الفصل السابع

إدارة مياه الري

(١ , ٧) مقدمة

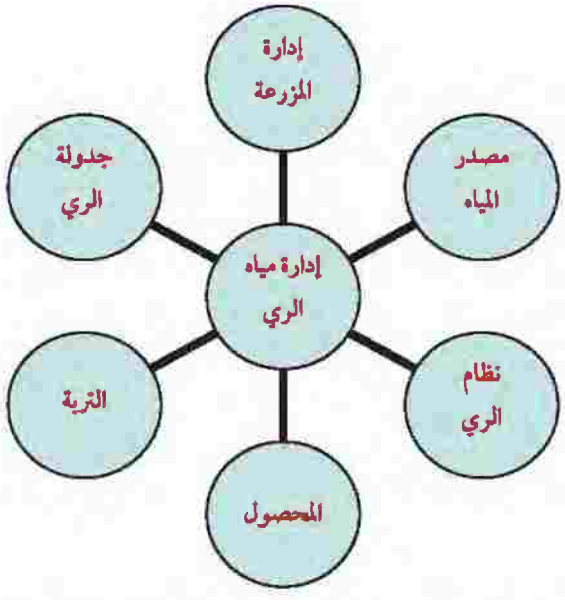
إن المعرفة الكاملة لإدارة مياه الري والنظرة الشمولية لها تكتسب أهمية خاصة عند التطرق لترشيد المياه وتنميتها بصورة تحقق الأمن المائي من جانب والأمن الغذائي من جانب آخر. وبالتالي فإن هناك مجموعة من العوامل والعناصر مترابطة بشكل مباشر وغير مباشر عند دراسة إدارة مياه الري الزراعي. لذلك فإن معرفة تلك العوامل تحدد اختيار نظام الري ونوع المحصول المزروع وطريقة إضافة مياه الري ومواعيد وكمية المياه اللازمة للري وكيفية ترشيد استخدامها مع الأخذ في الاعتبار العوامل الأساسية الأخرى مثل نوع التربة والمناخ ومصدر الماء. ويبين الشكل رقم (١ , ٧) العوامل الأساسية الداخلة عند إدارة مياه الري الزراعي.

(٢ , ٧) مصطلحات في إدارة مياه الري

تعريف الري

يعرف الري بأنه إضافة المياه إلى التربة المزروعة بالمحاصيل بطرق وتصاميم مختلفة للوصول إلى رطوبة مثلى للتربة حتى يتم نمو المحصول للحصول على إنتاجية اقتصادية من المحصول. وبالتالي تكون أهداف الري للنبات أثناء الموسم هي:

- إضافة الماء للتربة لتزويدها بالرطوبة اللازمة لنمو النبات.
- تأمين المحصول ضد فترات الجفاف القصيرة المدى.
- تبريد التربة والجو لكي تكون أكثر ملاءمة لنمو النبات.
- تقليل خطر الصقيع بالمناطق التي تتعرض في فترات معينة للصقيع.
- غسل الأملاح من التربة أو تقليلها.



الشكل رقم (١ , ٧). العوامل الأساسية في إدارة مياه الري.

تعريف إدارة مياه الري

هو تطبيق الأسس والتقنيات المناسبة لتحقيق الاستثمار الأمثل للموارد المائية المتاحة للري وترشيد استخدامها. ولغرض تحقيق هذا الهدف يجب إجراء الدراسات الخاصة بالاحتياجات المائية للمحصول ونوع التربة وتحديد جدولة للري (تحديد مواعيد وكميات مياه الري للنباتات).

تعريف إدارة المزارع

هي عبارة عن دراسة طرق ووسائل تنظيم عناصر الإنتاج (الأرض والماء والعمل ورأس المال) بتطبيق المعرفة التقنية والخبرات والمهارات في عملية الإنتاج لتحقيق أكبر قدر ممكن من الدخل الصافي أو الأرباح من المزرعة.

لذلك تكون الإدارة هي علم وفن تشتمل على مجموعة من الحقائق المنظمة والمرتبة بطريقة تظهر فيها كيفية عمل القوانين والمبادئ العامة. والمقصود بالفن هنا الكفاءة بالمعنى الجسمي والعقلي، فمثلاً: يستطيع كثير من الفلاحين أن يؤدوا واجباتهم بطريقة أمهر أو أكثر كفاءة وأسرع وأسهل من غيرهم. ولكن إذا تم توجيههم بكفاءة عالية فإنهم سيوفرون الكثير من الوقت والجهد. ومثال على ذلك تدرب العمال أو المزارعين على جني محصول الطماطم وتعبئته في صناديق بطريقة فنية، أي بحركات يدوية معينة يؤدونها بصورة صحيحة. وهذا

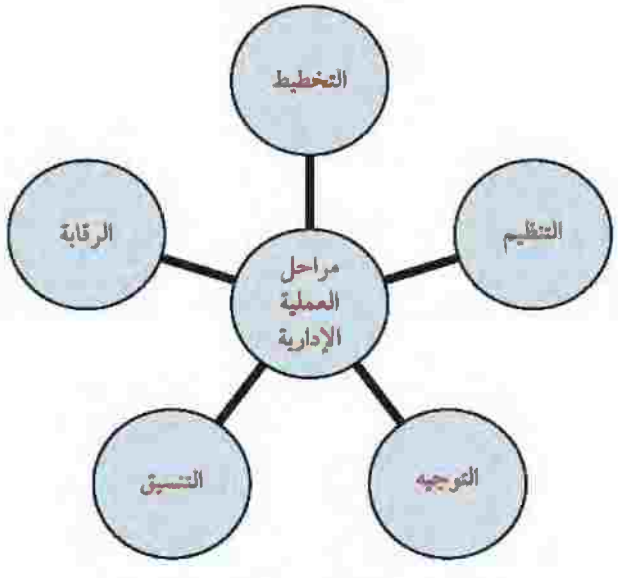
يؤدي إلى توفير في الوقت، وذلك نتيجة لتنظيم العمل وحركات العمال. ومن الأمثلة الأخرى على استخدام النواحي الفنية هي:

١ - ضبط مواعيد الري لكل محصول.

٢- معرفة كمية المياه التي يحتاجها النبات.

٣- تحديد نوع التربة وطرق تهيئتها بما يتناسب مع كل محصول، كتنظيم المسافات بين النباتات، ومراعاة سعة التفرع للنبتة عند تحديد المسافات بين الشتلات أو البذور لكي تتمكن النبتة من الحصول على أشعة الشمس الكافية.

العملية الإدارية تتمثل بصورة رئيسة باتخاذ القرارات من قبل المسؤول، وتتحدد بخمس مراحل، كما مبين بالشكل رقم (٢ , ٧).



الشكل رقم (٢ , ٧). مراحل العملية الإدارية.

اتخاذ القرارات يعني "اختيار أحد البدائل من بين الخيارات الأخرى لأفضليته". فاتخاذ القرار هو مرحلة من المراحل التي تؤدي إلى تحقيق الهدف المطلوب. ويمكن تلخيص مراحل تحقيق الهدف، كما موضح بالشكل رقم (٣ , ٧).

خصائص المدير الناجح

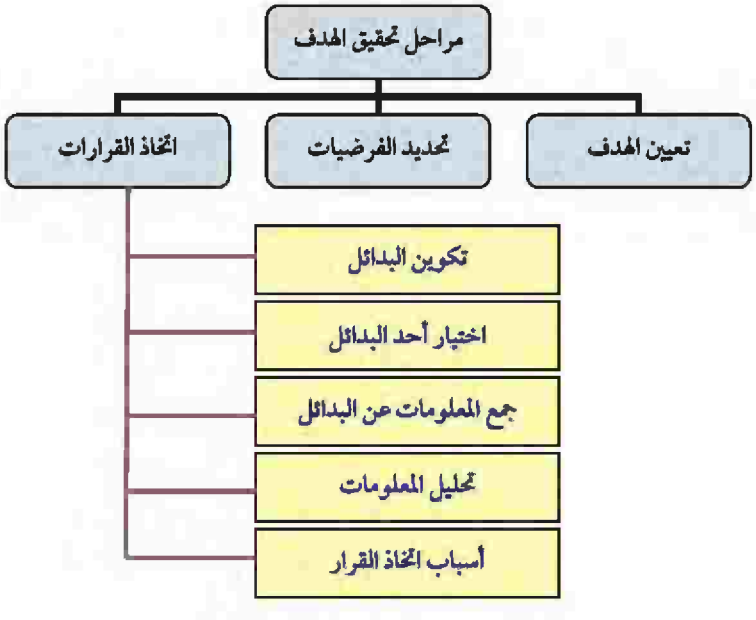
يجب أن تتوفر بعض الصفات في المزارع أو المنتج كي يكون مديراً ناجحاً في إدارة أعمال مزرعته أو إدارة أي عمل اقتصادي آخر، ومن ضمن هذه الصفات ما يلي:

١ – القدرة على اتخاذ القرار وتحليل المشاكل

يجب أن لا يتردد المدير في أخذ القرارات، وأن تستند قراراته على أسس علمية وفنية سليمة لا على التخمين.

٢ – التحري الدائم عن المعلومات الجديدة

سرعان ما تصبح الحقائق المعروفة قديمة، لذا لابد لمدير المزرعة من مواكبة ومسايرة التطور العلمي والفني والاقتصادي عن طريق الاستمرار في تعليم نفسه وتوسيع ثقافته والتحري والبحث الدائم عن الجديد في مجال تخصصه.



الشكل رقم (٣, ٧). مراحل تحقيق الهدف.

٣- القدرة على تنفيذ القرارات وإنهاء الأعمال

يجب أن ينفذ المزارع والمدير القرارات التي توصل إليها بدون تردد؛ لأن اتخاذ القرارات دون القدرة على التنفيذ أو إنهاء الأعمال اللازمة يؤدي إلى الفشل.

٤- القدرة على تحمل المسؤولية وتحمل الأخطار

المزارع أو المدير الذي يحتاط أكثر مما ينبغي ويتوخى الحذر الشديد في إدارة أعماله ويتخوف كثيراً من التغيرات المفاجئة لا يصلح أن يكون مديراً، خاصة وأن الزراعة مهنة تحفها المخاطر، فيجب أن يأخذ المزارع بالأسباب العلمية والواقعية التي تحقق الهدف المنشود، ويكون لديه المخاطرة والمجازفة دون تهور، وأن تكون عنده رغبة وقدرة على تحمل المسؤولية.

٥- القدرة والخبرة على القيام بالعمليات الحسابية ومسك السجلات المزرعية ومراجعتها.

٦- الأمانة والنزاهة والاستقامة في العمل والرغبة في العمل الحقلي والريفي.

وظائف مدير المزرعة

إن أهم الوظائف أو المهام التي يجب أن يؤديها مدير المزرعة تتلخص فيما يلي:

١- اختيار عناصر الإنتاج المناسبة وتقرير كيفية الجمع بينها في عملية إنتاج معينة، ومن أهم هذه العناصر ما يلي:

- إدارة العمل المزرعي بكفاءة.
- إدارة رأس المال بكفاءة (المكائن والآلات الزراعية، والأسمدة، والبذور، ومختلف التجهيزات الزراعية).
- إدارة الأرض اقتصادياً وزراعياً بشكل مناسب، من حيث المحافظة على خصوبتها ومعرفة تقدير قيمتها في العملية الإنتاجية.

٢- اختيار المشاريع الإنتاجية المناسبة وانتخاب المزيج المناسب من هذه المشاريع في منهاج استثماري زراعي مناسب.

٣- تحقيق مستوى من الكفاءة المناسبة في إنجاز مختلف العمليات الزراعية.

٤- ضبط وتوجيه استعمال مختلف أنواع عناصر الإنتاج بالتفصيل خلال السنة.

٥- إجراء التعديلات المناسبة اليومية والأسبوعية التي يجب القيام بها نتيجة لتغير أو التغيرات المفاجئة التي تطرأ على الأسعار أو تكاليف الإنتاج، التي تستدعي القيام بالتعديلات المناسبة في استعمال عناصر الإنتاج بما يتناسب مع هذه التغيرات.

٦- إدخال طرق جديدة في العمل المزرعي، سواء في طرق إدارة عناصر الإنتاج أو المحصول، أو كل ما يتعلق بالمزرعة من فعاليات إنتاجية، أي إيجاد المرونة الكافية لاقتباس كل ما هو جديد في الإدارة.

٧- مسك السجلات الحسابية للمزرعة والاحتفاظ بها ومراجعتها لغرض الاستفادة منها في تحقيق كفاءة أكثر في الإدارة للمزرعة.

هناك فرق بين إدارة المزارع وبين العلوم الزراعية البحتة وهو أن العلوم الزراعية البحتة تهتم بالعلاقة الطبيعية سواء كانت كيميائية، فيزيائية، بيولوجية بين عناصر الإنتاج وبين الناتج النهائي بينما تعنى إدارة المزارع بدراسة مشكلة الحصول على المزيج الأمثل لعناصر الإنتاج والذي يعطي للمنتج أكبر قدر ممكن من الدخل الصافي. وإدارة المزارع فرع من فروع الاقتصاد الزراعي، حيث يعرف الاقتصاد الزراعي بأنه علم تطبيق مبادئ الاقتصاد العام على الزراعة باعتبار أنها صناعة.

(٣ , ٧) مفهوم إدارة مياه الري

يجب معرفة العلاقة بين حاجة المحصول للماء ومرحلة النمو وفترة الري وكمية المياه المضافة ونوع التربة والموسم الزراعي. ويمكن ذكر أن مفهوم إدارة مياه الري قديماً كان يستند إلى معلومة غير دقيقة حيث كان يعتقد المزارع أن كمية مياه الري المضافة ليس لها علاقة بمرحلة نمو المحصول ونوع التربة والموسم الزراعي، حيث كان المزارع لا يعرف عن خصائص المحتوى الرطوبي للتربة المراد ريها ولا بعمق الجذور مع زيادة النمو المحصول. وبالتالي كان يضيف كمية متساوية طوال الموسم عند كل رية وعلى فترات محددة أثناء نمو المحصول.

ولكن المفهوم الحديث لإدارة مياه الري في الوقت الحاضر تعتمد على مفهوم جديد لإدارة مياه الري، مما أدى إلى تغيير أساسي في مفهوم العلاقات المترابطة بين عناصر التربة والنبات والماء، وهذا بدوره أكثر مرونة من المفهوم السابق لهذه العلاقة، فالحقل الآن يعد نظاماً موحداً، تكون فيه جميع العمليات مترابطة، وفي هذا النظام الذي يدعى "سلسلة التربة والنبات والمحيط (SPSC)" لا تعد رطوبة التربة خاصية التربة وحدها فقط، بل هي دالة لعلاقة التداخل بين النبات والتربة والمناخ. وعليه فإن معدل سحب الماء من قبل النبات يعتمد على قدرة الجذور لامتصاص الماء من التربة الملاصقة لها، وكذلك على قدرة التربة لتجهيز الماء ونقله إلى الجذور بمعدل يفي بمتطلبات النتح والنمو. وكل هذا يعتمد على ما يلي:

١- نوع النبات ومرحلة نموه.

٢- الظروف الجوية المتحكمة بمعدل النتح اللازم للمحصول.

٣- خصائص التربة (الاحتفاظ بالماء، والنفاذية).

٤- طريقة الري.

