المحاضرة الثامنة
الاستهلاك المائي
Consumptive Use

إعداد
د/عبدالرحمن عبدالواحد مصطفي
أستاذ م بيدولوجي الأراضي

المحتويات

- المحاضرة الثامنة والتاسعة
- مجموعة أسئلة لتقييم الطلاب للمحاضرات (6 +7+8+ 9)

الإستهلاك المائي للمحاصيل

Consumptive Water Use Of Crops

الإستهلاك المائي للمحصول :

الإستهلاك المائى لمحصول ماعبارة عن مجموع حجم المياه التى تستعملها النباتات النامية فى مساحة معينة من الأرض (فدان أو هكتار) فى عملية النتح وبناء الأنسجة والبخر من سطح التربة والنبات فى مدة محددة .

ومعنى ذلك أن الإستهلاك المائى يكون نتيجة لعمليتين رئيسيتين هما :

١ - **عملية النتح : Transpiration**

وهى عبارة عن كمية الماء التى تمر من الأرض إلى الجذور ثم إلى الهواء الجوى عن طريق الأجزاء الخضراء . ويحدث الإستهلاك المائى بعملية النتح أثناء النهار فقط .

وتعرف كمية الماء بالجرام التى يستهلكها النبات على هذه الصورة لإنتاج ١ جم من المادة الجافة من المحصول بمعدل النتح **Transpiration ratio** . وهذا المعدل ثابت لكل نوع من النباتات تحت الظروف الواحدة ، فمثلاً يلزم لتكوين ١ جم من المادة الجافة للذرة الرفيعة ٣٢ حم من الماء ، وللكتان ٩٠٥ حم ماء . ولقد أطلق برجز **Briggs** سنة ١٩١٤ تعبير الإحتياج المائى **Water requirement** على هذه النسبة. ومن ذلك يتضح لنا أن إصطلاح «الإحتياج المائي» يتباين تبايناً واسعاً بين حاصلات الحقل ، بل وأيضاً بين أصناف المحصول الواحد ، ويرجع هذا التباين بين نوع المحصول وأصنافه فى الإحتياجات المائية إلى درجة التفاوت فى حجم المجموع الخضرى وعدد الثغور بسطوح الأوراق وسمك الطبقة الشمعية على الأوراق وتأثير العوامل الجوية والأرضية على الإحتياجات المائية للنباتات ، إذ تزداد الإحتياجات المائية بإرتفاع درجة الحرارة الجوية وإنخفاض الرطوبة الجوية النسبية وزيادة سرعة الرياح ، كما يزداد الإحتياج المائى أيضاً بإنخفاض درجة إنتاجية التربة .

لذلك فإن إصطلاح الإحتياجات المائية بهذا المفهوم لايصلح للإستخدام ، والإصطلاح الشائع إستخدامه حالياً هو المصطلح «بخر – نتح» **Evapotranspiration** والمصطلح «الإستهلاك المائى» **Consumptive use** .

٢ - عملية البخر : Evaporation

وهى عبارة عن كمية الماء التى تفقد بالتبخر المباشر من سطوح الأوراق والأجزاء المعرضة من النبات مضافاً إليها الفقد الناتج بالبخر المباشر من سطح التربة المنزرع بها المحصول . ويحدث الفقد عن هذا الطريق أثناء الليل والنهار .

ويطلق على عملية البخر وعملية النتح معاً إسم «البخر – نتح» ، وهى تعبر عن قيمة الإستهلاك المائي إذا ما قدرت بطريقة متكاملة من بدء الزراعة حتى الحصاد .

فإذا علمنا أن كمية الماء المتبقية فى أنسجة المحصول فى نهاية الموسم الزراعى لاتتعدى ١ ٪ من مجموع كمية المياه المفقودة بعملية البخر – نتح (ET) أثناء موسم النمو . لذلك فإن الفرق فى مقدار الماء بين الإستهلاك المائي (CU) والبخر – نتح (ET) يكون بسيطاً جداً . وفى هذه الحالة من الممكن أن نعبر عن الإستهلاك المائى كالآتى :

$$CU \simeq ET$$

العوامل التي تؤثر علي الإستهلاك المائي للمحاصيل :

هناك عوامل ثلاثة تؤثر على الإستهلاك المائى للمحصول وهى :

أولاً : عوامل طبيعية مناخية (العوامل الجوية)

ثانياً : عوامل خاصة بالمحصول .

ثالثاً : عوامل تتعلق بالتربة .

اولا العوامل الطبيعية المناخية :

١ - كمية الأمطار : Precipitation

تقلل كمية الأمطار الساقطة من حاجة التربة للرى وبالتالى من الإستهلاك المائى للمحصول ، وذلك بشرط أن تكون كميته بحيث تسمح أن تتعمق خلال منطقة إنتشار الجذور .

