٠ |
| ٣- أعلاف | | | | |
| برسيم | ٠,٨٠ | ٠,٩٥ | ١,١٠ | ١,١٥ |
| ذرة رفيعة | ٠,٥٥ | ٠,٧٥ | ١,١٠ | ١,٠٠ |
| عشب أخضر | ٠,٥٥ | ٠,٧٥ | ١,٠٥ | ١,٠٠ |
| ٤- أشجار مثمرة | | | | |
| نخيل | ٠,٧٥ | ٠,٥٥ | | |
| حمضيات | ٠,٩٠ | ٠,٨٠ | | |
| عنب | ٠,٨٠ | ٠,٣٠ | | |

وهـــناك طرق متنوعة لإيجاد البخر نتح أو الاستهلاك المائي للمحاصيل في منطقة معينة، أثناء فترة زمنية معينة بالقياس المباشر للمحتوى الرطوبي للتربة أو غير المباشر باستخدام معادلات، ويمكن إيجاز هذه الطرق كالتالي:

oberkandl.com

### (١,٨,١) القياسات المباشرة Direct Measurements

تعد طرق القياس المباشر للمحتوى الرطوبي للتربة أكثر دقة في تعيين البخر- نتح الفعلي مقارنة بالطرق الحسابية، وذلك إذا اخذ في الاعتبار تقليل مصادر الخطأ في القياسات، وأهم تلك الطرق :

١. طريقة الليسومترات.
٢. طريقة التنشيومترات.
٣. طريقة تشتت النيوترونات.
٤. طريقة الموازنة المائية.

### (١,٨,٢) القياسات الغير مباشرة Indirect Measurements

وهي طرق غير مباشرة تعتمد على العديد من المعادلات التجريبية والنظرية التجريبية التي اقترحها الباحثون في مناطق مختلفة من العالم لتقدير قيمة البخر- نتح المتوقعة في ظروف مناخية ونباتية معينة، واستخدمت هذه المعادلات، بدرجات متفاوتة من النجاح، في حساب البخر- نتح المنتظر حدوثه في فترة زمنية تالية، بناء على متوسطات للعوامل المناخية لعدة سنوات سابقة، مع معايرة كل معادلة في ظروف المنطقة الفعلية باستخدام أحد طرق القياس المباشر. والواقع أن الظروف المناخية، خاصة للفترات الزمنية القصيرة، قد تختلف بصورة كبيرة عن المتوسطات المحسوبة لسنوات سابقة، وبالتالي تتغير الاحتياجات المائية الفعلية للري عن القيم التقديرية الناتجة من المعادلات، وهذا يستلزم مرونة كافية وتحكماً دقيقاً في عملية توزيع مياه الري، والاستعانة بنتائج القياس المباشر في بعض المواقع، جنباً إلى جنب مع القيم المحسوبة بالمعادلات.

تتفاوت المعادلات المستخدمة لحساب البخر- نتح المرجعي في البساطة والتعقيد حسب البيانات المناخية المطلوبة في كل معادلة، ويمكن غالباً استكمال بعض هذه البيانات، إما باستعمال معادلات تقريبية أو باستعمال قيم متوسطة

اعـــتماداً عـــلى قراءات أقرب محطة للأرصاد. لا توجد معادلة من هذه المعادلات تعطي قيمة دقيقة تماماً للبخر- نتح للظروف المناخية المختلفة، لذا يلزم عمل معايرة محلية للمعادلة المستخدمة. ومن أشهر هذه المعادلات:

**١- معادلة بلاني-كريدل المعدلة بواسطة منظمة الغذاء والزراعة (FAO)**

$$ET_r = a + b[p(0.46T + 8.13)] \qquad (١,٨)$$

حيث أن:

$ET_r$= البخر-نتح المرجعي( مم/يوم).

$P$= نسبة الإشراق السنوي خلال الشهر على الأساس اليومي.

$T$= متوسط درجات الحرارة (درجة مئوية).