فعند التحكم بشكل أمثل بجميع العناصر والمتغيرات وتجنب حدوث أي إجهاد مائي للنبات خلال موسم النمو قد يؤدي ذلك إلى زيادة فعلية في القدرة الإنتاجية لهذه المحاصيل، فإذا توفرت ظروف مائية مناسبة باستمرار للأصناف المحسنة مثلاً فإنها قد تصل إلى أعلى طاقة إنتاجية لها، حيث أنها ستتجاوب إلى حد كبير مع الأسمدة المضافة، وتتجاوب أيضاً لأساليب الإدارة المتبعة.

ويمكن الحصول على التأثير المرغوب به من خلال الاستخدام الأمثل لنوعية الري وتكرار حدوثه، وذلك من خلال تجنب إضافة المياه الزائدة التي قد تعيق التهوية وتغسل المواد الغذائية بعيداً عن منطقة الجذور أو ترفع منسوب الماء الأرضي.

(٤, ٧) عناصر إدارة مياه الري

إن الإدارة المثالية لنظم الري تتطلب الإلمام بالعناصر والعوامل الأساسية التالية:

١- التصميم المناسب والمرن لشبكة الري.

٢- استخدام المواد والمعدات والوصلات ذات المواصفات الجيدة.

٣- التنفيذ الدقيق للشبكة حسب المواصفات والتصميم.

٤- تقييم نظام الري بعد التركيب مباشرة، ثم كل ٢-٣ سنوات من الاستخدام عمليات تشغيل وصيانة شبكات الري.

٥- تشغيل نظام الري حسب المدة والأوقات المحددة.

٦- صيانة شبكة الري بشكل دوري.

كما يحقق التصميم الصحيح لشبكات الري المزايا التالية:

١- سهولة التشغيل والصيانة.

٢- التوزيع المتماثل والمتساوي لمياه الري في الحقل.

٣- عدم إعاقة عمليات الخدمة وحركة الآليات الزراعية.

٤- يوفر الاحتياجات المائية للنبات في الوقت المناسب وبالكمية المطلوبة للحصول على الإنتاج المثالي اقتصادياً.

(٧ , ٥) أنواع وأهداف إدارة مياه الري

تقسم أنواع إدارة مياه الري إلى قسمين وهما إدارة الطلب على مياه الري وإدارة عرض موارد مياه الري، ولكل منهما عدة أهداف. ويبين الشكل رقم (٧ , ٤) أنواع وأهداف إدارة مياه الري حتى يمكن تحقيق إدارة ري متكاملة.

(٧ , ٦) المشاكل والمعوقات التي تواجه إدارة مياه الري على مستوى المزرعة

- **العوامل الفنية**

١- ضعف الإرشاد في مجال إدارة المياه على مستوى الحقل.

٢- نقص التدريب والتأهيل للمرشدين في مجال إدارة المياه والمزرعة.

٣- عدم كفاية مشاريع نقل التقنيات الحديثة للمزارعين ويشمل ذلك:

أ) إدخال نظم الري الحديثة.

ب) التصميم والإدارة المناسبان لنظم الري وخاصة نظم الري السطحية.

ج) جدولة الري وإدارة المياه (إدخال أجهزة قياس الشد والمحتوى الرطوبي وكميات مياه الري).

د) الرسمدة (التسميد مع الري).

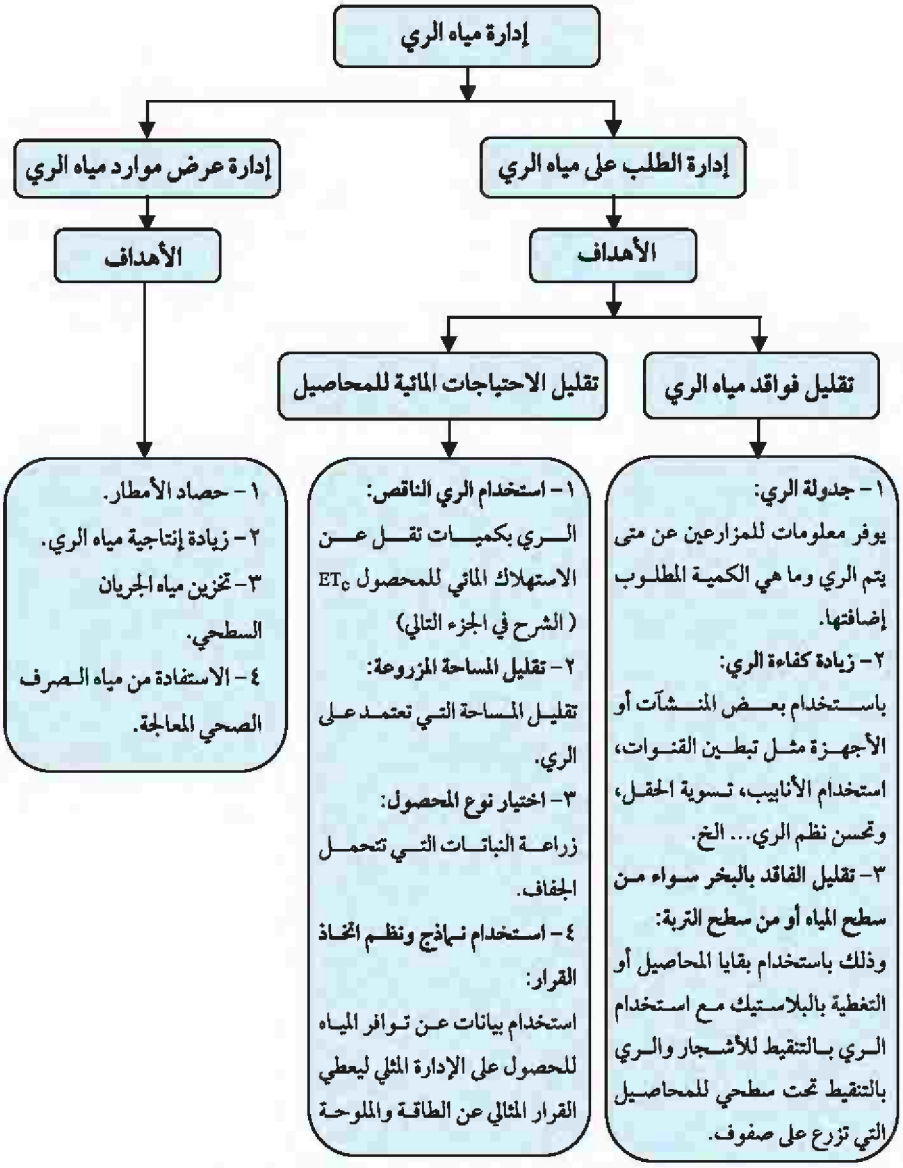
هـ) تشغيل وصيانة شبكات الري الحديثة.

- **العوامل المؤسسية**

١- تعدد المؤسسات التي تعمل في مجال المياه على مستوى الحقل وغياب التعاون والتنسيق بينها، مما يؤدي إلى ضعف إيصال المعلومة الدقيقة للمزارع، ورسم سياسة واضحة لإدارة المياه والتي تؤدي لرفع كفاءة الري الحقلي.

٢- عدم المشاركة الفاعلة للمؤسسات غير الحكومية وشبه الحكومية في تطبيق التقنيات الحديثة لإدارة المياه على مستوى الحقل.

٣- عدم وجود جمعية متخصصة لمستهلكي المياه لتقوم بإدارة مياه الري من حيث الجدولة وكمية المياه لكافة شبكات التوزيع، بالإضافة إلى المساعدة في تحديد النمط المحصولي لأي منطقة على أساس توفر المياه ونوعيتها وصلاحية الأراضي ووضع آلية لتشغيل وصيانة شبكات الري.



الشكل رقم (٤ ,٧). أنواع وأهداف إدارة مياه الري.

- **العوامل الاقتصادية**

١- عدم قدرة المزارع على تحسين الري خاصة تسوية الأراضي في نظم الري السطحية أو إدخال نظم الري الدقيق (الموضعي) وأجهزة قياس الرطوبة نظراً لارتفاع التكلفة وبخاصة في المزارع الصغيرة.

٢- انخفاض أسعار المياه أو تكاليف ضخها قلل من أهميتها كعامل اقتصادي مهم من عوامل الإنتاج مما أدى إلى الإسراف في استخدام المياه وعدم ترشيد الاستهلاك.

- **العوامل القانونية والتشريعية**

١- عدم وجود تشريعات تشجع المزارع على حفظ المياه على مستوى المزرعة.

٢- تدني تكلفة استخدامات مياه الري مما يؤدي إلى الإسراف في استخدام المياه.

٣- عدم وجود تشريعات خاصة بنظم الري من حيث التصنيع والتصميم والإدارة والتشغيل والصيانة.

الحلول المقترحة لتحسين كفاءة الري السطحي

يقترح تنفيذ برامج ومشاريع نقل التكنولوجيا لتحسين كفاءة الري السطحي وذلك من خلال التطبيقات التالية على مستوى الحقل:

١- تحسين تسوية الأرض مما يعمل على تحسين كفاءة التوزيع.

٢- إعادة استخدام مياه الجريان السطحي لتحسين كفاءة الإضافة بتقليل فواقد الجريان السطحي.

٣- خفض معدل تدفق المياه بعد وصولها إلى نهاية الشريحة مما يؤدي إلى تحسين كفاءة إضافة مياه الري.

٤- الري بدفعات مما يعمل على تحسين كفاءة التوزيع وكفاءة الإضافة.

٥- تحديد الاحتياجات المائية وجدولة الري لمعظم المحاصيل.

تحسين كفاءة الري السطحي من خلال التطبيقات التالية على المستوى العام:

١- تطوير مشاريع في مجال جدولة الري والاحتياجات المائية على مستوى المزرعة.

٢- تطوير مشروع للنظم المعلوماتية في مجال إدارة الري يعتمد على معلومات المناخ والنبات والتربة ونوعية المياه واستخدام هذه المعلومات لتحديد الاحتياجات المائية وجدولة الري بحيث تصل هذه المعلومات للمزارع بأسهل الطرق.

٣- إنشاء وحدات خاصة لتصميم وصيانة شبكات الري الحقلي وتسوية الأراضي.

٤- تطوير مشاريع بحثية لتحديد الاحتياجات المائية وجدولة الري وإدارة المياه لمعظم المحاصيل الرئيسة في المملكة بالإضافة إلى استخدام البرامج الرياضية في تحليل المعلومات والحصول على النتائج ضمن خيارات متعددة.

٥- الحاجة لتطوير برامج تدريبية للمرشدين والمزارعين ومهندسي الري بالإضافة إلى برامج إرشادية متخصصة في إدارة المياه.

٦- تأهيل الكوادر الفنية العاملة في مجال إدارة المياه في المؤسسات ذات العلاقة وذلك من خلال رفع الكفاءة العلمية والعملية لهم.

٧- إدخال تقنيات خاصة بإدارة المياه كأجهزة قياس الرطوبة الأرضية وأجهزة قياس البخر-نتح المرجعي لتحديد الاحتياجات المائية وجدولة الري.

٨- تشجيع المزارعين على إدخال تقنيات ترشيد وحفظ المياه وتقليل الفواقد كإدخال أجهزة تنظيم توزيع مياه الري واستخدام التسميد بالري.

٩- مشاركة المزارعين وجمعياتهم في إدارة شبكات الري للحصول على التوزيع المناسب للمياه.

(٧,٧) أساسيات في إدارة مياه الري

لتحقيق أهداف إدارة مياه الري لابد من دراسة بعض الأساسيات في إدارة مياه الري حيث أن معرفة العلاقات التي 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 يكون الري مطلوباً في هذه الحالة حتى يعاد المحتوى الرطوبي للتربة إلى السعة الحقلية. وتعاد هذه الدورة طول فترة وجود المحصول.

إذاً يمكن القول بأن التربة عبارة عن خزان يقوم بتخزين هذه المياه للاستهلاك بواسطة 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 يؤدي إلى تحسين عملية الري وزيادة إنتاج المحصول. لذلك يمكن القول أن السعة التخزينية للتربة تعتمد على قوام وبناء التربة. فقوام التربة يحدد بنسبة الرمل والسلت والطين الذي تتكون منه

التربة، وعلى ذلك لا يمكن تعديل قوام التربة إلا بتغيير مكوناتها. أما بناء التربة فهو يحدد طريقة ترتيب حبيباتها مع بعضها في مجاميع aggregates وعلى ذلك يمكن تعديل بناء التربة على عكس قوامها وذلك بتحسين بناءها أو هدمها. ويؤثر بناء التربة على معدل تسرب المياه وحركتها به. من الأمور الأساسية في الري التي يجب معرفتها قبل الشروع في إدارة مياه الري والمزرعة هي معرفة الآتي:

١- نوع النبات ومرحلة نموه

تختلف الاحتياجات المائية للنبات من نوع إلى آخر كما تختلف في النوع الواحد حسب مراحل نموه المختلفة، حيث يختلف عمق الجذور (Drz)، والاستهلاك المائي اليومي (ETc)، ونسبة الاستنفاذ (Mad). فمثلاً احتياجات النبات من الماء في طور البادرة تختلف عنها في طور الإزهار وتكوين الثمار، إلا أن هناك مزارعين لا يراعون هذه الفروقات والاختلافات أثناء عملية الري، وهناك اعتقاد خاطئ أنه كلما زادت كميات مياه الري يؤدي إلى زيادة نمو وإنتاج النباتات. ولقد دلت التجارب العديدة على أن الإجهاد المائي للنباتات الناتج من زيادة مياه الري أو نقصها يؤثر كثيراً على نمو هذه النباتات.

٢- نوع التربة وخصائص المحتوى الرطوبي

التربة عبارة عن مادة مسامية (ذات نفاذية) تتكون من حبيبات ذات أحجام مختلفة متلاصقة مع وجود فراغات بينها. هذه الفراغات تكون في الغالب في معظم الترب حوالي ٤٠ – ٦٠٪ من حجم التربة. والمياه المضافة يتم تخزينها في هذه المسامات ليتم امتصاص جزء منها بواسطة جذور النبات. قبل عملية الري لابد من تحديد قوام التربة، السعة التخزينية للتربة (TAW)، نسبة الاستنفاذ (Mad) ومعدل التسرب الأساسي للتربة حتى السابقة يمكن معرفة متى يلزم الري، وبأي كمية من المياه يحتاجها المحصول كل فترة ري.

هناك ما يسمى بالتشبع والسعة الحقلية والماء المتاح ونقطة الذبول لكل تربة. هذه الخصائص لابد من معرفتها لكل تربة حتى نتجنب الري الزائد أو الري الناقص. تعتبر السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم من أهم الثوابت التي يجب تقديرها للرطوبة الأرضية عند أي نوع من أنواع التربة.

٣- السعة الحقلية Field Capacity (FC)

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 رطوبة التربة عند السعة الحقلية باختلاف نوع التربة (الجدول رقم ١ , ٧). ويتراوح الشد الرطوبي عند السعة الحقلية للتربة بين ١ , ١٠-٣ , ٣٣ ك.بسكال (١ , ٠ - ٣٣ , ٠ ضغط جوي)، فنجد أن الشد الرطوبي عند السعة الحقلية للتربة الرملية حوالي ١ , ١٠ ك.بسكال (١ , ٠ ضغط جوى) وللتربة الطينية حوالي ٣ , ٣٣ ك.بسكال (٣٣ , ٠ ضغط جوى). وللأغراض العملية يمكن التعبير عن السعة الحقلية رياضيا كنسبة مئوية كالتالي:

$$\theta m_{FC} = \frac{M_{ws} - M_{ds}}{M_{ds}} \times 100 \qquad (٧ , ١)$$

حيث إن:

θm_{FC} = المحتوى الرطوبي الوزني عند السعة الحقلية (٪).