٢ - درجة الحرارة : Temperature

تؤثر درجة الحرارة تأثيراً كبيراً على الإستهلاك المائي للمحصول حيث تؤثر على عمليتى البخر والنتح فيزداد معدلهما مع إزدياد غزارة النمو وإرتفاع درجة الحرارة . ولايتوقف التأثير النهائى لدرجة الحرارة على «البخر – نتح» على مجموع درجات الحرارة خلال موسم النمو فحسب ، بل إن تأثير توزيع درجات الحرارة خلال فصل النمو له أهمية كبيرة فى ذلك . ومن الطبيعى أن تتوقف درجة الحرارة على الموقع الجغرافى والطبوغرافى للأرض ، وخاصة خط العرض .

٣ - طول اليوم النهارى Daily duration of bright sunshine

إن خط الطول مسئول عن تحديد طول اليوم النهارى أو عدد ساعات سطوع الشمس . وحيث ان معظم الماء المستهلك بالتبخير والنتح يكون أثناء النهار ، فإنه يتبين لنا مدى أهمية خطوط الطول والعرض فى دراسة تحديد معدل الإستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة .

٤ - الرطوبة النسبية : Relative humidity

يزداد معدل البخر – نتح أى معدل الإستهلاك المائى كلما إنخفضت الرطوبة النسبية فى الجو المحيط بالنباتات والعكس صحيح . ومن المعروف أن الرطوبة النسبية تتأثر بالقرب أو البعد عن مصادر المياه على حسب درجة الحرارة .

٥ - سرعة الرياح : Wind velocity

كلما زادت سرعة الرياح أدى ذلك إلى زيادة الفقد بالبخر – نتح أى إلى زيادة الإستهلاك المائى للمحصول المزروع .

ثانياً : العوامل الخاصة بالمحصول :

يتوقف الإستهلاك المائى على حسب نوع المحصول نفسه ، كما أنه فى المحصول الواحد يختلف معدل إستهلاك المياه حسب طور النمو ، فيزداد معدل الإستهلاك تدريجياً حتى يبلغ أقصاه أثناء طور النمو الخضرى وفترة التزهير ثم يقل بعد ذلك ليصبح أقل مايمكن فى طور النضج . كما أن معدل الإستهلاك المائى يختلف أيضاً حسب طول أو قصر موسم النمو وطبيعة النمو كالطول وشكل ومساحة الأوراق ولونها وعدد شهور توريقه وغير ذلك .

ثالثاً : العوامل الخاصة بالتربة :

١ – يؤثر قوام وبناء التربة على زيادة أو نقص كمية الرطوبة التى تحتفظ بها التربة ، وعموماً يزداد معدل الإستهلاك المائى بزيادة الرطوبة الأرضية .

٢ – يؤثر لون التربة على الإستهلاك المائى حيث أن التربة السوداء الداكنة مثلاً تمتص أشعة الشمس بدرجة أكبر من التربة الفاتحة اللون فتكون لها القدرة على تخزين سعرات حرارية أكثر مما يزيد من قيمة الإستهلاك المائى للمحصول .

٣ – يوثر مستوى الماء الأرضي على الإستهلاك المائى للمحصول حيث تزداد كمية المياه المتبخرة من سطح التربة بزيادة إرتفاع منسوب الماء الأرضي .

٤ – تؤثر طبوغرافية الأرض على الإستهلاك المائى حيث تتغير الظروف الجوية السائدة فى الأراضي المرتفعة عن المنخفضة عن سطح البحر .

٥ – تؤثر عمليات خدمة التربة على الأستهلاك المائى للمحصول ، حيث

تؤدى عمليات الخدمة كالعزيق وتغطية سطح التربة بالنباتات أو القش Mulching إلى تقليل البخر من سطح التربة وبالتالى إلى إنخفاض معدل الإستهلاك المائى ، كما أن عملية العزيق تؤدى إلى التخلص من الحشائش النامية بالتربة والتى تستهلك كمية من المياه تحسب على أنها استهلكت بواسطة النباتات النامية .

٦ – تؤثر طريقة الرى المستخدمة على الإستهلاك المائى للمحصول حيث أن جزءاً كبيراً من الماء يفقد بالتبخير من سطح التربة عند إتباع طريقة الرى بالغمر عن طرق الرى الأخرى .

طرق تقدير الإستهلاك المائي للمحاصيل

هناك طرق كثيرة لتقدير الإستهلاك المائى لمحصول ما تختلف فيما بينها فى مدى سهولتها وتكلفتها وإمكانية تطبيقها والإعتماد على نتائجها فى منطقة ما . ومن هذه الطرق :

١ – الطرق التجريبية .