$a$ , $b$ =معاملات معايرة المناخ.

**٢-معادلة حوض البخر Evaporation Pan Equation**

يمكن إيجاد البخر-نتح المرجعي من حوض البخر A بالصيغة التالية:

$$ET_r = K_p\, E_{pan} \qquad (١,٩)$$

حيث أن:

$ET_r$=البخر-نتح المرجعي لمحصول العشب( مم/يوم).

$E_{pan}$= البخر من الحوض (مم/يوم).

$K_p$= معـــامل الحوض، وهو دالة لكل من: نوع الحوض، وطريقة تثبيته، ومتوســـط الرطوبة النسبية، وسرعة الرياح، وبعده عن حافة الأرض غير المزروعة.

**٣- معادلة بنمان المعدلة Modified Penman**

تعد هذه المعادلة من أدق المعادلات المستخدمة في تقدير البخر-نتح الكامن، وذلك لاعتمادها على معظم العناصر الجوية، وتستخدم الآن في المناطق الرطبة

obeikandl.com

والجافـــة، كما أنها تناسب مناطق المراعي، ومن ميزاتها أنها تستخدم في تقدير الـــبخر-نـــتح لفترات زمنية قصيرة. توجد عدة صيغ تعبر عن طريقة بنمان، غالبيـــتها تختلف فيما بينها بكيفية التعبير عن مصطلح الحركية الهوائية.طريقة بنمان المعدلة (FAO) يعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$ET_r = c\left[\frac{\Delta}{\Delta+\gamma}R_n + \frac{\gamma}{\Delta+\gamma}(0.27)(1.0+0.01U_{2m})(e_s-e_a)\right] \quad (١,١٠)$$

حيث أن:

$Rn$ = صافي الإشعاع الشمسي (مم/يوم).

$U_2$ = سرعة الرياح السائدة على ارتفاع ٢ متر من الأرض (كم/يوم).

$\Delta$= مـــيل المنحني المرســـوم بين ضغط البخار عند التشبع ودرجـــة الحرارة وذلك عند درجة حرارة الهواء.

$\gamma$ = ثابت يعتمد على الرطوبة الجوية= ٠,٣٧٨

$e_s$ = ضغط البخار عند التشبع المناظر لدرجة حرارة الهواء (مم زئبق).

$ea$ = ضغط بخار الهواء الفعلي (مم زئبق).

$c$ = معامل يتوقف على عناصر المناخ.

### ٤- معادلة بنمان-مونتيث FAO Penman-Monteith method

هـــي أحدث تعديل تم إجراءه على معادلة بنمان، هذه المعادلة تعتبر أفضل طريقة مركبة معروفة ومعتمدة عالميا تم تطويرها بواسطة منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (Allen et al., 1998)، التي تأخذ الصيغة التالية:

$$ET_O = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\left(\frac{900}{T+273}\right)U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)} \quad (١,١١)$$

حيث أن:

$ET_o$ = بخر–نتح مرجعي (مم/يوم).

$Rn$ = صافي الاشعاع الشمسي عند سطح المحصول (ميجاجول/م$^2$/يوم).

$G$ = شدة تدفق حرارة التربة (ميجاجول/م$^2$/يوم).

$T$ = متوسط درجة حرارة الهواء اليومية عند ارتفاع ٢م (م$^o$).

$u_2$ = سرعة الرياح عند ارتفاع ٢م (م/ث).

$e_s$ = ضغط البخار المشبع (كيلوباسكال).

$e_a$ = ضغط البخار الفعلي (كيلوباسكال).

$e_s - e_a$ = عجز ضغط البخار المشبع (كيلوباسكال).