M_{ws} = الوزن الرطب للتربة (جم).

M_{ds} = الوزن الجاف للتربة (جم).

وتتراوح نسبة الرطوبة (المحتوى الرطوبي) عند السعة الحقلية بين حوالي ٣ - ٣٠ ٪ فتكون أقل في التربة الخفيفة عن التربة الثقيلة. ويمكن التعبير عنها حجمياً بضرب ناتج المعادلة السابقة في الكثافة النسبية للتربة. وعملياً نفترض أن السعة الحقلية ثابتة طوال الموسم لتربة ما عند جدولة الري.

٤ - نقطة الذبول الدائم Permanent Wilting Point (PWP)

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 ١٥ ضغط جوى. ويختلف المحتوى الرطوبي حسب نوع التربة.

وتختلف النسبة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة حسب نوع التربة، ويوضح الجدول (١ , ٧) خصائص المحتوى الرطوبي الوزني الذي يعتمد على نوع التربة، ومن هذا الجدول يمكن ملاحظة المدى الشاسع في النسبة بين السعة الحقلية الى نقطة الذبول (FC/PWP) لبعض الترب والمسجلة في العمود الخامس، فمثلاً نجد أن التربة رقم ٢ (الرملية) تقدر النسبة بمقدار ١ , ٥١، بينما تصل هذه النسبة في التربة رقم ٥ (طمية طينية لومية) إلى

٤,٣٥. ويجب التنويه هنا أن الجدول رقم (١ ,٧) يعتبر استرشادياً فقط حيث أن هذه القيم تتغير مع تغير حالة التحبب للتربة soil aggregation وأيضاً مع تغير المحتوى العضوي في التربة organic content.

الجدول رقم (١ ,٧). علاقة نوع التربة بخصائص المحتوى الرطوبي الوزني لمجموعة من الترب.

الرقم	نوع التربة	السعة الحقلية FC (٪)	نقطة الذبول PWP (٪)	نسبة (FC/PWP)	الماء المتاح في ١٠٠ سم عمق (سم) (TAW)	معدل التسرب النهائي (سم/ ساعة) (I_0)
١	رملية ناعمة	٣,٢٩	١,٣٣	٢,٤٧	١,٩٦	٢٥ – ٢,٥
٢	رملية	٤,٧٩	٣,١٧	١,٥١	١,٦٢	
٣	رملية لومية ناعمة	١٦,٨٠	٨,٩٣	١,٨٨	٧,٨٧	
٤	رملية لومية	١٨,٧٩	٦,٦١	٢,٨٥	١٢,١٨	٧ – ١,٣
٥	طمية طينية لومية	٢١,٧٠	٥,٠٢	٤,٣٥	١٦,٦٨	
٦	طمية لومية	٢٣,٣٦	٦,١٢	٣,٨٢	١٧,٢٤	
٧	طينية لومية	٢٤,٥١	١١,٥٥	٢,١٢	١٢,٩٦	١,٥ – ٠,٢٥
٨	طمية طينية لومية	٢٨,٣٣	١٢,١٤٩	٢,٢٦	١٦,١٨	
٩	طينية	٣٠,٤٢	١٦,٠٠	١,٩١	١٤,٤٢	٠,١ – ٠,٠١

ومن المعلوم أن السعة الحقلية ونقطة الذبول تكون ثابتة لجميع الأغراض العملية لأي نوع من الترب. ولكن هناك مفهوم عام لدى البعض بأن إضافة المادة العضوية مثل السماد العضوي الى التربة سوف يحسن ويزيد سعة تخزين التربة للماء. وفي الواقع أن إضافة المواد العضوية بالكميات المعتادة إلى الترب لن يغير العلاقات المائية للتربة بقدر كافي لكي يكون ذو أهمية علمية. يوضح الجدول رقم (٢ ,٧) تأثيرات إضافة سماد عضوي (manure) على السعة الحقلية ونقطة الذبول والماء المتاح لمجموعة من الترب. البيانات التي بالجدول هي نتائج لإضافة ١٧٠ طن سماد للهكتار وتم خلطها في التربة الى عمق ٣٠سم من سطح التربة. مع العلم أن معدل هذه الإضافات هي أكثر بعدة مرات من معدل الإضافات المستخدمة غالبًا في الحقول.

والمحتوى الرطوبي في الجدول رقم (٢ ,٧) هو لتربة بدون إضافة وتربة مضاف إليها السماد العضوي. ويمكن القول من هذه النتائج أن قيم السعة الحقلية ونقطة الذبول للترب الرملية قد زادت إلى حد ما بواسطة السماد، ولكن هذه الزيادة لم تؤثر على قيم الماء المتاح. وبالتالي يمكن القول بأن السماد قد يؤثر على خصائص

المحتوى الرطوبي للتربة، خصوصًا للترب ذات البناء الخفيف. لكن مع ذلك ليس من الضرورة أن الماء المتاح سوف يزداد إمتصاصه بواسطة النبات.

الجدول رقم (٢, ٧). تأثير السماد العضوي على المحتوى الرطوبي للترب.

نوع التربة	نقطة الذبول (٪)		السعة الحقلية (٪)		الماء المتاح (٪)	
	بدون سماد	بوجود سماد*	بدون سماد	بوجود سماد*	بدون سماد	بوجود سماد*
رملية	١,٠	١,٥	٣,٢	٣,٧	٢,٢	٢,٢
لومية رملية	٢,٩	٣,٠	٩,٥	٩,٧	٦,٦	٦,٧
لومية طمية	٧,٥	٧,٦	١٦,١	١٥,٩	٨,٦	٨,٣
لومية	١٠,٣	٩,٨	٢١,٧	٢٠,٩	١١,٤	١١,١
طينية	١٣,٤	١٤,٢	٢٨,٤	٢٩,٣	١٥,٠	١٥,١

* ١٧٠ طن من السماد العضوي/ هكتار تم إضافتها وخلطها في عمق ٣٠ سم من التربة

٥- الماء الكلي المتاح Total Available Water (TAW)

يعرف الماء الكلي المتاح بأنه ذلك الجزء من الرطوبة الأرضية الواقع بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم. وعملياً فإننا لا نترك المحتوى الرطوبي للتربة حتى يقترب من نقطة الذبول الدائم للتربة حيث أن ذلك يؤدي إلى بذل جهد كبير من النباتات لاستخلاص هذه المياه على حساب العمليات الحيوية داخل النبات مما يؤدي إلى نقص الإنتاج. ومن المعروف أن مياه الري تضاف بعد استهلاك جزء من الماء المتاح الكلي (في حدود ٣٠ - ٧٠٪) يعرف ذلك الجزء بالماء المتاح بسهولة. ويمكن تقدير الماء المتاح الكلي من المعادلة التالية بعد معرفة الكثافة النسبية للتربة وعمق المجموع الجذري:

$$TAW = \frac{(\theta_{FC} - \theta_{WP})}{100} \times \frac{\rho_s}{\rho_w} \times D_{rz} \qquad (٧, ٢)$$

حيث إن:

TAW = الماء المتاح الكلي (سم).

θ_{FC} = المحتوى الرطوبي الوزني عند السعة الحقلية (٪).

θ_{wp} = المحتوى الرطوبي الوزني عند نقطة الذبول الدائم (٪).

D_{rz} = عمق منطقة الجذور (سم).

ρ_s = الكثافة الظاهرية للتربة (جم/ سم^3).

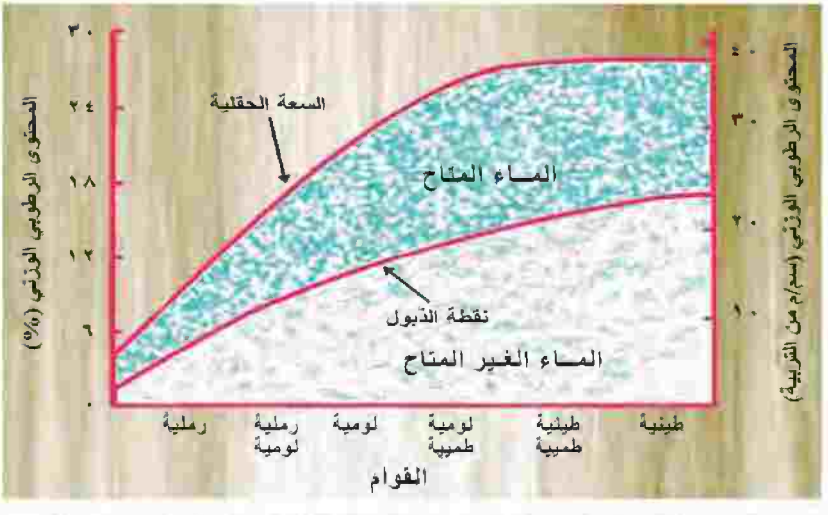
ρ_w = كثافة الماء (جم/ سم^3).

وحيث إن كثافة الماء ρ_w تساوي ١ جم/ سم^3 لذلك فإن الكثافة الظاهرية للتربة ρ_s تساوي عددياً الكثافة النسبية S حيث إن:

$$S = \frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{\rho_s \ (gm/cm^3)}{1 \ (gm/cm^3)} = \rho_s \ (gm/cm^3) \qquad (٧,٣)$$

كذلك يمكن التعبير عن الماء المتاح الكلي (الماء الميسر الكلي) كعمق من الماء لكل وحدة عمق مثل (مم/ متر) عمق من التربة. وتختلف قيم السعة الحقلية ونقطة الذبول وكذلك الماء المتاح الكلي حسب نوع التربة (الشكل رقم ٧,٥).

من المعلوم أن الماء المتاح الكلي للترب الرملية يكون أقل من الترب الطينية بسبب أن قيم السعة الحقلية ونقطة الذبول منخفضة، وهذا يرجع إلى أنه يتم التخلص من الماء الحر (ماء الجاذبية الأرضية) بسرعة بواسطة الصرف وبالتالي يكون الماء المتاح بينهما قليل. بينما يتم التخلص من الماء الزائد ببطء بواسطة الجاذبية الأرضية في الترب الطينية وبالتالي تكون قيم السعة الحقلية ونقطة الذبول عالية وبالتالي يكون الماء المتاح كبير.



الشكل رقم (٧,٥). السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة والماء المتاح لترب مختلفة.

٦- الماء المتاح بسهولة Readily Available Water (RAW)

أفادت معظم التجارب الحقلية أن مياه الري يجب أن تضاف إلى التربة بعد استهلاك جزء معين من الماء الكلي المتاح. وعند وصول هذا الاستهلاك إلى مستوى معين أو ما يسمى بالمستوى الحرج فإنه 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) وتختلف قيمة هذه النسبة طبقاً لقدرة النبات على تحمل نقص الرطوبة، وتتراوح بين ٣٠٪ للتربة الرملية إلى ٧٠٪ للتربة الطينية وتؤخذ عادة على أنها ٥٠٪ كمعدل متوسط. ويمكن الاستعانة بالجدول رقم (٣, ٧) لاختيار نسبة الاستنفاذ عند معرفة نوع المحصول.

الجدول رقم (٣, ٧). 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 متوسطة عمق الجذور.
٥٠	محاصيل الحبوب والأعلاف، والمحاصيل ذات الجذور العميقة.

وبالتالي يمكن تعريف الماء المتاح بسهولة بأنه ذلك الجزء من المحتوى الرطوبي الواقع بين السعة الحقلية والمستوى الحرج للنبات ويمكن تسميته بأنه صافي احتياجات الري اللازمة للمحصول، ويمكن تقديره رياضياً من المعادلة التالية:

$$D_n = TAW \times Mad \qquad (٧, ٤)$$

حيث إن:

D_n = عمق الماء المتاح بسهولة أو عمق صافي احتياجات الري net depth.

Mad = نسبة الاستنفاذ المسموح بها.

أي أن (D_n) 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 المياه (مم/ فترة) أو حجم المياه (م٣/ هكتار/ فترة) التي يحتاج إليها النبات لمواجهة البخر- نتح. إن كمية مياه الري المطلوب إضافتها الى عمق ٣٠ سم من سطح التربة عندما تكون التربة تحتاج إلى ري (عندما يتم استنفاذ الماء المتاح بسهولة) سوف تختلف من تربة الى أخرى.

٧- العمق الإجمالي لمياه الري Gross Water Depth

وهو عبارة عن عمق المياه الفعلي (مم/ رية) أو حجم المياه (م٣/ هكتار/ رية) الواجب إضافتها للحقل بواسطة نظام الري لتغطية احتياجات النبات المائية. وهو يشمل الماء المتاح بسهولة (D_n) مضافا إليه الفواقد الحقلية المختلفة لمياه الري سواء عن طريق قطاع التربة أو الجريان السطحي أو عن طريق التبخر أو التسرب أو الغسيل. ويمكن تقديره من المعادلة التالية:

$$D_g = \frac{D_n}{E_i} \qquad (٧,٥)$$

حيث إن:

D_g = العمق الإجمالي الفعلي لمياه الري المضافة.

E_i = كفاءة الري الحقلي والمفروض أنها تمثل أنواع الكفاءات المختلفة السائدة في الحقل تحت نظام الري المتبع ولكن جرت العادة على أنه يقصد بها كفاءة الإضافة E_a.

عمق الماء الواجب إضافته في الرية (D_g) يتوقف على:

١- كمية المياه المستخدمة والتي يمكن خزنها في التربة لكل وحدة عمق.

٢- عمق منطقة الجذور للمحصول.

٣- كمية المياه التي يستهلكها النبات أو تبخرت من النبات أو التربة.

٤- كمية الفواقد المائية أثناء عملية الري.

٥- المساحة المراد زراعتها.

٦- نوع نظام الري.

أما الاحتياجات المائية الكلية (Gross Water Requirement) للري فيمكن تعريفها بأنها مجموع كميات المياه التي تضاف للتربة خلال عملية الري بالاحتياج المائي الكلي وهو يتكون من صافي الاحتياج المائي مضافاً إليه الفواقد سواء عن طريق قطاع التربة أو الجريان السطحي أو عن طريق التبخر والغسيل، وهذا المجموع يمكن أن يحسب للحقل أو للمزرعة أو للمنطقة أو حتى على مستوى المشروع بكامله وذلك حسب حاجة المخطط للمشروع.

٨- زمن الري Irrigation Time

وهو عدد الساعات التي يستغرقها نظام الري لإضافة مياه الري وذلك لمساحة معينة خلال أقصى احتياج مائي للمحصول. وتستخدم عند تصميم نظام 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 زمن الري أقل من الفترة بين الريات حتى يكون هناك وقت لعمل الصيانة لنظام الري أو إصلاح بعض الأعطال الطارئة أثناء التشغيل. ويمكن حساب زمن الري من المعادلة التالية:

$$Q_s = \frac{D_g \times A}{T_i} \qquad (٧,٦)$$

حيث إن:

D_g = العمق الفعلي لمياه الري (م).

Q_s = التصرف الكلي للنظام (م^٣/ ساعة).

A = المساحة المروية (م^٢).