٢ – طريقة الليزيمترات أو التنكات أو البراميل .

٣ – التجارب الحقلية .

٤ – طريقة دراسات الرطوبة الأرضية .

٥ – طريقة وعاء البخر .

٦ – طرق إستخدام المعلومات المناخية .

أولاً : الطرق التجريبية Empirical methods :

وهى طريقة قديمة وتعتبر أول طريقة تم إستخدامها لتقدير الإستهلاك المائى للمحصول ، ولكنها لاتستعمل كثيراً لعدم دقتها وإختلاف نتائجها ، وأيضاً لايمكن تطبيق نتائجها إلا فى المنطقة أو المكان الذى أجريت به .

وتتلخص هذه الطريقة فى إجراء تجارب فى المنطقة تستخدم فيها كميات مختلفة من المياه فى رى المحصول ، ثم إختيار كمية المياه التى تعطى أعلى محصول إقتصادى تحت نفس الظروف كتعبير عن الإستهلاك المائي للمنطقة تحت الدراسة ، فمثلاً قد تستعمل كميات من المياه قدرها ٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٢٠٠٠ ، ٣٠٠٠ متر مكعب فإذا حصلنا على المحصول الاقتصادى عند إستعمال ٢٠٠٠ متر مكعب

من المياه ، كانت هذه الكمية هى المعبرة عن الإستهلاك المائى بالمنطقة .

ثانياً : طريقة الليزيمترات أو التنكات أو البراميل : Lysimeters

وفيها تزرع النباتات فى براميل أو أحواض من الحديد أو الخشب أو الأسمنت ذات مواصفات معينة توضع فى الحقل تحت ظروف طبيعية ، وتملأ بالتربة المأخوذة من الحقل المراد تقدير الإستهلاك المائى للمحصول المنزرع فيها وسط نباتات هذا المحصول ، والحوض يكون متسعاً لضمان إنتشار المجموع الجذرى فيه وحسن الصرف ليشابه حالة النمو فى الحقل تماماً . وتستخدم هذه الطريقة عادة عند صعوبة إجراء التجارب فى الحقل .

ويقدر الإستهلاك المائى فى هذه الحالة بثلاثة وسائل وهى :

أ – وزن البراميل أو الأحواض دورياً ، وحساب كميات المياه المطلوبة لتعويض النقص المستمر فى الوزن نتيجة الإستهلاك المائى للمحصول . وهذه الطريقة مكلفة ، حيث لا يتوفر عادة وسائل سهلة لوزن البراميل أو الأحواض . وقد تستعمل أنواع معينة من البراميل يتم تصميمها بحيث يمكن وضعها على ميزان يعمل بطريقة أوتوماتيكية ومزود بصمام لإضافة الماء آلياً بقدر معين عندما تنخفض نسبة الرطوبة بها عن طريق الإستهلاك المائى (البخر – نتح) . وبهذه الطريقة لايقوم الدارس بتقدير الرطوبة الأرضية بالبراميل لمعرفة الوقت الذى يضاف فيه ماء الرى . وعادة تتبع هذه الطريقة داخل الصوب مما يجعلها لاتمثل الحال الحقيقية فى الحقل .

ب – تقدير كمية الماء اللازمة لحفظ مستوى الماء الأرضى عند مستوى معين بطريقة أوتوماتيكية ، حيث ينخفض هذا المستوى بإستمرار نتيجة الإستهلاك المائي للمحصول النامى .

جـ – تقدير الرطوبة دورياً فى تربة البراميل أو الأحواض أثناء نمو النبات ، ثم تحسب كمية المياه اللازمة لتعويض الفقد فى الرطوبة وتوصيلها مرة أخرى إلى السعة الحقلية وبصورة متتالية كلما وصلت الرطوبة الأرضية بها إلى ماقبل نقطة الذبول ثم تحسب الكميات المضافة من الماء خلال موسم النمو .

وعموماً فإن مدى كفاءة إستعمال طريقة الليزيمترات أو التنكات يعتمد أساساً على مدى إمكانية توفير الظروف الطبيعية للحقل تحت الدراسة والتى تحدد بعدة عوامل أهمها :

١ – التربة ونظام وضعها فى الأحواض .

٢ – حجم الأحواض .

٣ – درجة التحكم فى نظام مياه الرى .

٤ – الظروف البيئية .