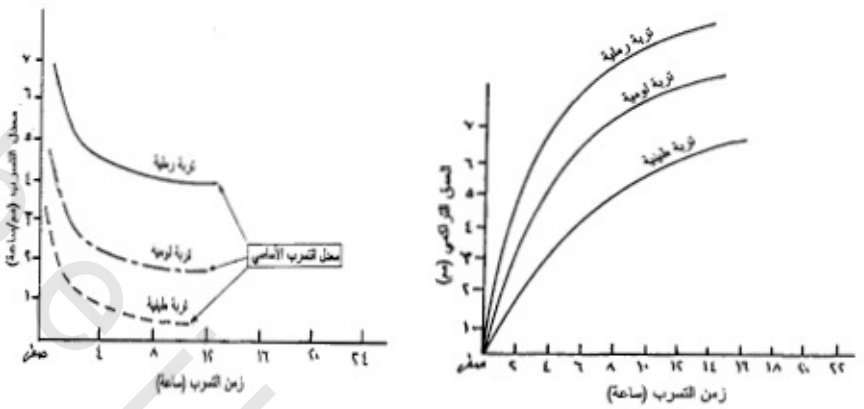
$\Delta$ = ميل منحنى العلاقة بين ضغط البخار المشبع ودرجة الحرارة.

$\gamma$ = الثابت الرطوبي (كيلوباسكال/ م$^o$).

إن طريقة بنمان– مونتيث تشتمل على كافة المتغيرات المتحكمة في التبادل الحـــراري والمتناسبة مع تدفق الحرارة الكامنة (البخر– نتح) من سطح نباتي منتظم فسيح. أن معظم متغيرات المعادلة تقاس أو تحسب مباشرة من البيانات المناخية، و المعادلـــة يمكـــن أن تستعمل للحساب المباشر لبخر– نتح المحصول في حالة كون المقاومات السطحية والحركة الهوائية المتوفرة خاصة بالمحصول.

### (١,٩) معدل تسرب المياه في التربة : Soil Infiltration Rate

يعـــرف معدل تسرب المياه في التربة على انه معدل دخول المياه الى داخل التربة. ويقل معدل التسرب بمرور زمن الابتلال حتى يصل تقريباً إلى قيمة ثابتة بعد مرور حوالي ساعتين من بداية إضافة مياه الري للتـــربة وتسمى هذه القيمة بمعدل التسرب الأساسي Basic Infiltration Rate كما يوضح ذلك الشكل رقم (١,٩).




**الشكل رقم (١,٩) معدل التسرب والعمق التراكمي لثلاثة أنواع من التربة.**

ونجد أن معدل التسرب يتأثر كثيراً بقوام التربة وكذلك بالمحتوى الرطوبى للتربة. فالتربة ذات القوام الخشن لها معدل تسرب أعلى من معدل التسرب للتربة الناعمة. كذلك يتأثر معدل دخول المياه بنسبة الرطوبة الأرضية حيث يقل الدخول بزيادة نسبة الرطوبة الأرضية.

يجـــب أن لا تضاف مياه الري خلال عملية الري بمعدل أكبر من معدل التسرب لأنه يحدث ما يسمى بالجريان السطحي (Surface Run off) مما يسبب فقد لمياه الري وقد يؤدى إلى نحر التربة (Soil Erosion) خاصة عند وجود ميول في الحقل لذلـــك لابد أن يكون معدل إضافة المياه للتربة أقل من أو يساوى معدل التسرب للـــتربة. وعـــادة يؤخذ معدل التسرب الأساسي للتربة في عمليات التصميم لنظم الـــري بالرش المختلفة. والشكل رقم (١,٩) يبين معدلات التسرب لأنواع مختلفة من الترب. كذلك يبين الجدول رقم (١,١) اختلاف معدل التسرب من تربة إلى أخـــرى. كذلك نجد أن العمق المتسرب التراكمي يختلف من تربة الى أخرى كما يـــبين ذلـــك الشـــكل، حيث نجد أن الأراضي الرملية ذات معدل تسرب وعمق تراكمي أكبر من الأراضي الطينية.