٩- الفترة بين الريات Irrigation Interval

وهي عدد الأيام بين الرية الواحدة والأخرى التي تليها. ونجد أن الفترة بين الريات في الأراضي الرملية أقل منها في الطينية. وتعتمد الفترة بين الريات على العوامل التالية:

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

ويمكن إيجاد الفترة بين الريات رياضياً من المعادلة التالية:

$$II = \frac{D_n}{ET_c} \qquad (٧,٧)$$

حيث إن:

Dn = عمق الماء المتاح بسهولة (مم).

II = الفترة بين الريات (يوم).

ETc = الاستهلاك المائي اليومي للمحصول (مم/ يوم).

ومن المعلوم أن نوع المناخ له دور كبير في تحديد الاستهلاك المائي اليومي (ETc)، كفاءة الإضافة (Ea) وعدد ساعات الري في اليوم (T_{day}).

١٠- طريقة الري المثلى

وهي التي تمد الأرض بالرطوبة لنمو النبات دون فاقد في المياه أو التربة، وتؤمن المحصول ضد فترات الجفاف القصيرة، وتغسل الأملاح الموجودة في القطاع الأرضي لتصبح دون الحد الحرج للحصول على أكبر وأجود محصول، مع كفاءة استخدام المياه والتميز في العائد الاقتصادي من وحدة الماء.

١١- الري الزائد Overload

وهو إضافة مياه الري بكمية أكبر من الاحتياجات المائية للمحصول، ويتسبب الري الزائد أو يؤدي إلى:

أ) ذبولاً مؤقتاً أو دائماً للنباتات وذلك نتيجة لتقليل كمية الأوكسجين في منطقة الجذور وصعوبة تنفسها نتيجة إحلال الماء محل الهواء في الفراغات البينية لحبيبات التربة، وبالتالي ضعف الجذور وعدم مقدرتها على امتصاص الماء.

ب) يبطئ العمليات الحيوية داخل النبات مثل عملية التمثيل الضوئي والتنفس.

ج) صرف بعض العناصر الغذائية، وعدم تيسرها للامتصاص من قبل النبات وذلك لضعف مقدرة الجذور على امتصاصها بسبب زيادة الماء في منطقة الجذور وقلة التهوية، مما يتسبب عنه ظهور أعراض نقص بعض العناصر على أوراق النباتات كالاصفرار مثلاً.

١٢- الري الناقص Deficit Irrigation

هو الري بكميات تقل عن الاستهلاك المائي للمحصول ETc. وهناك عدة تسميات أو مرادفات للري الناقص مثل الري المحدود (Limited Irrigation) أو الري الجزئي (Partial Irrigation). والهدف الرئيس من الري الناقص هو زيادة كفاءة استخدام مياه الري المحدودة، إما بتقليل كفاية الري أو بإلغاء الريات الأقل إنتاجية للمحصول. وتستخدم هذه الطريقة من الري عندما تكون مياه الري محدودة أو تكاليف المياه عالية. وهذا النوع من الري هناك خلاف أو جدل عليه، ولكن إذا كان الهدف منه زيادة العائد أو المحافظة على إنتاجية الغذاء فيكون

هدف جيد ووسيلة مقبولة. وتتبع طريقة الري الناقص عند قلة موارد المياه أو محدوديتها وكذلك عند ارتفاع تكاليف مياه الري.

إن إدارة الري الناقص تختلف جوهرياً عن إدارة الري التقليدي، فيجب معرفة ما هو المستوى المناسب للري الناقص وكذلك يجب معرفة متى يتم الوصول إلى ذلك المستوى. وكذلك يجب معرفة فترات النمو التي تتأثر سلباً بالري الناقص مقارنة بغيرها من فترات نمو يكون تأثير الري الناقص بها قليل، فهناك فترات حرجة للمحاصيل تحتاج إلى الري الكامل أثناء تلك الفترات وبالتالي يجب عدم استخدام الري الناقص في تلك الفترات وهي تقريباً فترة الإزهار أو تكوين البراعم لمعظم المحاصيل.

إن اتباع الري الناقص بدون حسابات دقيقة وإدارة جيدة يؤدي إلى:

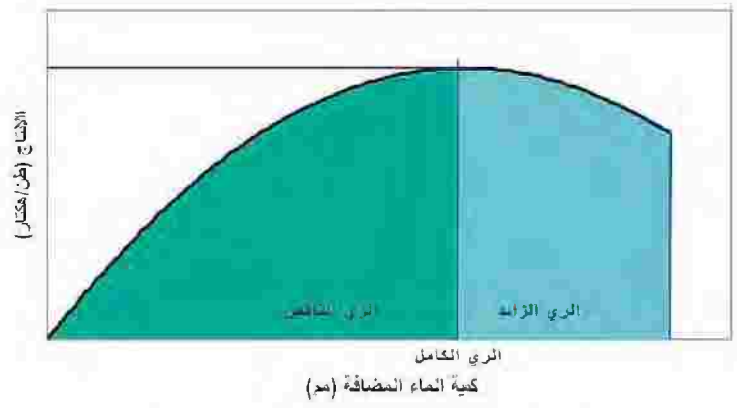
- يسبب تعطيش النباتات ذبولاً مؤقتاً أو دائماً وبالتالي جفاف النبات وموته.
- يبطئ العمليات الحيوية داخل النبات وبالتالي ضعف نمو النبات.

كما أن اتباع الري الناقص بحسابات دقيقة وإدارة جيدة يؤدي إلى:

- تقليل تكاليف الإنتاج.
- زيادة كفاءة استخدام مياه الري.
- تقليل تكاليف المياه.

١٣ - الري الكامل Full Irrigation

هو الري الذي يؤمن كامل الاحتياجات المائية للمحصول دون نقص أو زيادة، وهو يعطي أعلى إنتاجية للمحصول. ويعتبر الري الكامل مبرراً في حالة توفر المياه بشكل كامل ومستمر خلال فترات نمو المحصول، وعندما تكون تكلفة المياه منخفضة، وعندما يكون المحصول حساساً للإجهاد المائي أو ذو قيمة اقتصادية عالية ويرغب في الحصول على أعلى إنتاجية (الشكل رقم ٦ ,٧). إن أي كمية مياه زائدة عن الري الكامل ستؤدي إلى تأخر نمو المحصول وخفض الإنتاج، كما أن تقليل مياه الري سيعرض النبات لإجهاد مائي وبالتالي خفض الإنتاج أيضاً.



الشكل رقم (٦ , ٧). العلاقة بين الري الكامل والإنتاج.

١٤ - الري التكميلي Supplementary irrigation

هو إضافة كميات من مياه الري للمحصول الذي يعتمد بصفة أساسية على مياه الأمطار في مراحل معينة من نمو المحصول عند حصول عجز في تساقط الأمطار وانخفاض رطوبة التربة إلى الحد الذي لا تلبي فيه الرطوبة المتوفرة الاحتياجات المائية للمحصول بهدف تخفيف الآثار المترتبة على الجفاف وتحسين النمو والإنتاج. وتعتبر المياه السطحية المصدر الأساسي للري التكميلي مثل الاستفادة من مياه الأمطار المتجمعة في بعض السدود أو حصاد المياه.

(١ , ٧ , ٧) 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 إضافتها أثناء الري؟

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

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

فوائد جدولة الري

١- تقنين وترشيد استخدام مياه الري والحصول على أعلى إنتاج لكل وحدة مياه ري مضافة.

٢- زيادة كفاءة استخدام المياه على المدى البعيد.

٣- تجنب التأثيرات السلبية الناتجة عن ممارسات الري غير السليمة مثل تملح التربة ومشاكل الصرف.

٤- توفير في الطاقة والعمالة.

٥- تحسين كفاءة إضافة الأسمدة والمبيدات.

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

طرق جدولة الري

يعتمد تحديد موعد إضافة مياه الري وكمية المياه المضافة على مدى حاجة النبات للماء وعليه يمكن تلخيص طرق تحديد جدولة الري (حاجة المحصول للماء) في المزرعة باستخدام طرق عديدة يمكن تصنيفها إلى:

الطرق المبنية على قياسات التربة

يمكن أن تتم عملية الجدولة يدوياً أو آلياً باستخدام أجهزة حساسة لرطوبة التربة (مجسات رطوبة).

الطرق المبنية على قياسات النبات

تحديد حاجة النبات إلى ماء الري بهذه الطرق يعتمد على مدى التغير في بعض ظواهر النبات مثل البنية ووظائف الأعضاء نتيجة لنقص الماء، فيمكن استغلال هذه الظواهر كمعيار أساسي لتحديد موعد الري، فالوقت الذي يجب عنده إضافة مياه الري إلى الحقل هو عندما يصل جهد الماء في النبات إلى النقطة التي بعدها يتأثر نموه. وبشكل عام تشير هذه الطرق إلى نقص رطوبة التربة بشكل غير مباشر، حيث يعد أي تغير في حالة الماء داخل النبات دلالة على كمية الماء المطلوبة أو التي يحتاجها النبات. وتعتبر أهم الطرق المبنية على قياسات النباتات هي: مظهر ونمو ولون النبات، درجة حرارة النبات، الجهد المائي للأوراق، مقاومة ثغرات الأوراق وشكلها، معدل النتح من الأوراق، الجهد التناضحي للعصارة الخلوية. ورغم أن هذه الطرق تستخدم بفعالية في الكثير من

الأبحاث إلا أن الأجهزة المستخدمة تحتاج إلى معايرة وصيانة مستمرة وتعتبر مكلفة كما أن توفرها تجارياً يعتبر محدود لذا فإن استخدامها في جدولة الري لا يزال محدود.

الطرق المبنية على حسابات البخر-نتح

يمكن الحصول على معلومات عن البخر-نتح (العامل الأساسي في الاحتياجات المائية) من قياسات حقلية مباشرة باستخدام ما يسمى بالليسيمترات أو بالطرق غير المباشرة من تقديرات مبنية على معلومات عن المحصول والعوامل الجوية والتي تسمى أحيانًا بالطرق التجريبية. وهذه الطريقة تعطي تقديرات دقيقة للبخر-نتح وبالتالي الاحتياجات المائية، إلا أن ارتفاع تكاليف الإنشاء والصيانة لمثل هذه الأجهزة يحد من استخدامها.

طرق القياسات الحقلية المباشرة

طريقة الليسيمترات: إن عملية قياس البخر-نتح من مساحات واسعة غير ممكنة من الناحية العملية، ولكن يمكن قياسها على نطاق مصغر من خلال تجارب على عدد محدد من النباتات ومساحة من الأرض صغيرة تحاكي الواقع، وأهم وأدق طريقة مستخدمة لهذا الغرض هي طريقة الليسيمترات. هذه الطريقة شائعة الاستخدام في قياس الاستهلاك المائي للنبات في الحقل مباشرة وما زالت تستخدم حتى الآن. وهناك نوعان من الليسيمترات هما الوزني وغير الوزني.

ويتميز النوع الوزني (الشكل رقم ٧, ٧)، بأنه يعطي تقديرات أكثر دقة لكميات الاستهلاك المائي للنبات مقارنة بالنوع غير الوزني، حيث يتم تقدير الاستهلاك المائي للنبات بواسطة وزن الجهاز بعد كل رية ثم قبل الرية التالية ويمثل الفرق بين الوزنين البخر-نتح أي الاستهلاك المائي للنبات.

(أ) أثناء تجهيز الليسيمتر

(ب) الليسيمتر بعد التجهيز

الشكل رقم (٧, ٧) الليسيمتر الوزني.

والليسيمتر غير الوزني هو وعاء يحتوي على حجم معين من التربة وبعمق يكفي لتغطية طول جذور النباتات المراد قياس الاستهلاك المائي لها، ويكون معزولاً عن الأرض المحيطة به، وعادة يصنع من مادة الحديد أو الصاج المطلي بمادة عازلة كي لا يتأثر بالحرارة (الشكل رقم ٨ , ٧)، وتختلف أحجامها تبعاً لطبيعة المحاصيل ونموه الخضري من حيث عمق المجموع الجذري وحجم النبات، وكلما كان حجمه أكبر تكون نتائجه أدق، ويفضل بأن تكون أبعاده لا تقل عن ٢×٢× ٥ , ١ متر (طول × عرض × عمق) (الشكل رقم ٩ , ٧).

الشكل رقم (٨ , ٧). إنشاء مجموعة من الليسيمترات غير الوزنية.

الشكل رقم (٩ , ٧). الليسيمترات غير الوزنية بعد تجهيزها للزراعة.

ويوضع الليسيمتر في حفرة في منتصف الحقل، على أن تكون المساحة المحيطة به مزروعة لغرض تقليل التأثيرات الحرارية الناتجة عن تيارات الهواء الحارة، ويملأ بتربة مشابهة لتربة الحقل، وتوضع في قاعه طبقة من

الحصى سمكها ١٠٠ مم تقريباً كي تساعد على صرف الماء الزائد من منطقة الجذور، ويجهز الليسيمتر من الأسفل بمصرف لصرف المياه الزائدة وجمعها في وعاء لقياس مقدارها (الشكل رقم ١٠ ,٧)، وإدخالها ضمن البيانات الخاصة بحساب مقدار البخر-نتح. ويزرع الليسيمتر بنفس المحصول المجاور له، ويشترط أن تكون ظروف التربة والمحصول وعمليات الخدمة الزراعية المختلفة والري داخل الليسيمتر مشابهة لما هو عليه بالنسبة للأرض المجاورة.

الشكل رقم (١٠ ,٧). ليسيمترات غير وزنية، وكيفية قياس مياه الصرف.

ومما يحد من استخدام الليسيمترات ارتفاع تكاليف إنشائها وعدم القدرة على نقلها من مكان لآخر، ولكنها تعتبر أفضل طريقة لقياس البخر-نتح بشكل دقيق. ويتم حساب الاستهلاك المائي فيها على فترات باستخدام معادلة الاتزان المائي التالية:

$$ET = I + P - D \pm \Delta S \qquad (٧,٨)$$

حيث إن:

ET = البخر-نتح للمحصول المزروع في الليسيمتر خلال فترة زمنية محددة.

I = عمق الماء المضاف خلال نفس الفترة.

P = كمية الأمطار الساقطة خلال الفترة الزمنية نفسها.

D = كمية المياه التي تسربت من الليسيمتر خلال نفس الفترة.

ΔS= التغير في مخزون ماء التربة خلال نفس الفترة الزمنية، وعادة تهمل قيمته؛ لأنه بسيط جداً (وعموماً يمكن قياس التغير في مخزون ماء التربة إما بالطريقة الوزنية أو بطريقة التشتت النيوتروني أو بأي طريقة أخرى).

الطرق غير المباشرة في تقدير البخر-نتح

طور الباحثون خلال العقود الخمسة الماضية العديد من النماذج الرياضية لتقدير البخر-تنح. 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 اعتماداً على 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. ولعل أهم الطرق التجريبية الشائع استخدامها هي طريقة الموازنة المائية وطريقة بنمان المعدلة وطريقة بنمان-مونتيث.