ثالثاً : التجارب الحقلية :

هذه الطريقة تعتمد على المحصول الناتج كمقياس للإستهلاك المائى بمنطقة ما، حيث تحسب كميات المياه المضافة للتربة واللازمة لإنتاج أعلى محصول ممكن . وفى هذه الطريقة تستخدم أراضي ذات مستوى ماء أرضي بعيد حتى لاتتدخل المياه الجوفية كمصدر للماء ، وكذلك يفترض عدم وجود أمطار أو فقد للمياه داخل التربة بإستعمال كميات مناسبة من مياه الرى ، وكذلك يراعى عدم الفقد للمياه السطحية بعمل ترتيبات خاصة لأحواض التجارب . وبعبارة أخرى فإنه يجب محاولة جعل مياه الرى هى المصدر الوحيد للإستهلاك المائى بالمحصول وإلا لزم حساب المصادر الأخرى . وكذلك يجب العمل على منع الفقد من المياه المذكورة وإلا لزم حساب مايفقد من المياه بطريق غير الإستهلاك المائى بالمحصول .

وعموماً فإن هذه الطريقة تعتبر طريقة تجريبية لحد ما ولكن بأسلوب أكثر دقة .

رابعاً: طريقة دراسات الرطوبة الأرضية :

تصلح هذه الطريقة للمناطق التى تكون فيها التربة متجانسة نوعاً ومستوى الماء الأرضي عميق بدرجة لاتسمح بالتأثير على التذبذبات الخاصة برطوبة التربة بمنطقة الجذور النباتية ، وذلك حتى يمكن تحديد مقدار الماء المستهلك بالجذور دون تأثير للمياه الجوفية .

وتعتمد هذه الطريقة على أخذ عينات من التربة تمثل منطقة الجذور قبل وبعد كل رية ، وبحيث تكون هذه العينات ممثلة لطبقات متتالية من التربة تحت الدراسة ، سمك كل طبقة منها ٣٠سم تقريباً . ويتم تقدير الرطوبة فى هذه العينات ومنها يمكن حساب كميات المياه المستهلكة بالمحصول النامى .

وجدير بالذكر أن كميات المياه المستهلكة من التربة تقدر عادة لكل فترة من فترات نمو النبات طوال عمر المحصول ، ومنها تحسب الكميات المستهلكة شهرياً، حيث يمكن وضع النتائج فى رسم بيانى يعبر عن الإستهلاك المائى خلال موسم النمو بأكمله ويسمى عادة بإسم منحنى الإستهلاك المائى، أو توضع الحسابات المذكورة فى جدول خاص يوضح فيه بجانب معدلات الإستهلاك المائى خلال موسم النمو ، إجمالى لإستهلاك المحصول من المياه خلال مدة النمو جميعها .

وتعتبر هذه الطريقة أحسن الطرق الممثلة للرطوبة رأسياً فى منطقة إنتشار الجذور وتعطى أحسن وأدق النتائج .

مثال :

أجريت تجربة لحساب الإستهلاك المائى لمحصول ما فى أرض سعتها الحقلية ٤٠ ٪ (على أساس الوزن) وكثافتها الظاهرية ١,٥ حم / سم٣ وبعد الرى بـ ٧ أيام تم أخذ عينات تربة لقياس نسبة الرطوبة فكانت كالتالى :

العمق (سم)	نسبة الرطوبة ٪ (وزنا)
صفر – ٢٠	١٥
٢٠ – ٥٠	٢٥
٥٠ – ١٠٠	٣٠

وتكرر هذه العملية للفترة التالية وذلك بأخذ عينات من التربة وقياس نسبة الرطوبة بها ثم حساب الكميات المستهلكة من الماء ، ثم يعاد إضافة الماء للتربة للوصول بها إلى سعتها الحقلية ، وتكرر التقديرات خلال الموسم إلى وقت الحصاد ، ومن ذلك يمكن رسم المنحنى البيانى أو عمل جدول يبين معدلات الإستهلاك المائى على إمتداد فترة النمو وكذلك إجمالى الإستهلاك المائى للمحصول .

ويتوقف نجاح هذه الطريقة على الدقة التى تتبع فى إختيار مساحة التجربة ، وعمق منطقة الجذور ، وفى كيفية أخذ عينات التربة لتقدير نسبة الرطوبة بها ، وأن يكون الرى هو المصدر الوحيد للماء وألا يكون هناك مصدر آخر يصعب تقديره كمستوى ماء أرضي قريب مثلاً ، وأن تروى الأرض فى الوقت المناسب حتى لاتصل إلى نقطة الذبول ، كما يجب ألا تقترب فترات الرى أكثر من اللازم حتى لايؤثر ذلك على تهوية التربة ودرجة إستفادة النبات من المياه ، بمعنى ألا تبقى التربة فترة من الزمن وبها رطوبة أعلى من السعة الحقلية مما يؤثر على درجة تهويتها . وعادة تروى الأرض عندما يستنفذ من التربة ٧٠٪ من الماء الصالح للإستفادة .