**تقدير معدل التسرب :**

هناك العديد من المعادلات لإيجاد معدل تســـرب الماء في التربة ومن أكثر المعادلات استخداماً معادلة كوستيكوف **(Kostiakov Equation)** وتستخدم في حالة غمـــر المياه للتربة. ويمكن أيجاد معدل التسرب وكذلك عمق الماء التراكمي الذي تسرب إلى داخل التربة باستخدام هذه المعادلة. ويمكن كتابتها كالتالي:

$$I_P = k\,t^n \qquad (١,١٢)$$

حيث أن :-

$I_P$ = معدل التسرب بطريقة الغمر عند استخدام الاسطوانة (مم/ساعة).

$t$ = زمن القياس (ساعة).

$K$ , $n$ = ثوابـــت تعتمد على حالة نوع التربة. وقيمة (n) عادة سالبة حيث أن

$$0>n>-1$$

وبتكامل معادلة التسرب يمكن أيجاد عمق الماء التراكمي كالتالي :-

$$I_P = k\,t^n$$

وبتكامل المعادلة :

$$\int_0^t I_P = k \int_0^t t^n$$

$$I_P.t = \frac{k.t^{n+1}}{n+1}$$

$$D_p = M\,t^N \qquad (١,١٣)$$

حيث أن :

$D_p$ =عمق الماء المتسرب التراكمي (مم).

$M$ , $N$ = ثوابت . وحيث أن :

$$k = M.N \quad , \quad M = \frac{k}{n+1} = \frac{k}{N} \quad , \quad N = n+1$$

(قيمة N دائماً موجبة).

obeikandl.com

وبالـــتالي في حالـــة معرفة العمق التراكمي فيمكن أيجاد معدل التسرب. ويمكن تعديل المعادلة السابقة عند استخدام نظم الري بالرش حيث لا يحدث غمر لسطح التربة أثناء الري ولكنه يتم إضافة المياه على فترة أطول وبالتالي يمكن إيجاد معادلة التسرب والعمق التراكمي تحت نظم الري بالرش كالتالي:

$$I_{sp} = k\left(n+1\right)^{n} t^{n} \qquad (١,١٤)$$

أو:

$$I_{sp} = \left(n+1\right)^{n} \; I_{p} \qquad (١,١٥)$$

كذلك يمكن إيجاد عمق الماء المتسرب من المعادلة التالية:

$$D_{sp} = I_{sp} . t \qquad (١,١٦)$$

حيث أن :

$I_{sp}$ = معدل التسرب تحت نظم الري بالرش ( حيث أن $Isp>Ip$ )

$D_{sp}$ = عمق التسرب التراكمي تحت نظم الري بالرش.

والثوابت السابقة الموجودة في المعادلة لابد من إيجادها لكل نوع تربة عن طريق أجراء تجارب حقلية باستخدام الاسطوانة المزدوجة.

## (١,١٠) أمثلة على الاحتياجات المائية للري:

**مثال (١):**

إذا علمت بالبيانات التالية :

| | |
|---|---|
| وزن التربة الرطب عند الســـعة الحقلية | = ١٠٠ جم |
| وزن التربة بعد التحفيف في الفرن | = ٨٠ جم |
| السعة الحقلية ($F_c$) | = ٢٥ ٪ |
| نقـــطة الذبول ($WP$) | = ١٣ ٪ |
| الكثافة النوعية للتربة ($B_d$) | = ١,٣٥ |
| عمق منطقة الجذور ($D_{rz}$) | = ١٠٠٠ مم |
| كفـــاءة الري ($E_i$) | = ٨٠ ٪ |
| نسبة الاستنفاذ ($Mad$) | = ٥٠ ٪ |
| الاستهلاك المائي للمحصول ($ET_c$) | = ٨ مم/يوم |

obeikandi.com

المطلوب إيجاد:

١. عمق الماء الصافي ($D_n$)  ٢. عمق الماء المضاف ($D_g$)  ٣. فترة الري ($II$)