طريقة الموازنة المائية Water balance method

يمكن تحديد حاجة المحصول للماء باستخدام طريقة الموازنة المائية. حيث تعد عملية قياس الرطوبة الأرضية شائعة الاستخدام لتحديد الحاجة للري من الناحية التطبيقية، حيث تراقب رطوبة التربة باستمرار ويروى الحقل عندما يصل العجز في المحتوى الرطوبي إلى القيمة المثبتة مسبقاً، وتعد هذه الطريقة أكثر وضوحاً

لأنها تشمل على تقدير مباشر لكمية ماء التربة الذي له علاقة مباشرة بنمو النبات. تستند هذه الطريقة إلى معادلة التوازن البسيطة التالية:

المياه المكتسبة – الفواقد = التغير في الخزن

يمثل التوازن المائي لأي حقل مجموع الماء المكتسب والماء المفقود والتغير في الخزن الذي يحدث في الحقل ضمن حدود معينة وخلال فترة زمنية معينة. إن واجب مراقبة توازن ماء الحقل والسيطرة عليه يكون حيوياً للإدارة الكفوءة للماء والتربة. وتكون المعلومات عن التوازن المائي ضرورية لاتباع الطرق الممكنة لتقليل الفقد إلى الحد الأدنى وزيادة الماء المكتسب، والذي هو غالباً العامل المحدد لإنتاج المحاصيل، ورفع كفاءة استخدامه إلى أقصى حد. تشتمل المياه المكتسبة في الحقل على:

- الأمطار بكافة أشكالها.
- الري.
- مكتسبات تعود إلى حركة الماء من المناطق ذات الضغط العالي إلى المناطق ذات الضغط المنخفض.
- ارتفاع المياه الشعرية من الأسفل.

أما الفواقد المائية تشتمل على:

- الجريان السطحي من الحقل.
- الرشح العميق أسفل منطقة الجذور.
- البخر من سطح التربة والسطوح المائية.
- النتح من النبات.

أما التغير في مخزون الماء فيحدث في التربة وفي النبات (وغالباً ما يهمل التغير في خزن الماء في النبات). والتغير في المخزون يجب أن يساوي الفرق بين المكتسبات ومجموع الفواقد. لذلك يمكن كتابة معادلة التوازن المائي بالصيغة التالية:

$$\Delta S = (I+P)-(D+R+ET) \qquad (٧,٩)$$

أو

$$ET = (I+P)-(D+R\pm\Delta S) \qquad (٧,١٠)$$

حيث إن:

ΔS= التغير في مخزون ماء التربة.

D = ماء الصرف.

R= الجريان السطحي من الحقل.

I= ماء الري.

ET = البخر-نتح.

P= مياه الأمطار.

ويعبر عن جميع هذه الكميات المائية بوحدات العمق (مم). كما يمكن التعبير عن التغير في مخزون الماء في التربة بالشكل التالي:

$$\Delta S = \pm (\theta_e - \theta_b) \cdot D_{rz} \qquad (٧,١١)$$

حيث إن:

θ_e = المحتوى الرطوبي في التربة في نهاية فترة التوازن المائي.

θ_b = المحتوى الرطوبي في التربة في بداية فترة التوازن المائي.

D_{rz} = عمق قطاع التربة ويساوي عمق جذور النبات، مم.

ولغرض تقدير كمية ماء الري والوقت الذي نروي فيه يمكن كتابة معادلة التوازن المائي بالصيغة التالية:

$$I = ET + D \pm (\theta_e - \theta_b) D_{rz} + R - P \qquad (٧,١٢)$$

أي أن كمية ماء الري تساوي البخر-نتح زائداً الفواقد المائية مضافاً إليها التغير في المحتوى الرطوبي ناقصاً كمية الأمطار المؤثرة.

ويمكن تقدير البخر-نتح من البيانات الجوية للأيام القليلة السابقة للري، أو تخمن من البيانات المناخية طويلة الأمد باستخدام الطرق التجريبية (المعادلات)، فإذا كانت كمية مياه التربة في نهاية فترة الري θ_e معلومة (مقدار الرطوبة الذي يجب الري عنده)، وكذلك كمية الرطوبة بعد نهاية الري θ_b (غالباً ما تكون السعة الحقلية)، والجريان السطحي والرشح العميق (التسرب العميق) والأمطار الساقطة معلومة، فيمكن تقدير كمية ماء الري وموعد الري.

عادة عند إضافة المياه إلى الحقل ترطب التربة في منطقة الجذور إلى السعة الحقلية، لذا فإن θ_b بعد الري تكون معلومة ومقدارها يساوي السعة الحقلية، والجريان السطحي والرشح العميق (التسرب العميق) يكونان قريبين من الصفر، وبذلك تكون الفواقد الرئيسة للماء من الحقل ناتجة عن البخر-نتح، أي أن كمية ماء الري تساوي البخر-نتح زائداً التغير في المحتوى الرطوبي ناقصاً كمية الأمطار الساقطة، ويعبر عن ذلك بما يلي:

$$I = ET \pm \Delta S - P \qquad (٧,١٣)$$

المعادلات التجريبية Empirical equations

يوجد العديد من المعادلات التجريبية تستخدم لتقدير البخر-نتح في المناطق الزراعية التي لا توجد فيها معلومات كافية عن البخر-نتح أو أجهزة قياس مباشرة له، وهي تعتبر تجريبية؛ لأنها تعتمد في الأساس على تجارب تربط العوامل المناخية بالاستهلاك المائي، وهذه الطرق تعتمد على استخدام العوامل الجوية كدرجات الحرارة، وعدد ساعات الإشراق، والإشعاع الشمسي، والرطوبة النسبية، ومعدلات الأمطار الساقطة، وسرعة الرياح، بالإضافة إلى استخدام معامل المحصول. ومن أهم المعادلات التجريبية:

١- معادلة بلاني-كريدل Blaney-Criddle Equation.

٢- معادلة بلاني-كريدل المعدلة بواسطة منظمة الغذاء والزراعة (FAO).

٣- معادلة جينسن- هيز Jensen – Hais Method.

٤- معادلة بنمان Penman Method.

٥- معادلة بنمان المعدلة بواسطة منظمة الغذاء والزراعة (FAO).

٦- معادلة بنمان-مونتيث Penman–Monteith Equation.

٧- معادلة بنمان-رايت Penman–Wright Equation.

(٧,٧,٢) الاحتياج المائي للمحصول

يعتبر موضوع الاحتياجات المائية من المواضيع المهمة في المحافظة على المياه وترشيدها وبالتالي على التنمية الزراعية في كثير من الدول وبالخصوص دول المناطق الجافة وشبه الجافة. وقد يتم صرف كثير من المبالغ المالية على أجهزة ونظم الري المختلفة في حين لا يحظى موضوع الاحتياجات المائية بنفس الاهتمام على الرغم من أهميته و قلة التكليف الداخلة في تحديد هذه الاحتياجات.

تختلف كمية المياه اللازمة للزراعة تبعاً لنوعية المحصول، فالماء هو أحد أهم العناصر الأساسية الذي يحدد حياة وانتشار النباتات والمحاصيل ونوعية الغطاء الخضري، فالنباتات الطبيعية بشكل عام تتكيف بوجود الماء أو بعدمه، أما المحاصيل الزراعية فتتأثر إنتاجيتها كثيراً عند إضافة الماء بالكميات غير الكافية أثناء النمو الخضري. وبالرغم من توفر الماء بصورة كافية طيلة الموسم الزراعي، إلا أن نباتات المحاصيل الزراعية - خاصة الحساسة للإجهاد المائي - تعاني كثيراً عند نقص أو انقطاع تيسر الماء، ولو لفترة قصيرة، حيث أن تطور المجموع الجذري والنمو الخضري للأفرع الصغيرة الغضة تتأثر نتيجة لقلة الماء، ويكون تأثير هذا النقص تاماً وحاسماً عند مراحل تكون الأزهار والثمار، وعندما يستمر نقص الماء لفترة طويلة يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية الزراعية أو عدم الحصول عليها نهائياً.

أهمية الاستهلاك المائي

تكمن أهمية الاستهلاك المائي (الاحتياجات المائية للمحاصيل) في كونه المعلومة الأساسية اللازم توفرها لوضع الخطط الإنمائية والمشاريع الأروائية الإستراتيجية، كتصاميم مشاريع الري، وتوفير المصادر المائية لتلبية هذه الاحتياجات خاصة في المناطق التي تعاني من شح في مواردها المائية، وهذا يساعد على حسن إدارة وترشيد.

يعد الاستهلاك المائي للمحاصيل من المواضيع المهمة جداً في مجال الري؛ لأنه العنصر الحاسم لكل الحسابات المائية لأي بلد، وقد حظي هذا الموضوع باهتمام العاملين بمجال الري والزراعة في كل مكان بغية الوصول إلى نتائج يمكن الاعتماد عليها في خطط التنمية ومشروعات التوسع الزراعي، إن تقدير وتحديد الاستهلاك المائي للمحاصيل يعد المرحلة الأولى والمهمة لتخطيط الإدارة المثلى للمياه المتوفرة. إن الاستهلاك المائي يرتبط بالموارد المائية السطحية والجوفية بالإضافة إلى تأثيره وعلاقته بإدارة واقتصاديات مشروعات الري.

يمكن تعريف الاحتياج (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 أنسجتها مضافاً إليها الرطوبة المتبخرة من التربة ومن سطوح النباتات. وبما أن الماء المستهلك لبناء أنسجة النبات يكون قليلاً جداً (من ١-٣٪ من مجموع البخر والنتح) فإنه يطلق على الاستهلاك المائي في كثير من الأحيان اصطلاح البخر-نتح (Evapotranspiration).

وحيث إنه من الصعب عملياً الفصل بين هاتين العمليتين لذا فقد اتفق على اعتبارهما وحدة واحدة، تعرف بالاستهلاك المائي أو البخر نتح.

الاحتياج المائي أو المقنن المائي للمحصول كما يحلو للبعض تسميته، يتضمن في الواقع عمليتين مختلفتين تماماً، وهما عملية البخر وعملية النتح، وتتحكم بالأولى منهما عناصر وقوانين فيزيائية، بينما تتحكم في الثانية عوامل فسيولوجية حيوية بالإضافة إلى العوامل الفيزيائية المؤثرة في العملية الأولى. هذا ويعتبر فقد الماء بفعل الحرارة من سطح الأرض أو من المسطحات المائية أو من المسطحات الخضراء مثالاً على البخر. بينما يعتبر انعتاق الجزئيات المائية التي أتت أصلاً عن طريق الجذور نتيجة للعملية الفسيولوجية التي تقوم بها النباتات داخل أنسجتها لتكوين المادة الجافة مثالاً على العملية الأخرى التي هي النتح. وتتداخل هاتان العمليتان بشكل يستحيل معه الفصل بينهما على الصعيد العملي مما دعا الباحثين لدمجها معاً باسم البخر-نتح.

العوامل التي تحدد مواعيد وكميات مياه الري للنباتات

من أهم العوامل التي تحدد مواعيد وكمية المياه اللازمة للري التالي:

١- نوع النبات ومرحلة نموه.

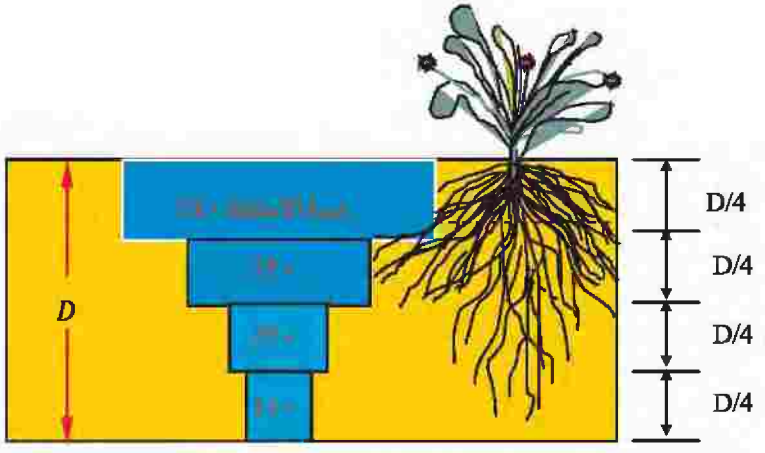
٢- الظروف المناخية السائدة في المنطقة.

٣- طبيعة التربة الزراعية.

٤- طريقة الري.

١- نوع النبات ومرحلة نموه

ويجب ملاحظة أن النباتات تختلف في عمق المجموع الجذري ونسبة توزيعها في منطقة المجموع الجذري، وعموماً في تربة متجانسة يكون تركيز أغلب كتلة الجذور في الطبقات العليا. يبين الشكل رقم (٧,١١) النمط الطبيعي التقريبي لاستخلاص الرطوبة من قبل جذور معظم المحاصيل، بينما يوضح الجدول رقم (٧,٤) العمق الفعال للجذور لمعظم المحاصيل. بينما يبين الجدول رقم (٧,٥) متوسط الاحتياج المائي اليومي والموسمي لبعض المحاصيل لظروف مناخية مختلفة. بينما يبين الجدول رقم (٧,٦) الاحتياجات المائية لبعض المحاصيل لطرق ري مختلفة.



الشكل رقم (١١ ,٧). توزيع الجذور للمحاصيل في منطقة المجموع الجذري في قطاع تربة متجانسة.

الجدول رقم (٤ ,٧). أقصى عمق للجذور لبعض المحاصيل.

المحصول	عمق الجذور(سم)	المحصول	عمق الجذور(سم)	المحصول	عمق الجذور(سم)
القرنبيط	٤٠ – ٧٠	الكوسا	٦٠ – ١٠٠	اللفت	١٠٠ – ١٥٠
الكرنب	٥٠ – ٨٠	البنجر	٦٠ – ١٠٠	السمسم	١٠٠ – ١٥٠
الجزر	٥٠ – ١٠٠	الجزر	٥٠ – ١٠٠	العصفر	١٠٠ – ٢٠٠
الكرفس	٣٠ – ٥٠	البطاطس	٤٠ – ٦٠	الشعير	١٠٠ – ١٥٠
الثوم	٣٠ – ٥٠	البطاطا	١٠٠ – ١٥٠	القمح	١٠٠ – ١٥٠
الخس	٣٠ – ٥٠	الفاصوليا	٥٠ – ٧٠	الذرة الرفيعة	١٠٠ – ١٧٠
البصل	٣٠ – ٦٠	الحمص	٦٠ – ١٠٠	الذرة الشامية	١٠٠ – ٢٠٠
السبانخ	٣٠ – ٥٠	الفول	٥٠ – ٧٠	الأرز	٥٠ – ٧٠
الفجل	٣٠ – ٥٠	العدس	٦٠ – ٨٠	البرسيم	١٠٠ – ٢٠٠
الباذنجان	٧٠ – ١٢٠	البازلاء	٦٠ – ١٠٠	قصب السكر	١٢٠ – ٢٠٠
الطماطم	٧٠ – ١٥٠	فول الصويا	٦٠ – ١٣٠	نخيل البلح	١٥٠ – ٢٥٠
الفلفل الحلو	٥٠ – ١٠٠	الخرشوف	٦٠ – ٩٠	المشمش	١٠٠ – ٢٠٠
الخيار	٧٠ – ١٢٠	النعناع	٤٠ – ٨٠	الخوخ	١٠٠ – ٢٠٠
الكنتالوب	٩٠ – ١٥٠	الفرولة	٢٠ – ٣٠	العنب	١٠٠ – ٢٠٠
الشمام	٨٠ – ١٥٠	القطن	١٠٠ – ١٧٠	اللوز	١٠٠ – ٢٠٠
البطيخ	٨٠ – ١٥٠	الكتان	١٠٠ – ١٥٠	التفاح	١٠٠ – ٢٠٠
الموز	٥٠ – ٩٠	الاناناس	٣٠ – ٦٠	الكمثرى	١٠٠ – ٢٠٠
الكيوي	٧٠ – ١٣٠	التوت	٦٠ – ١٢٠	الزيتون	١٢٠ – ١٧٠
الجوز	١٧٠ – ٢٤٠	الفستق	١٠٠ – ١٥٠	الحمضيات	١٠٠ – ١٥٠
الكرز	٨٠ – ١٢٠	ليمون	٦٠ – ١٢٠	العشب	٣٠ – ٨٠

الجدول رقم (٥ , ٧). متوسط الاحتياج المائي اليومي والموسمي لبعض المحاصيل لظروف مناخية مختلفة.