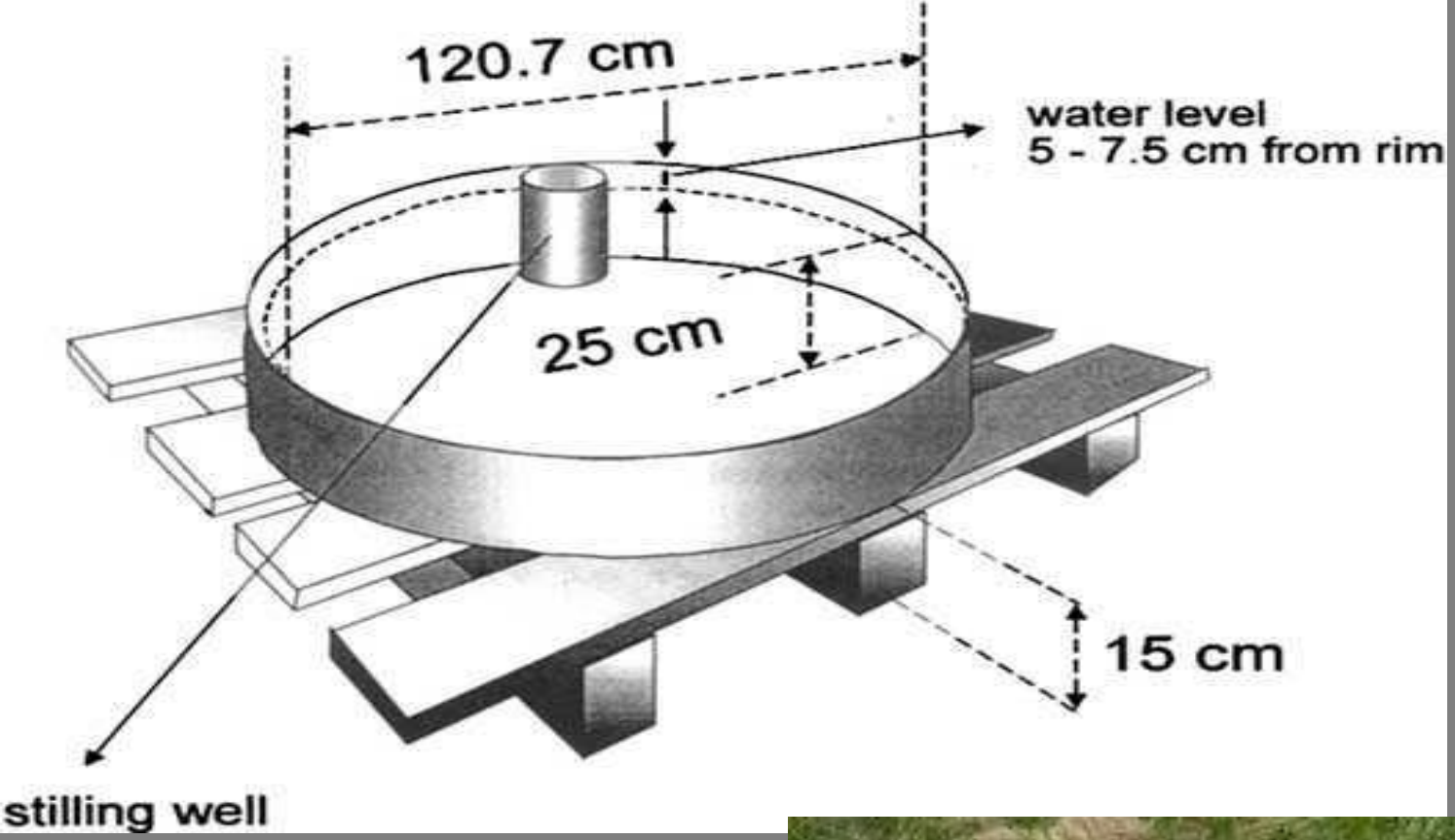
خامساً : طريقة وعاء البخر : Evaporation Pan