**الحل:**

المحتوى الرطوبي الوزني للتربة:

$$\theta_{Fc}\,(by\ weight) = \frac{(100-80)}{80} \times 100 = 25\%$$

المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة:

$$\theta_{Fc}\,(by\ vol.) = 25\% \times Bd = 25\% \times 1.35 = 33.75\%$$

$$Taw = (\theta_{Fc} - \theta_{wp}) \times Bd \times D_{rz} = \frac{(25-13)}{100} \times 1.35 \times 1000 = 162mm$$

$$D_n = Taw \times Mad = 162 \times \frac{50}{100} = 81mm$$

$$D_g = \frac{D_n}{E_i} = \frac{81}{0.80} = 101.25mm$$

$$II = \frac{D_n}{ETc} = \frac{81}{8} = 10.13\ days = 10\ days$$

**مثال (٢):**

محصول عمق المجموع الجذري له ٥٠ سم، والنسبة المئوية الحجمية للمحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية ونقطة الذبول هي ٣٥٪ ، ٥٪ على الترتيب ويتم الري عند استنفاذ ٥٠٪ من المحتوى الرطوبي الكلي المتاح. إذا كان الري يتم في زمن قدره ٨ ساعات مع العلم أن هناك أمطار تساقطت خلال فترة النمو بمعدل ٠,٢٥ سم/يوم، وحصل فقد في المياه المعطاة بالجريان السطحي بمعدل ٠,٠٦ سم/يوم، وبالتسرب العميق بمعدل ٠,٠٩ سم/يوم. وكانت المساحة المروية ٨ هكتار والاستهلاك المائي اليومي للمحصول ٧٥ مم والكثافة الظاهرية للتربة ١,٥٢ جم/سم٣. المطلوب أيجاد معدل تصرف نظام الري (لتر/ثانية).

obeikandl.com

**الحل:**

$$ET = P + D_g - R_o - D_P \pm \Delta\theta$$

$$D_g\ daily = ET - P + R_o + D_P$$

$$D_g\ daily = 0.75 - 0.25 + 0.06 + 0.09 = 0.65\ cm/day$$

$$D_n = \frac{(\theta_{FC} - \theta_{WP})}{100} \times D_{rz} \times Mad$$

$$= \frac{(35-5)}{100} \times 50 \times 0.5 = 7.5\ cm$$

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{7.5}{0.75} = 10\ days$$

$$D_g = D_g\ daily \times II = 0.65 \times 10 = 6.5\ cm$$

$$Q_S = \frac{D_g . A}{T_i}$$

$$= \frac{0.065 \times 8 \times 100000}{8} = 650\ m^3/hr$$

$$= 650 \times \frac{1000}{3600} = 180.55\ L/sec$$

**مثال ٣:**

تربة سعتها التخزينية ٩٠ مم/متر يراد زراعتها بمحصول عمق جذوره ٨٠سم والاستهلاك المائي له ١٠ مم/يوم، نسبة الاستنفاذ تساوي أو أكبر من ٤٠٪ . تروى مساحة ٢ هكتار من هذه التربة بنظام ري تصرفه ٢٠ لتر/ث وكفائته ٧٥٪. أحسب:

فترة الري ($II$) - زمن الري ($T_i$)

**الحل:**

أولاً :نحسب الماء الكلي المتاح:

$$Taw = Taw_{1m} \times Drz(m)$$

$$Taw = 90 \times 0.80 = 72\ mm$$

obeikandl.com

ثانياً: نحسب عمق الماء الصافي

$$Dn = Mad \times Taw$$
$$Dn = 0.40 \times 72 = 28.8mm$$

ثالـــثاً: حســـاب فترة الري بقسمة عمق الماء الصافي على الأستهلاك المائي للمحصول

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{28.8}{10} = 2.88day = 3day$$