المحصول	متوسط الاحتياج المائي اليومي (mm/day) والموسمي (mm) تحت ظروف مناخية مختلفة							
	بارد		متوسط		حار		صحراوي	
	اليومي	الموسمي	اليومي	الموسمي	اليومي	الموسمي	اليومي	الموسمي
برسيم	٥,١	٦٣٥	٦,٤	٧٦٢	٧,٦	٩١٤	١٠,٢	١٢١٩
عشب أخضر	٤,٦	٥٠٨	٥,٤	٦١٠	٦,٦	٧١١	٨,٩	٩١٤
حبوب	٣,٨	٣٨١	٥,١	٤٥٧	٥,٨	٥٠٨	٦,٦	٥٢٠
بنجر	٤,٦	٥٨٤	٥,٨	٦٣٥	٦,٩	٧١١	٩,١	٩١٤
فاصوليا	٤,٦	٣٣٠	٥,١	٣٨١	٦,١	٤٥٧	٧,٦	٥٥٩
ذرة	٥,١	٥٠٨	٦,٤	٥٥٩	٧,٦	٦١٠	١٠,٢	٧٦٢
القطن	٥,١	٥٠٨	٦,٤	٥٥٩	٧,٦	٦٦٠	١٠,٢	٨١٣
البازلاء	٤,٦	٣٠٥	٤,٨	٣٣٠	٥,١	٣٥٦	٥,٦	٣٥٦
طماطم	٤,٦	٤٥٧	٥,١	٥٠٨	٥,٦	٥٥٩	٧,١	٦٦٠
بطاطس	٤,٦	٤٠٦	٥,٨	٤٥٧	٦,٩	٥٥٣	٨,١	٥٦٠
بطيخ	٤,١	٣٨١	٤,٦	٤٠٦	٥,١	٤٥٧	٦,٤	٥٥٩
الفراولة	٤,٦	٤٥٧	٥,١	٥٠٨	٥,٦	٥٥٩	٦,٦	٦٦٠
الخضراوات*	٤,١	٣٠٥	٤,٦	٣٥٦	٥,١	٤٠٦	٦,٣	٥٠٨
أشجار فاكهة	٣,٨	٣٨٣	٤,٨	٥٣٣	٥,٨	٥٨٤	٧,٦	٧٦٢
الحمضيات	٤,١	٥٠٨	٤,٦	٥٥٩	٥,١	٦٦٠	٥,٦	٧١١
العنب	٣,٦	٣٥٦	٤,١	٤٠٦	٤,٨	٤٥٧	٦,٤	٦١٠
القمح	٥,٠	٥٠١	٥,٨	٥٢٠	٧,٣	٦٢٠	٩,٢	٧٢٥

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

الجدول رقم (٦ , ٧). متوسط الاحتياج المائي لبعض المحاصيل لنظم ري مختلفة.

نوع المحصول	الاحتياج المائي الكلي (م٣/ هكتار)	الانتاجية	نظام الري
القمح	٤٩٠٦	٧ (طن/ هكتار)	الري المحوري
الشعير	٥١٠٠	٧,٥ (طن/ هكتار)	الري المحوري
البرسيم	١٦٥٠٠	٢٤,٨ (طن/ هكتار)	الري المحوري
النخيل*	١٠٠-١١٧ م٣/ نخلة	١٠٦ كجم / نخلة	التنقيط (النافوري)
	١٠٠-٢٠٠ م٣/ نخلة		الري بالغمر

* يزرع ١٠٠ نخلة في الهكتار الواحد بمسافة ١٠×١٠ متر

٢- الظروف المناخية السائدة في المنطقة

إن معظم العوامل الجوية في المنطقة تؤثر على سرعة النتح من النباتات وتلعب دوراً مهماً في سرعة الامتصاص، فعلى سبيل المثال شدة الضوء تجعل ثغور النباتات تفتح ويزداد النتح من النبات، كما أن الضوء يزيد من حرارة أوراق النبات مما يؤدي أيضاً إلى سرعة النتح. ودرجة حرارة الهواء تزيد من قدرة الهواء على حمل كميات كبيرة من بخار الماء، فزيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة فرق الجهد بين الهواء الخارجي والفراغ داخل ثغور الأوراق وبالتالي إلى زيادة النتح من الورقة. والرطوبة النسبية للهواء الجوي عادة أقل من ١٠٠٪ في الجو غير المشبع بينما ضغط بخار الماء فوق سطح الورقة يكون في حالة تشبع أي أقل من ضغط بخار الهواء في الهواء وهذا الفرق يؤدي إلى خروج بخار الماء أي النتح وبالتالي يزداد النتح من الأوراق كلما انخفضت الرطوبة النسبية. وسرعة الرياح تؤدي إلى فقد الرطوبة من أسطح الأوراق والتربة بشكل مستمر حيث تحمل الرياح الرطوبة الموجودة على تلك الأسطح وتنقلها معها إلى موقع أقل رطوبة.

٣- طبيعة التربة الزراعية

تؤثر خواص التربة سواء الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية على قدرة النباتات على الامتصاص وبالتالي على عملية النتح. فالماء الكلي المتاح الذي يعتمد على بناء وقوام التربة والمحصور بين حد السعة الحقلية ونقطة الذبول، ويكون النتح أعلى عند السعة الحقلية ويقل كلما قلت رطوبة التربة. ومعدل تسرب التربة يؤثر أيضاً على امتصاص الماء من قبل النباتات فكلما كان معدل التسرب عالي كان الامتصاص أسهل. وكذلك معامل التوصيل الهيدروليكي للتربة له تأثير كبير على الامتصاص فيزداد النتح بزيادة معامل التوصيل الهيدروليكي. كما أن اندماج التربة أو كبسها نتيجة استخدام الآلات الزراعية الثقيلة إلى انخفاض نفاذيتها وارتفاع الكثافة الظاهرية لها ويصعب على جذور النباتات الانتشار من خلالها ويقل لهذا النتح من النباتات.

٤- طريقة الري

يقل البخر نتح مع نظم الري الحديثة فنجد أن الري بالتنقيط هو النظام الأقل في استهلاك الماء من قبل النباتات يليه نظام الري بالرش مقارنة بنظم الري السطحية. كما أن الري الناقص يقلل من البخر- نتح مقارنة بالري الكامل.

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

هو البخر نتح لمحصول مقارنة، في نفس الظروف الحقلية، ويكون محصول المقارنة إما عشب (ET_o (grass) أو برسيم (ET_r (alfalfa). ويسمى البخر نتح المرجعي بالبخر نتح القياسي وهو مقدار البخر-نتح من سطح غطاء

نباتي قصير نامي بشكل جيد ويغطي الأرض تماماً ولا يعاني من نقص في الماء، أو يعرف بأنه الحد الأعلى للبخر والنتح من محصول زراعي مروي جيداً وله سطح خشن مثل البرسيم ET_r ونامي بارتفاع يتراوح ما بين ٠,٣٠ - ٠,٥٠ م أو العشب القصير ET_o بارتفاع ٠,١٢ سم. والبخر-نتح المرجعي يمكن تعريفه أيضاً بأنه كمية الماء المفقودة بواسطة عمليتي البخر-نتح في وحدة زمن معينة بواسطة محصول أخضر كامل النمو متجانس في النمو والارتفاع مع توفر الرطوبة الأرضية الكافية وبصورة مستمرة.

البخر-نتح للمحصول ET_c

هو البخر-نتح الفعلي الذي يحتاجه النبات خلال فترة نموه، وهو ما يعرف بالإستهلاك المائي للمحصول، ويساوي البخر-نتح المرجعي (ET_r أو ET_o) مضروباً بمعامل المحصول Kc. ويمكن تعيين قيمة البخر-نتح لمحصول معين، في منطقة معينة، أثناء فترة زمنية محددة، بالقياس المباشر في الحقل، أو بطرق حسابية تقديرية تعتمد أساساً على الظروف المناخية ونوع المحصول. ويمكن إيجاد الاستهلاك المائي لمحصول معين كالتالي:

$$ET_c = Kc \cdot ET_o \qquad (٧,١٤)$$

حيث إن:

ET_c = الاستهلاك المائي للمحصول (مم/ يوم).

Kc = معامل المحصول.

ET_o = البخر نتح المرجعي (مم/ يوم).

معامل المحصول (Kc) Crop coefficient

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

$$Kc = \frac{ET_c}{ET_o} \qquad (٧,١٥)$$

وتعتمد قيمة معامل المحصول على نوع المحصول، ومراحل النمو، ووقت الزراعة، والفترة بين الريات، وإلى حد ما على الظروف المناخية بصفة عامة. وتختلف قيم معامل المحاصيل بين محصول وآخر، وتتباين حسب موعد الزراعة ومرحلة نمو المحصول وفصل النمو والأحوال الجوية السائدة، أما مراحل النمو الأربعة (الشكل رقم ٧,١٢)، 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٪.

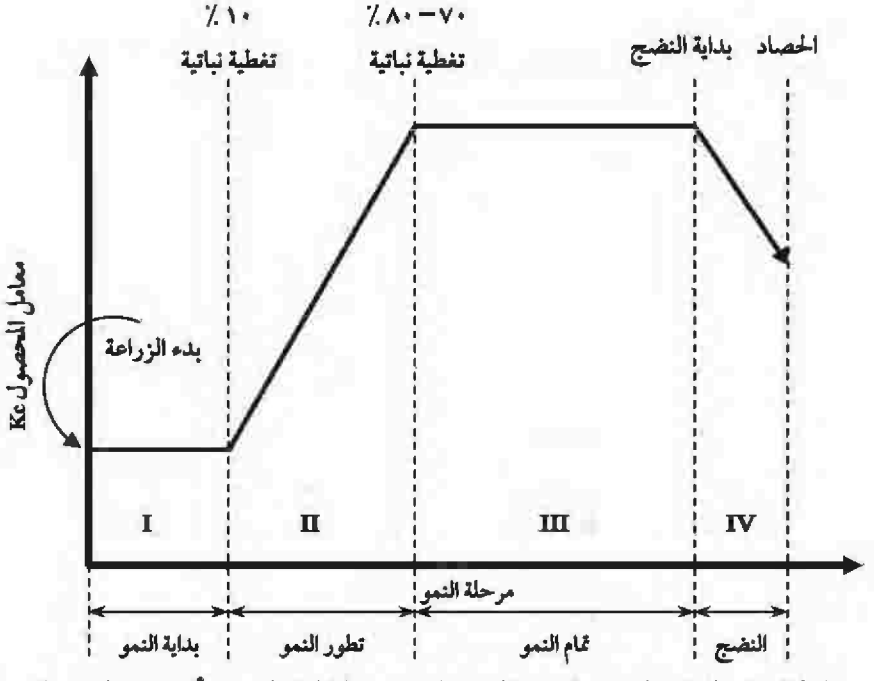
المرحلة الثانية أو (مرحلة النمو الخضري): وتبدأ عند نهاية مرحلة الإنبات وحتى وصول المحصول إلى التغطية شبه الكاملة للأرض (٧٠-٨٠٪).

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.

ويستعمل 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، وتتوافر له الرطوبة الكافية. كذلك يستخدم البرسيم كمحصول مقارنة. ويمكن الحصول على قيمة معامل المحصول لمحاصيل متنوعة خلال مراحل النمو المختلفة من الجدول رقم (٧, ٧).

وهناك طرق متنوعة لإيجاد البخر-نتح أو الاستهلاك المائي للمحاصيل في منطقة معينة، أثناء فترة زمنية معينة سواء بالقياس المباشر للمحتوى الرطوبي للتربة أو غير المباشر باستخدام المعادلات.



الشكل رقم (١٢, ٧). مراحل نمو المحصول ونسب الغطاء الخضري أثناء نمو المحصول.

الجدول رقم (٧, ٧). معامل المحصول Kc لبعض المحاصيل 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- الخضروات				
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	٠,٨٧	٠,٩٥	٠,٩٥	٠,٨٨
حمضيات	٠,٦٥	٠,٧٠	٠,٧١	٠,٦٧
عنب	٠,٤٥	٠,٧٠	٠,٨٠	٠,٧٠

(٧, ٧, ٣) قياس المحتوى الرطوبي للتربة Measurement of Soil Water Content

إن معرفة المحتوى الرطوبي في التربة (ماء التربة) في الأراضي الزراعية ضروري لتحديد مواعيد الري وتقدير كميات مياه الري اللازم إضافتها إلى الحقل. كما أنه من الضروري معرفة التغير في الرطوبة لتقدير معدل الاستهلاك المائي للنباتات أو البخر-نتح. ويمكن قياس رطوبة التربة بعدة طرق منها:

١ – الطريقة الوزنية Gravimetric method

تعتمد هذه الطريقة على تجفيف عينة معلومة الكتلة من التربة الرطبة في فرن كهربي على درجة حرارة ١٠٥ مئوية لمدة ٢٤ ساعة، ثم تقدير الكتلة الجافة منها، ويتم حساب المحتوى الرطوبي الكتلي للتربة من العلاقة التالية:

$$\theta_m = \frac{M_{s+w} - M_s}{M_s} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \qquad (٧,١٦)$$

حيث إن:

θ_m = النسبة المئوية للمحتوى الرطوبي الوزني للتربة.

M_{s+w} = كتلة التربة الرطبة.

M_s = كتلة التربة الجافة تماماً.

M_w = كتلة الماء في التربة.

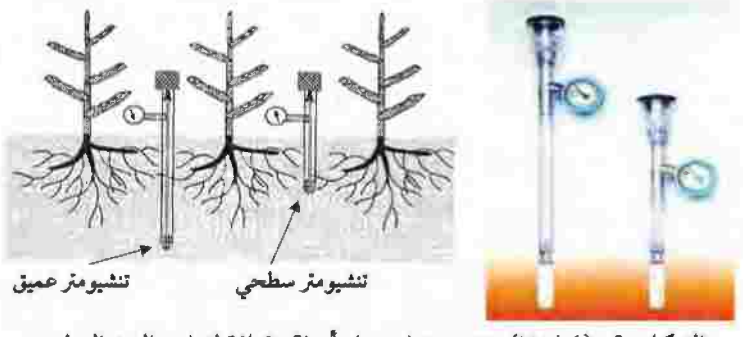
٢ – طريقة اللمس Touch method

تعتبر هذه الطريقة من أقدم وأسهل الطرق لتقدير المحتوى الرطوبي بالحقل. حيث يمكن أخذ عينات من التربة من منطقة الجذور يدوياً أو باستخدام بريمة الحفر، وتعتبر هذه الطريقة تقريبية وغير دقيقة حيث تعتمد على الشخص الذي يقوم بها كما يجب الاستعانة بالمعلومات الأخرى عن التربة والبيئة المحيطة بها. ويوضح الشكل رقم (٧, ١٣) كيفية لمس وفرك عينة التربة عملياً.