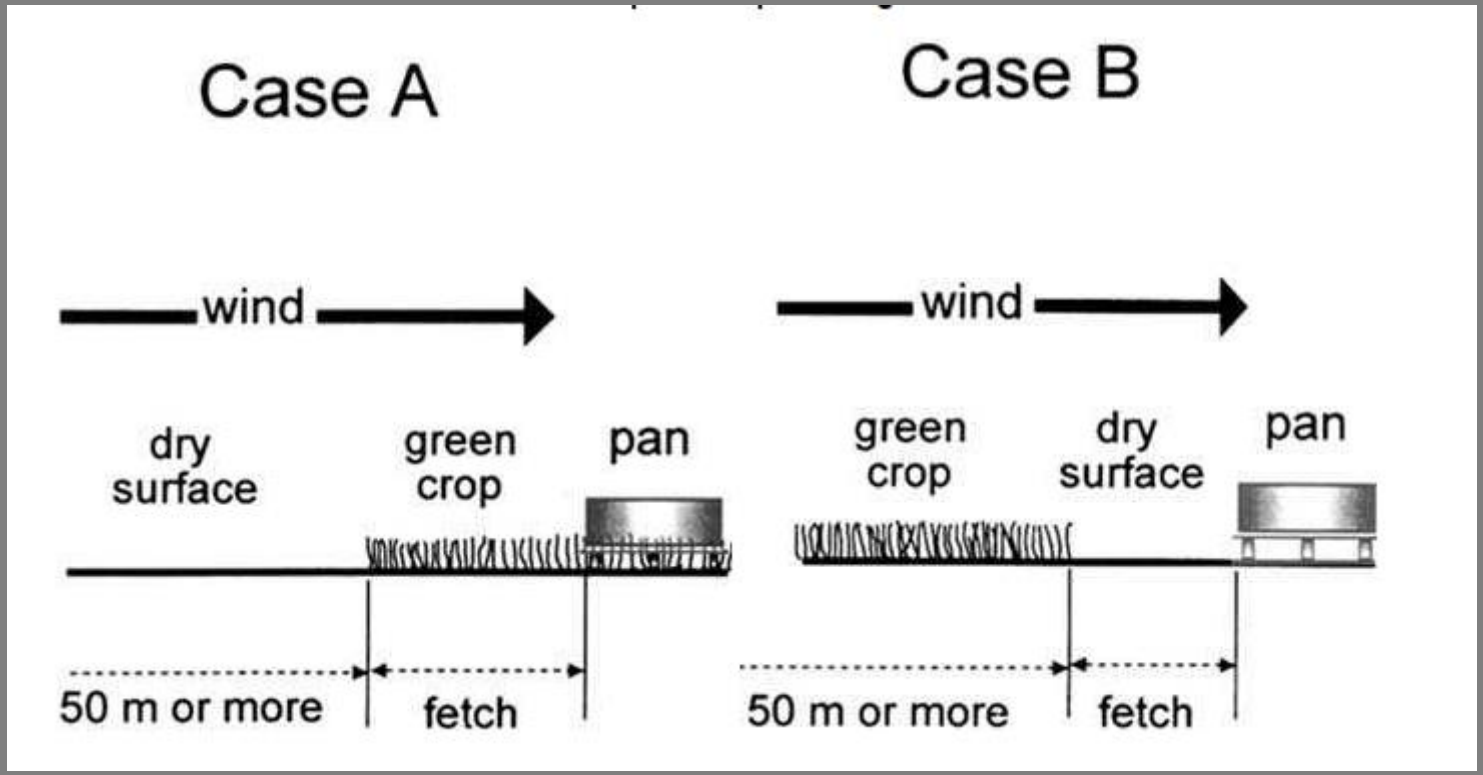
من المعلوم أن هناك علاقة وثيقة بين معدل إستهلاك الماء بالمحاصيل ومعدل البخر من الأوعية المفتوحة ، لذلك فإنه يمكن تقدير الإستهلاك المائى بإستخدام جهاز تم تصميمه لهذا الغرض ويسمى وعاء البخر . ويعتمد هذا الجهاز أساساً على تأثير العوامل الجوية كالحرارة والإشعاع وسرعة الرياح والرطوبة النسبية وغيرها . وترتبط هذه العوامل الجوية جميعها مع مقدار البخر – نتح للمحصول .

وهناك أنواع متعددة من أوعية البخر والنوع الشائع إستعماله فى مصر هو عداد بخر المياه من الوعاء المفتوح **Open Pan Evaporimeter** ولقد صممه العالمان **Sharma and Dastane** سنة ١٩٦٨ لتقدير الإستهلاك المائى للمحاصيل المختلفة . ويوضح شكل (١٤) قطاع عرضي لهذا الجهاز . ويقيس هذا الجهاز معدل البخر من السطح المفتوح ، وبمعرفة معامل المحصول **Crop Factor** (جدول ٢) يمكن حساب معدل البخر – نتح من المعادلة :

معدل (البخر – نتح) = معدل البخر × معامل المحصول

Crop Factor × Pan Evaporation = Evapotranspiration


120.7 cm
water level
5 - 7.5 cm from rim
25 cm
15 cm
stilling well


Case A
wind
dry surface
green crop
pan
50 m or more
fetch
Case B
wind
green crop
dry surface
pan
50 m or more
fetch

جدول (٢) قيم معامل المحصول لبعض المحاصيل في مواقع مختلفة وأثناء مراحل النمو المختلفة والمستخدمة في حساب الإستهلاك المائى بواسطة وعاء البخر