ثم نحسب عمق الماء الصافي الفعلي (الحقيقي)

$$Dn = II \times ETc = 3 \times 10 = 30mm$$

ثم نحسب نسبة الاستنفاذ حتى نتأكد أنها في حدود المسموح به في السؤال

$$Mad = \frac{Dn}{Taw} = \frac{30}{72} = 0.42$$

أي أن نسبة الاستنفاذ أكبر من ٤٠٪ وهذا في حدود المسموح به

ثم نحسب عمق الماء الكلي المضاف $Dg$ من قسمة عمق الماء الصافي على كفاءة الري

$$D_g = \frac{D_n}{E_a} = \frac{30}{0.75} = 40mm$$

يمكن حساب زمن الري حيث أن تصرف المصدر معلوم والمساحة المروية معلومة وكذلك عمق الماء الكلي المضاف

$$T_i = \frac{D_g \times A}{Q_S} = \frac{0.040 \times 2 \times 10^4}{0.020 \times 3600} = 11.11hr$$

**مثال ٤:**

لـــري مساحة من الأرض مقدارها ٨ هكتار بواسطة مضخة تعمل ١٤ ساعة في الـــيوم وجد أن السعة التخزينية المتيسرة للتربة هي ١١,٢ سم/متر، وعمق المجموع الجـــذري ١,٢٥ مـــتر ويضاف مياة الري عند نقص ٥٠٪ من الماء الكلي المتاح، الاســـتهلاك المائي اليومي للمحصول ١٠ مم/يوم وكفاءة اضافة مياه الري ٧٠٪، مع العلم أن معدل الري ٢٥ مم/ساعة . أحسب :

obeikandl.com

العمق الصافي للماء المضاف $(D_n)$ ، العمق الكلي للماء المضاف $(D_g)$

الفترة بين الريات $(II)$ ، السعة الكلية المطلوبة لنظام الري $(Q)$

**الحل:**

أولاً: نحسب الماء الكلي المتاح:

$$Taw = Taw_{1m} \times Drz(m)$$
$$Taw = 11.2 \times 1.25 = 14\ cm$$

ثانياً: نحسب عمق الماء الصافي

$$Dn = Mad \times Taw$$
$$Dn = 0.50 \times 14 = 7\ cm$$

والآن يمكن حساب فترة الري بقسمة عمق الماء الصافي على الأستهلاك المائي للمحصول

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{7 \times 10}{10} = 7\ day$$

$$D_g = \frac{D_n}{E_a} = \frac{70}{0.70} = 10\ cm$$

نحسب زمن الري $T_i$ :

$$T_i = \frac{Dg}{Ra} = \frac{10 \times 10}{25} = 4\ hr$$

نحسب عدد الريات التي يمكن إجرائها في اليوم حيث انه يمكن تشغيل المضخة ١٤ ساعة وزمن الري ٤ ساعات فقط:

$$No_{(irr\ at\ day)} = \frac{T_{day}}{T_i} = \frac{14}{4} = 3.5 = 3$$

$$A_{day} = \frac{A_{total}}{II} = \frac{8}{7} = 1.1429\ ha$$

$$A_i = \frac{A_{dayl}}{No_{(irr\ at\ day)}} = \frac{1.1429}{3} = 0.381\ ha$$

obeikandi.com

نلاحظ أن اتباع تقسيم المساحة الكلية لري كل جزء في ٤ ساعات سيؤدي بالطبع إلى تخفيض قدرة المضخة المطلوبة للنظام وذلك لتخفيض التصرف المطلوب

$$Q_S = \frac{D_g \times A}{T_i} = \frac{10 \times 0.381 \times 10000}{100 \times 4} = 95.25\ m^3/hr = 26.46\ L/sec$$

**مثال ٥:**

يراد تصميم نظام ري بالرش لري حقل مساحته ١٨ هكتار أرضه مستوية بمنطقة الرياض مزروع بأعشاب المراعي Pasture على تربة رملية لومية. احسب:

- معدل الرش ($R_a$) ، عمق الماء الصافي ($D_n$) .
- الفترة بين الريات ($II$) ، عمق الماء الكلي المضاف ($D_g$) .
- سعة النظام بالهكتار/اليوم ($A_{day}$) ، تصرف جهاز الري ($Q$) .