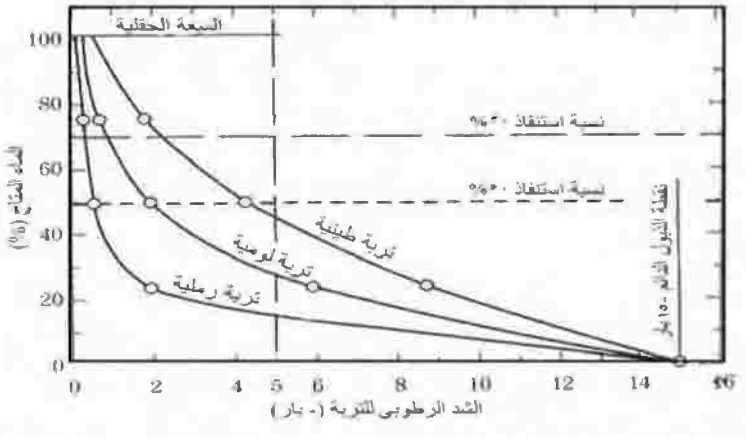
الشكل رقم (٧, ١٣). تقدير المحتوى الرطوبي في التربة عن طريق اللمس.

٣- طريقة التنشيوميترات Tensiometer method

يتكون جهاز التنشيوميتر من أنبوب مملوء بالماء في النهاية السفلى له إصبع مسامي من السيراميك وفي الطرف العلوي للأنبوب سدادة يمكن رفعها وتعبئتها بالماء مرة أخرى، ويوجد في طرف الأنبوب العلوي عداد لقياس الشد أو الضغط السالب عند موضع الأصبع المسامي (الشكل رقم ١٤ , ٧). ويوضع الجهاز رأسي في التربة بحيث يكون إصبع السيراميك عند العمق المطلوب قياس المحتوى الرطوبي عنده ويترك الجزء العلوي منه والذي يحتوي على مقياس الشد فوق سطح التربة، ويقوم العداد بتسجيل مقدار الشد الرطوبي الناتج عن جفاف التربة، فارتفاع القراءة في الجهاز تدل على أن رطوبة التربة قليلة وانخفاضها يدل على أن رطوبة التربة عالية ولا تحتاج النبات لعملية الري. وعن طريق استخدام منحنيات تربط بين الشد الرطوبي والمحتوى الرطوبي للتربة يمكن إيجاد المحتوى الرطوبي للتربة، وهذه المنحنيات يتم الحصول عليها بمعايرة التربة معملياً، (الشكل رقم ١٥ , ٧). والنباتات تختلف في قدرتها على تحمل نقص المياه ولذلك يوجد لكل نبات مدى معين من الشد الرطوبي يجب أن يتم الري عنده لمنع تدهور الإنتاج.



الشكل رقم (١٤ , ٧). تنشوميترات على أعماق مختلفة لقياس الشد الرطوبي.



الشكل رقم (١٥ , ٧). المنحنيات المميزة للتربة بين المحتوى الرطوبي وجهد الشد الرطوبي.

مبدأ عمل التنشوميتر

في التربة الجافة يتحرك الماء من الجهاز إلى التربة محدثا بذلك فراغ أو تفريغا داخل الجهاز يعكس المؤشر الذي يقيس درجة هذا التفريغ، وهذه القراءة تزداد كلما زاد جفاف التربة. أما في حالة التربة الرطبة، فكلما زادت الرطوبة يقل الشد وتعود المياه إلى الجهاز وبالتالي تقل قراءة ساعة القياس باتجاه الصفر مما يعني ازدياد كمية الرطوبة في التربة.

مدى قياس التنشوميتر يتراوح بين صفر، – ١٠٠ سنتيبار

- قراءة الصفر تعني أن التربة مشبعة وأن الجذور تعاني من نقص التهوية.
- القراءة من صفر – ٥ سنتيبار تدل على وجود رطوبة عالية في التربة.
- القراءة من –١٠–٢٠سنتيبار تمثل السعة الحقلية حسب قوام التربة.
- القراءة أكثر من –٢٥ سنتيبار يمكن أن تتعرض النباتات الحساسة وذات الجذور الضحلة لنقص المياه، أما النباتات ذات المجموع الجذري العميق فلا تعاني من نقص المياه قبل أن تصل قراءة الجهاز ٤٠–٥٠ سنتيبار.

خطوات تحضير جهاز التنشيوميتر

١– تعبئة الجهاز بالماء المقطر للمحافظة على نفاذية النهاية الخزفية، ومن ثم وضع الجهاز في الماء لمدة ٢٤ساعة على الأقل.

٢– تحضير الحفرة على العمق المرغوب بواسطة قضيب سماكته تعادل سماكة التنشيوميتر لضمان تلامس مباشر بين الجهاز والتربة وسكب ماء مخلوط مع قليل من التراب في الحفرة.

٣– إزالة الهواء من داخل الجهاز بفتحه ومن ثم إغلاقه أو باستخدام المضخة الطاردة للهواء.

٤– وضع الجهاز على العمق الذي يكون فيه تركيز الجذور الفعالة أكثر ما يمكن.

٥– يفضل أخذ قراءة الجهاز في موعد ثابت يوميًا، كما يفضل أن تؤخذ القراءة في ساعات الصباح عندما تكون حاجة النبات للماء في أدني مستوياتها.

٤– طريقة قياس المقاومة الكهربية Gypsum blocks method

إن التوصيل الكهربي للمواد المسامية مثل التربة يعتمد على المحتوى الرطوبي بها، فالرطوبة بالتربة تعمل على تأمين الأملاح إلى أيونات سالبة وموجبة وتؤدي إلى مرور التيار الكهربي في الماء. فمقاومة التربة للتوصيل

الكهربائي تقل مع زيادة المحتوى الرطوبي بها وبالتالي يزداد التوصيل الكهربائي والعكس صحيح فتزداد مقاومة التربة للتوصيل الكهربائي مع انخفاض المحتوى الرطوبي بها مما يعمل على انخفاض التوصيل الكهربائي. وبالتالي فإن مقاومة التربة لمرور التيار الكهربي تعتبر دالة لمحتواها من الرطوبة.

في هذه الطريقة تستخدم أقطاب كهربية مغموسة في مادة مسامية في صورة قوالب من الجبس أو النايلون أو الصوف الزجاجي، وتدفن هذه القوالب في التربة عند العمق المراد قياس الرطوبة عنده، وعند مرور تيار كهربي صغير وقياس المقاومة الكهربية بواسطة جهاز خاص Bouyoucos moisture meter (الشكل رقم ١٦ ,٧). ثم عن طريق منحنى المعايرة القياسي الذي يحدد العلاقة بين المقاومة الكهربية والمحتوى الرطوبى للتربة المقابل يمكن معرفة رطوبة التربة.

الشكل رقم (١٦ ,٧). بعض أنواع أجهزة قياس الرطوبة بقياس المقاومة الكهربائية.

٥- طريقة تشتت النيوترونات Neutron Probe method

وهي طريقة دقيقة لقياس رطوبة التربة حيث يحتوي الجهاز على مصدر للنيترونات السريعة. ومن مميزات هذه الطريقة التقدير السريع اللحظي لرطوبة التربة تحت الظروف الحقلية وعلى الأعماق المختلفة وعند فترات زمنية متباينة، أما عيوبها الرئيسة فهي السعر الأولي للجهاز، والدرجة المنخفضة للتقدير المكاني، والصعوبة في قياس منطقة سطح التربة بسبب هروب النيوترونات السريعة خلال السطح، والخطر الصحي المصاحب للتعرض للنيوترون وأشعة جاما.

ويوضح الشكل رقم (١٧ ,٧) بعض الأجهزة المستخدمة في قياس المحتوى الرطوبي بالتشتت النيتروني. ويتكون الجهاز المعروف بمقياس الرطوبة النيوتروني من جزئين رئيسين:

المجس Probe: وهذا المجس يحتوي على مصدر مشع للنيوترونات السريعة وكشاف لعد النيوترونات البطيئة المرتدة. الذي يدلي للعمق المطلوب في أنبوب من الألمونيوم موضوع عمودياً في التربة.

عداد scalar (Counter): لتسجيل عدد النيوترونات البطيئة المرتدة خلال التربة والتي تتناسب مع رطوبة التربة. وهو عادة قابل للنقل ومشحون بالبطارية.

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. فعند انبعاث النيوترونات السريعة من المصدر المشع (المجس) فإنها تصطدم بذرات الهيدروجين منخفضة الوزن الجزئي الموجودة في التربة كمكون لجزيئات الماء وتفقد طاقتها الحركية وتتحول إلى نيوترونات بطيئة ثم ترتد هذه النيوترونات إلى المجس المزود بجهاز لكشف النيوترونات البطيئة والتي يمكن عدها بواسطة العداد الملحق بالجهاز. فانخفاض عدد النيوترونات البطيئة المرتدة معناه انخفاض محتوى التربة من الهيدروجين وبالتالي انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة، والعكس صحيح فارتفاع عدد النيوترونات البطيئة المرتدة يعبر عن ارتفاع المحتوى الرطوبي بالتربة. إن دائرة التأثير للنيوترونات السريعة المنبعثة من الجهاز غالباً حوالي ٣٠ سم ولكنها تختلف مع اختلاف محتوى رطوبة التربة من ٢٠– ٧٠ سم لهذا لا يمكن قياس المحتوى الرطوبي للتربة بهذه الطريقة لأعماق أقل من ١٥سم. 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. ولا يستعمل الجهاز في ترب عضوية بسبب وجود الهيدروجين فيها بشكل مرتفع، إذ يؤثر على قراءة نسبة الرطوبة في التربة.

الشكل رقم (١٧ , ٧). بعض أجهزة قياس المحتوى الرطوبي بالتشتت النيتروني.

٦- جهاز نطاق الانعكاس الزمني Time domain reflectormeter (TDR)

وهو يعتمد في قياس رطوبة التربة على الموجات الكهرومغناطيسية التي يتم إمرارها في كابل خاص وحساب الزمن اللازم لارتداد هذه الموجات من العمق المطلوب القياس عنده. ويمكن لهذا الجهاز (الشكلين رقمي ٧, ١٨ و ٧, ١٩) تقدير ثابت العزل الكهربائي ε للتربة المحيطة بالمجس عند ترددات عالية، عن طريق سرعة تقدم الموجات الكهرومغناطيسية v على طول خط الإرسال L في التربة والتي تقدر من الزمن اللازم لارتداد الموجات t من خلال العلاقات التالية:

$$v = \frac{2L}{t} \qquad (٧, ١٧)$$

$$\varepsilon = \left(\frac{c}{v}\right)^2 = \left(\frac{ct}{2L}\right)^2 \qquad (٧, ١٨)$$

والعلاقة بين ثابت العزل الكهربائي للتربة والمحتوى الرطوبي هي:

$$\theta_v = \sqrt{\frac{\varepsilon - (2-f)}{8}} \qquad (٧, ١٩)$$

حيث إن:

c = سرعة الموجات الكهرومغناطيسية فى الفراغ وتساوي ٣×١٠^٨ م/ ث.

t = زمن ارتداد الموجة على خط الإرسال 2L وهو زمن الوصول إلى العمق المطلوب والارتداد مرة أخرى.

L = طول خط الإرسال.

ε = ثابت العزل الكهربائي للوسط.

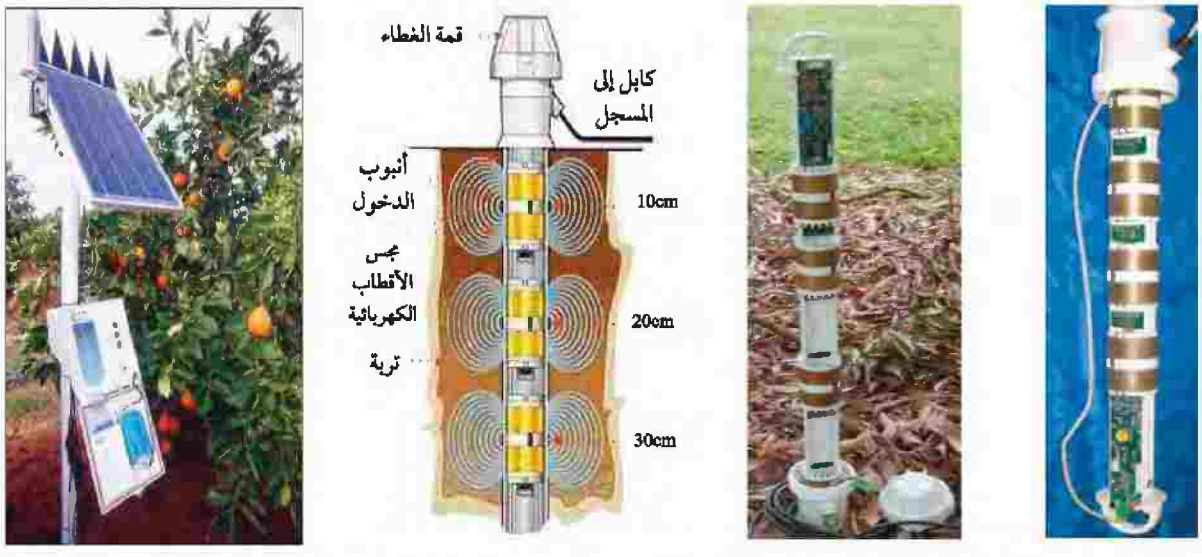
f = مسامية التربة الكلية.

الشكل رقم (٧, ١٨). بعض أجهزة نطاق الانعكاس الزمني TDR.

الشكل رقم (١٩ ,٧). جهاز نطاق الانعكاس الزمني في الصورة على اليمين والمجس في الصورة على اليسار.

٧- جهاز الانفيروسكان Enviroscan

يتكون جهاز الانفيروسكان من خمسة مجسات على مسافات مختلفة ١٠ – ٢٠ – ٣٠ – ٥٠ – ٨٠ سم على التوالي مركبة على أنبوب مدفونة في التربة، كما موضح في الشكل رقم (٢٠ ,٧)، بحيث تعمل هذه المجسات على بيان مقدار رطوبة التربة عند الأعماق المختلفة وصولاً إلى المجموع الجذري للنبات، وينتهي الأنبوب من الأعلى بخلية شمسية، تعمل هذه الخلية على شحن البطاريات التي تشغل المجسات. كما يحتوي الانفيروسكان على مودم GSM يقوم بنقل البيانات المتحصل عليها من المجسات عبر الأقمار الصناعية إلى الشركة المصنعة في استراليا حيث تقوم الشركة بتحليل البيانات وإرسالها كل ٦ ساعات إلى مستخدم الجهاز عن طريق برنامج Irrimax.



الشكل رقم (٢٠ ,٧). جهاز الانفيروسكان، وموضح عمل مجسات القياس ووحدة نقل البيانات.

(٨ , ٧) أمثلة محلولة

المثال رقم (١ , ٧)

من الجدول التالي، احسب البخر نتح ETc الشهري والموسمي واليومي لمحصول مزروع في ليسومتر عمق التربة فيه ١٠٠ سم، إذا علمت أن المحتوى الرطوبي في اليوم الأول من شهر نوفمبر هو ١٢٪ .