مرحلة نمو المحصول ٪ (نسبة إلى موسم النمو)	قمح (صنف لوديانا)	قمح (صنف بونا)	ذره شامية (صنف لوديانا)	ذره شامية (صنف ألباما)	ذرة رفيعة	قطن	قصب سكر	أرز	فول سوداني	خضروات
0	0.14	0.30	0.40	0.40	0.42	0.22	0.34	1.00	0.30	0.25
5	0.17	0.40	0.42	0.40	0.44	0.22	0.37	1.02	0.30	0.28
10	0.23	0.51	0.47	0.43	0.46	0.23	0.40	1.03	0.32	0.30
15	0.33	0.62	0.54	0.46	0.48	0.24	0.44	1.05	0.35	0.38
20	0.45	0.73	0.63	0.52	0.50	0.26	0.50	1.07	0.40	0.45
25	0.60	0.84	0.75	0.59	0.52	0.35	0.60	1.09	0.49	0.50
30	0.72	0.92	0.85	0.67	0.56	0.58	0.72	1.11	0.60	0.55
35	0.81	0.96	0.96	0.76	0.59	0.80	0.68	1.13	0.69	0.58
40	0.88	1.10	1.04	0.85	0.64	0.95	0.93	1.16	0.78	0.60
45	0.90	1.10	1.07	0.93	0.71	1.03	0.98	1.18	0.85	0.63
50	0.91	100	1.09	1.02	0.79	1.08	1.02	1.20	0.90	0.65
55	0.90	0.99	1.10	1.09	0.92	1.08	1.05	1.21	0.94	0.65
60	0.89	0.80	1.11	1.14	1.01	1.07	1.07	1.22	0.96	0.65
65	0.86	0.65	1.10	1.19	1.07	1.05	1.10	1.22	0.95	0.63
70	0.83	0.51	1.07	1.21	1.09	1.00	1.13	1.21	0.94	0.60
75	0.80	0.40	1.04	1.23	1.09	1.93	1.16	1.19	0.91	0.58
80	0.76	0.30	1.00	1.22	1.05	0.85	1.19	1.16	0.86	0.55
85	0.71	0.20	0.97	1.16	0.99	0.73	1.20	1.10	0.79	0.50
90	0.65	0.12	0.89	1.06	0.91	0.62	1.20	1.03	0.72	0.45
95	0.58	0.10	0.81	0.95	0.82	0.50	1.19	0.96	0.64	0.38
100	0.51	0.10	0.70	0.75	0.40	0.70	1.19	0.86	0.55	0.30
معامل المحصول الموسمى K	0.61	0.61	0.86	0.86	0.75	0.68	0.89	1.10	0.68	0.50

قسم إدارة المياه – وزارة الزراعة – الهند (١٩٧١)

وتعتمد قيمة معامل المحصول على صفات الأوراق ومرحلة نمو المحصول والظروف البيئية المحيطة والموقع الجغرافى ، فينخفض الإستهلاك المائى فى مراحل النمو الأولى ويزداد كلما إتجه المحصول ناحية النضج ثم يقل عموماً فى المرحلة الأخيرة من النمو . ويتم تقدير هذه القيم لكل محصول بإجراء التجارب فى الحقل . ويوضح جدول (٢) قيم معامل المحصول لبعض المحاصيل الشائعة فى مواقع مختلفة وأثناء مراحل النمو المختلفة .

ويمكن عن طريق هذا الجهاز تحديد حاجة المحصول للرى ونقص الرطوبة فى التربة وعدد الريات اللازمة للمحصول .

سادساً : طرق إستخدام المعلومات المناخية : (Climatological Data)

نظراً لصعوبة الحصول على قياسات مباشرة ودقيقة بإستخدام مقياس التبخير السابق شرحه تحت الظروف الحقلية ، فإنه يمكن إستخدام طرق أخرى لحساب الإستهلاك المائى للمحاصيل وذلك بإستخدام معادلات تجريبية يمكن التنبؤ بها عن قيم البخر – نتح فى منطقة ماعلى أساس المعلومات المناخية المتوفرة بالمنطقة . والسبيل إلى ذلك هو تصميم علاقة تربط بين قيم البخر – نتح مع واحد أو أكثر من عوامل المناخ المختلفة مثل الحرارة وطول النهار والرطوبة النسبية والرياح وأشعة الشمس ، ويمكن الوصول إلى ذلك بإحدى وسيلتين :

١ – إستخدام محاولات تجريبية Empirical لربط علاقة «البخر – نتح» بواحد أو أكثر من العوامل المناخية .

٢ – إستخدام محاولات أكثر نظرية وهى معادلات التنبؤ.