(استعن بالجداول المذكورة في هذا الفصل، مع فرض الفروض المناسبة).

**الحل:**

نلاحظ اننا لابد من الاستعانة بجداول خاصة حيث ان المتوفر معلومات وليست قيم محددة

من الجدول رقم (١,١) لنوع التربة الرملية اللومية نعين الماء الكلي المتاح لكل متر عمق:

$$Taw = 120\ mm/m$$

من جدول رقم (١,٣) لنوع المحصول المراد زراعته (لعشب) نعين عمق الجذور:

$$Drz = 30 - 80\ cm = 55\ cm$$

يمكن حساب الماء الكلي المتاح لهذا العمق:

$$Taw = Taw_{1m} \times Drz(m)$$

$$Taw = 120 \times 055 = 66\ mm$$

بفرض قيمة لنسبة الاستنفاذ:

$$Mad = 50\%$$

نحسب عمق الماء الصافي

$$Dn = Mad \times Taw$$

$$Dn = 0.50 \times 66 = 33\ mm$$

من الجدول رقم (١,٤) لنوع المحصول (العشب) ولنوع المناخ (الصحراوي) نعين الاستهلاك المائي للمحصول $ET_c$ :

$$ET_c = 8.9\ mm/day$$

والآن يمكـــن حســـاب فترة الري بقسمة عمق الماء الصافي على الأستهلاك المائي للمحصول

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{33}{8.9} = 3.7 = 4\ \ day$$

ثم نحسب عمق الماء الصافي الفعلي (الحقيقي)

$$Dn = II \times ETc = 4 \times 8.9 = 35.6\ mm$$

ثم نحسب نسبة الاستنفاذ حتى نتأكد أنها في حدود المسموح به في السؤال

$$Mad = \frac{Dn}{Taw} = \frac{35.6}{66} \times 100 = 53.94\%$$

من الجدول الخاص بعلاقة نوع المناخ (الصحراوي) نحدد كفاءة الإضافة Ea :

$$Ea = 65\%$$

ثم نحسب عمق الماء الكلي المضاف $D_g$

$$D_g = \frac{D_n}{E_a} = \frac{35.6}{0.65} = 54.77\ mm$$

من الجدول رقم (١,١) للتربة الرملية اللومية نحدد معدل التسرب الأساسي للتربة:

$$I_b = 25\ mm/hr$$

obeikandl.com

إذا أقصى معدل رش مسموح به:

$$Ra_{(max)} = 25\ mm/hr$$

نحسب زمن الري $T_i$

$$T_i = \frac{Dg}{Ra} = \frac{54.77}{25} = 2.19\ hr = 3\ hr$$

نعدل قيمة معدل الرش بناءاً على قيمة الزمن:

$$Ra = \frac{Dg}{T_i} = \frac{54.77}{3} = 18.256\ mm/hr \prec 25\ mm/hr$$

نفـــرض أن عدد ساعات التشغيل الكلية لا يزيد عن ١٠ ساعات حيث أن المناخ صحراوي

نحســـب عـــدد الريات التي يمكن إجرائها في اليوم حيث ان زمن الري ٣ ساعات فقط:

$$No_{(irr\ at\ day)} = \frac{T_{day}}{T_i} = \frac{10}{3} = 3.33 = 3$$

$$A_{day} = \frac{A_{total}}{II} = \frac{18}{4} = 4.5\ ha$$

$$A_i = \frac{A_{dayl}}{No_{(irr\ at\ day)}} = \frac{4.5}{3} = 1.5\ ha$$

نلاحـــظ أن اتـــباع تقســـيم المساحة الكلية لري كل جزء في ٣ ساعات سيؤدي بالطبع إلى تخفيض قدرة المضخة المطلوبة للنظام وذلك لتخفيض التصرف المطلوب

$$Q_S = \frac{D_g \times A}{T_i} = \frac{54.77 \times 1.5 \times 10000}{1000 \times 3} = 273.8\ m^3/hr = 76.06\ L/sec$$

obeikandl.com