الشهر	عمق الري I (مم)	عمق المطر P (مم)	عمق الصرف D (مم)	عمق الجريان السطحي Ro (مم)	المحتوى الرطوبي في نهاية الشهر θf (٪)
نوفمبر	٢١٥	–	١٥	٢٥	١٥
ديسمبر	٢٧٠	١٤	٢٠	١٦	١٧
يناير	٢٨٠	٣٠	١٠	١٥	٢٠
فبراير	٢٥٠	١٠	٥٠	–	١٨
مارس	١٧٠	–	–	–	١٤

الحل

أولاً: نستكمل الجدول بوضع عمود يمثل المحتوى الرطوبي في بداية الشهر θi (٪) حيث بداية الشهر الأول معلوم ١٢٪ وبداية الشهر الثاني هي نهاية الشهر الأول أي ١٥٪ وهكذا نستكمل باقي العمود.

الشهر	عمق الري I (مم)	عمق المطر P (مم)	عمق التسرب العميق D (مم)	عمق الجريان السطحي Ro (مم)	المحتوى الرطوبي في نهاية الشهر θf (٪)	المحتوى الرطوبي في بداية الشهر θi (٪)	البخر نتح للنبات في الشهر ET (مم)	البخر نتح للنبات ET في اليوم (مم)
نوفمبر	٢١٥	–	١٥	٢٥	١٥	١٢	١٤٥	٤,٨٣٣
ديسمبر	٢٧٠	١٤	٢٠	١٦	١٧	١٥	٢٢٨	٧,٣٥٥
يناير	٢٨٠	٣٠	١٠	١٥	٢٠	١٧	٢٥٥	٨,٢٢٦
فبراير	٢٥٠	١٠	٥٠	–	١٨	٢٠	٢٣٠	٨,٢١٤
مارس	١٧٠	–	–	–	١٤	١٨	٢١٠	٦,٧٧٤
						إجمالي الموسم	١٠٦٨	

ثانياً: نحسب ET لكل شهر من معادلة التوازن المائي

$$(I+P)-(ET+D_P+R_o)=(\theta_f-\theta_i)\times D_{rz}$$

$$ET=(I+P)-(D_P+R_o)-(\theta_f-\theta_i)\times D_{rz}$$

شهر نوفمبر:

$$ET = (215+0)-(15+25)-(0.15-0.12)\times 1000 = 145\,mm$$

شهر ديسمبر:

$$ET = (270+14)-(20+16)-(0.17-0.15)\times 1000 = 228\,mm$$

شهر يناير:

$$ET = (280+30)-(10+15)-(0.20-0.17)\times 1000 = 255\,mm$$

شهر فبراير:

$$ET = (280+30)-(50+0)-(0.18-0.20)\times 1000 = 230\,mm$$

شهر مارس:

$$ET = (170+0)-(0+0)-(0.14-0.18)\times 1000 = 210\,mm$$

ثالثاً: نحسب ET للموسم وهي مجموع ET لكل شهر

$$ET = 145+228+255+230+210 = 1068\,mm$$

رابعاً: نحسب متوسط ET اليومية لكل شهر وهي تقسيم ET لكل شهر على أيام الشهر

شهر نوفمبر:

$$ET = 145/30 = 4.83\,mm$$

شهر ديسمبر:

$$ET = 228/31 = 7.35\,mm$$

شهر يناير:

$$ET = 255/31 = 8.23\,mm$$

شهر فبراير:

$$ET = 230/28 = 8.21\,mm$$

شهر مارس:

$$ET = 210/31 = 6.77\,mm$$

المثال رقم (٢ , ٧)

ليسيمتر وزني المساحة السطحية له ١٠ م٢، خلال فترة زمنية مقدارها شهر ما كان النقص في وزن الليسيمتر ٨٠ كجم، فإذا كانت كمية مياه الري والأمطار خلال هذه الفترة ١٥ سم، ٦ سم على التوالي. وكمية الصرف المجمعة من الليسميتر خلال هذه الفترة ٢٢٠ لتر. احسب متوسط مقدار البخر-نتح اليومي من الليسيمتر.

الحل

النقص في الرطوبة ΔS خلال الفترة الزمنية يساوي ٨٠ كجم ماء وبالقسمة على كثافة الماء (١٠٠٠ كجم/ م٣)

$$\Delta S = \frac{80}{1000} = 0.08 \text{ m}^3$$

وبالقسمة على المساحة السطحية لليسيمتر

$$\Delta S = \frac{0.08}{10} = 0.008 \text{ m} = 8 \text{ mm}$$

ومقدار الصرف D المجمع من الليسيمتر

$$D = \frac{220}{1000 \times 10} = 0.022 \text{ m} = 22 \text{ mm}$$

ومن المعادلة رقم (٨ , ٧) يمكن حساب البخر–نتح ET

$$ET = I + P - D \pm \Delta S = 150 + 60 - 22 + 8 = 194 \text{ mm}$$

$$ET = \frac{194}{30} = 6.47 \text{ mm/day}$$

يجب ملاحظة أن النقص في رطوبة التربة هو إضافة للبخر–نتح

المثال رقم (٣ , ٧)

ليسيمتر غير وزني عمق التربة به ١ م وأبعاده ٢×٢ م، خلال فترة زمنية مقدارها شهر كان المحتوى الرطوبي الحجمي في بداية ونهاية الفترة ١١٪، ١٤٪ على التوالي، وإذا كان كمية مياه الري خلال هذه الفترة ٠,٨ م٣، وعمق المطر ٢٥ مم. وعمق الصرف المجمع من الليسميتر خلال هذه الفترة ١٣ مم. احسب متوسط مقدار البخر–نتح اليومي من الليسيمتر.

الحل

نحسب التغير في الرطوبة ΔS خلال الفترة الزمنية من المعادلة رقم (١١ , ٧) وهي زيادة في الرطوبة

$$\Delta S = \pm (\theta_e - \theta_b) \cdot D_{rz} = \pm(0.14 - 0.11) \times 1000 = 30 \text{ mm}$$

نحسب عمق ماء الري I خلال الفترة الزمنية

$$I = \frac{0.8}{2 \times 2} = 0.2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

ومن المعادلة رقم (٨ , ٧) يمكن حساب البخر–نتح ET

$$ET = I + P - D \pm \Delta S = 200 + 25 - 13 - 30 = 182 \text{ mm}$$

$$ET = \frac{182}{30} = 6.07 \text{ mm/day}$$

يجب ملاحظة أن الزيادة في رطوبة التربة هو نقص للبخر-نتح

المثال رقم (٤ , ٧)

محصول عمق منطقة الجذور له ٨٠ سم زرع في تربة المحتوى الرطوبي الوزني لها عند السعة الحقلية ١٢٪ ونقطة الذبول ٥٪ وكثافتها الظاهرية ١,٦٥ جم/ سم٣، وتضاف مياه الري عند استنفاذ ٤٠٪، علماً بأن الاستهلاك المائي للمحصول خلال الفترة ٤ , ٧ مم/ يوم. فإذا علمت أن كفاءة الإضافة ٧٥٪ وزمن الري ٨ ساعات والمساحة المطلوب زراعتها ٣ هكتار. احسب: الفترة بين الريات (II)، عمق مياه الري الكلي (Dg)، تصرف المضخة (Q).

الحل

نحسب الماء الكلي المتاح من المعادلة رقم (٢ , ٧)

$$TAW = (\theta_{FC} - \theta_{WP}) \times A_s \times D_{rz} = (0.12 - 0.05) \times 1.65 \times 80 = 9.24 \text{ cm}$$

نحسب عمق الماء الصافي من المعادلة رقم (٤ , ٧)

$$Dn = Mad \times Taw = 0.40 \times 9.24 = 3.7 \text{cm}$$

نحسب الفترة بين الريات من المعادلة رقم (٧ , ٧)

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{3.7 \times 10}{7.4} = 5 \text{ day}$$

ثم نحسب عمق الماء الكلي المضاف Dg من المعادلة رقم (٥ , ٧)

$$D_g = \frac{D_n}{E_a} = \frac{37}{0.75} = 49.3 \text{ mm}$$

ثم نحسب تصرف المضخة المطلوبة لري مساحة ٤ هكتار في زمن ٨ ساعات، من المعادلة رقم (٦ , ٧)

$$Q_S = \frac{D_g \times A_i}{T_i} = \frac{49.3 \times 3 \times 10000}{1000 \times 8} = 184.9 \text{ m}^3/\text{hr} = 51.3 \text{ L/sec}$$

(٧ , ٩) مسائل منوعة

١- محصول شعير مزروع في تربة لومية رملية محتواها الرطوبي عند السعة الحقلية ٢١٪ وعند نقطة الذبول ٩٪ يتم الري عند استنفاذ ٥٠٪ من الماء الكلي المتاح، حدد مواعيد ري المحصول خلال شهر فبراير حيث المحصول في

مرحلة النمو الخضري وعمق المجموع الجذري ٧٥ سم، مع العلم بأن اليوم الأول من الشهر تم ري المحصول. والبخر نتح (الاستهلاك المائي للنبات) والمطر والجريان السطحي والتسرب العميق لكل يوم من شهر فبراير مبين في الجدول التالي:

اليوم	البخر نتح ET mm	عمق المطر P mm	الجريان السطحي Ro mm	التسرب العميق Dp mm
١	٧,١	٠	٠	٠
٢	٦,٨	٠	٠	٠,٩
٣	٦,٩	٢,١	١,١	١,٥
٤	٧,٥	١,٦	٠,٤	٠,٨
٥	٧,٩	٠,٩	٠,٦	٠
٦	٨,١	٠	٠	٠
٧	٨,٣	٠	٠	٠,٧
٨	٨,٦	٠	٠	١,٣
٩	٨,٥	٠	٠	٠
١٠	٨,٨	٠	٠	٠
١١	٨,٨	٠	٠	٠
١٢	٩,١	٠	٠	٠,٦
١٣	٩,٣	١,٩	٠,٣١	٠,٨
١٤	٩,٣	٢,٨	٠	١,٤
١٥	٩,٤	٠	٠	٠
١٦	٩,٥	٠	٠	٠
١٧	٩,٩	٠	٠	١,٥
١٨	٩,٩	٠	٠	٠
١٩	١٠,١	٠	٠	٠,٨
٢٠	١٠,٣	٠	١	١,٥
٢١	١٠,٣	٠	٠	١,٦
٢٢	١٠,٤	٠	٠	٠
٢٣	١٠,٥	٠	٠	٠
٢٤	١٠,٨	٠	٠,٥	٠,٩
٢٥	١٠,٨	٠	٠	٠,٩
٢٦	١٠,٧	٠	٠	٠
٢٧	١٠,٧	٠	٠	٠
٢٨	١٠,٨	٠	٠	٠

٢- احسب متوسط البخر نتح ET لكل مرحلة من مراحل نمو المحصول المبين في الجدول التالي. إذا علمت أن المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة عند السعة الحقلية ١٧٪. واحسب أيضا أجمالي الاحتياجات الموسمية للمحصول.

مرحلة النمو	الوقت من بدء الزراعة (يوم)	متوسط عمق الجذور (سم)	عمق الري I (مم)	عمق المطر P (مم)	عمق التسرب العميق Dp (مم)	عمق الجريان السطحي Ro (مم)	المحتوى الرطوبي في نهاية المرحلة θf (٪)
الإنبات	١ – ١٧	٢٠	١٠٠	١٠	٣٠	–	١٢
التطور	١٨ – ٤٢	٥٠	٢٠٠	٢٠	٢٥	١٠	١٥
النمو الخضري	٤٣ – ٨٢	٩٠	٤٥٠	–	٣٥	٥	١٦
النضج	٨٣ – ١٠٠	٩٠	١٣٠	–	٢٠	–	١١

٣- من الجدول التالي، احسب البخر نتح ET الشهري والموسمي واليومي لمحصول مزروع في ليسومتر عمق التربة فيه ١٠٠ سم ، إذا علمت أن المحتوى الرطوبي في اليوم الأول من شهر نوفمبر هو ١٢٪ .

الشهر	عمق الري I (مم)	عمق المطر P (مم)	عمق التسرب العميق D (مم)	عمق الجريان السطحي Ro (مم)	المحتوى الرطوبي في نهاية الشهر θf (٪)
فبراير	١٦٠	٤٠	٣٥	٢٠	١٥
مارس	٢٣٠	٢٥	١٩	١٤	١٧
ابريل	٣٢٠	–	٣٠	–	٢٠
مايو	٣٥٠	–	–	٢٥	١٨
يونيو	١٧٠	–	–	–	١٤

٤- محصول بطاطس زرع في تربة رملية لومية في منطقة ذات مناخ حار، يتم الري عند نسبة استنفاذ ٥٠٪. فإذا علمت أن كفاءة الإضافة ٨٠٪ وزمن الري ٦ ساعات والمساحة المطلوب زراعتها ٤ هكتار. احسب: الفترة بين الريات (II)، عمق مياه الري الكلي (Dg)، تصرف المضخة (Q). (استعن بالجداول المتاحة).

٥- ليسيمتر غير وزني عمق التربة به ١ م وأبعاده ٢×٢ م، زرع به محصول معامل المحصول له ٠,٩ خلال فترة زمنية مقدارها شهر والبخر-نتح المرجعي خلال هذه الفترة ٢٠٠ مم، والمحتوى الرطوبي الحجمي في بداية

ونهاية الفترة ١٣٪، ٩٪ على التوالي، وعمق المطر ٢٠ مم، وعمق الصرف المجمع من الليسيمتر خلال هذه الفترة ٢٢ مم. احسب كمية مياه الري خلال هذه الفترة.

٦- ليسيمتر وزني المساحة السطحية له ٤ م٢، خلال فترة زمنية مقدارها شهر ما كان الزيادة في وزن الليسيمتر ٧٠ كجم، فإذا كانت كمية مياه الري والأمطار خلال هذه الفترة ١٩٠ مم، ٥٠ مم على التوالي. وكمية الصرف المجمعة من الليسيمتر خلال هذه الفترة ٢٧٠ لتر. احسب متوسط مقدار البخر-نتح اليومي من الليسيمتر.

٧- حقل مساحته ٢ هكتار ذو تربة المحتوى الرطوبي الحجمي لها عند السعة الحقلية ونقطة الذبول ١٢٪، ٥٪ على التوالي، يراد زراعته بمحصول عمق جذوره ٨٠ سم والاستهلاك المائي له ٩ مم/ يوم، ونسبة الاستنفاذ ٤٠٪. فإذا علمت أن نظام الري المتاح تصرفه ٤٠ لتر/ ث وكفاءته ٨٠٪. احسب: الفترة بين الريات (II)، زمن الري (Ti).

٨- ليسيمتر غير وزني عمق التربة به ١ م وأبعاده ٢×٢ م، خلال فترة زمنية مقدارها شهر كان المحتوى الرطوبي الحجمي في بداية ونهاية الفترة ٩٪، ١٤٪ على التوالي، وإذا كان كمية مياه الري خلال هذه الفترة ١,٢ م٣، ولم يتساقط مطر خلال هذه الفترة. وعمق الصرف المجمع من الليسيمتر خلال هذه الفترة ٢٥ مم. احسب متوسط مقدار البخر-نتح اليومي من الليسيمتر.