ومعظم معادلات التنبؤ تراعى مدى التنوع بين المناخ والمحصول ، فغالباً ماتستخدم هذه المعادلات تحت ظروف مناخية ومحصولية تختلف عن تلك الظروف التى وضعت من أجلها أصلاً ، لذلك فإنه من الضرورى أن يختبر مدى إمكانية تطبيق مثل هذه المعادلات قبل إستعمالها فى مواقع جديدة تختلف فى ظروفها عن تلك الظروف التى وضعت المعادلة من أجلها .

ومن أكثر المعادلات والطرق شيوعاً والمستخدمة فى تقدير «البخر –– نتح» أو الإستهلاك المائى ، الطرق التالية :

١ – طريقة بلانى وكريدل (١٩٥٠) Blaney - Criddle Method.

٢ – طريقة ثورنثويت (١٩٤٨) Thornthwaite Method

٣ – طريقة بنمان (١٩٤٨) Penman Method

٤ – طريقة كريستيانس (١٩٦٨) Christiansen Method

١ - طريقة بلاني وكريدل (١٩٥٠) Blaney - Criddle Method.

لاحظ بلانى وكريدل سنة ١٩٥٠ أن كمية المياه المستهلكة عن طريق المحصول خلال موسم النمو ترتبط تقريباً بمتوسط درجات الحرارة الشهرية وعدد ساعات ضوء النهار (طور النهار) فاستغل بلانى وكريدل ذلك وأوجدا معادلة لتقدير الإستهلاك المائى وهى

$$U = KF = \Sigma\, kf = \Sigma\, u = \Sigma \frac{ktp}{100}$$

حيث :

U = الإستهلاك المائى للمحصول بالبوصة طوال موسم النمو .

u = الإستهلاك المائى الشهرى بالبوصة .

K = معامل الإستهلاك المائى الموسمى للمحصول (معامل تجريبى)

(وهو معامل يستنتج بالتجربة فى مدة نمو النبات ، ويختلف فى حدود ضيقة بتغير العوامل المؤثرة على الإستهلاك المائى للمحصول U كالرطوبة النسبية وطريقة الرى وطبيعة التربة وغير ذلك . ولكن من الناحية التطبيقية فيمكن إعتباره ثابتاً فى هذه المعادلة بالنسبة للمحصول الواحد) .

F = مجموع عوامل الإستهلاك الشهرى «f» لموسم النمو .($f = \frac{tp}{100}$)

(أى هى عبارة عن المجموع الكلى لحاصل ضرب متوسط الحرارة الشهرى فى النسبة المئوية لعدد ساعات النهار الشهرية بالنسبة لشهور الفترة الزمنية الخاصة بموسم النمو . أى عبارة عن مجموع قيم $\frac{tp}{100}$)

$$k = \text{معامل الإستهلاك المائى الشهرى (تجريبى)} \cdot \left(k = \frac{u}{f}\right)$$

$$f = \frac{t \times p}{100}$$ وهو معامل شهرى يتوقف على النبات وعوامل الجو المناخية كالضوء والحرارة.

t = متوسط درجات الحرارة الشهرى بالفهرنهيت ($^{\circ}F$)

P = عدد ساعات النهار الشهرية معبراً عنها كنسبة مئوية من عدد ساعات النهار فى السنة . (أى عدد ساعات سطوع الشمس فى الشهر مقسوماً على عدد ساعات سطوع الشمس فى العام مضروباً فى ١٠٠) وتستخرج من جداول خاصة وتتوقف على خطوط العرض .

ويوضح الجدول رقم (٣) النسبة المئوية لعدد ساعات النهار الشهرية (p) طوال أشهر السنة عند خطوط العرض من صفر° إلى ٦٥° شمال خط الأستواء وتقع جمهورية مصر العربية عند خطوط عرض ٢٤° ، ٢٨° ، ٣٢° تقريباً .

كما يوضح نفس الجدول أيضاً النسبة المئوية لعدد ساعات النهار الشهرية (p) طوال أشهر السنة عند خطوط العرض من صفر° إلى ٥٠° جنوب خط الأستواء .

أما متوسط درجات الحرارة الشهرى (t) فيمكن الحصول عليها من محطات الأرصاد الجوية القريبة من المنطقة بالفهرنهيت حيث :

$$t_f = \frac{9}{5} t_c + 32$$

ملاحظة : يمكن تعديل معادلة بلانى – كريدل إلى الصورة :

$$u = k \left(\frac{9}{5} t_c + 32 \right) 2.54 \times \frac{p}{100}$$

$$= k \left(4.57t + 81.3 \right) \frac{p}{100}$$

حيث : u = الإستهلاك المائى الشهرى بالسنتيمتر (سم / شهر)

t = متوسط درجات الحرارة المئوية الشهرى (م°)

وذلك لإستخدام درجات الحرارة المئوية مباشرة فى الحساب ويكون ناتج الإستهلاك المائى الشهرى بالسنتيمتر

عند تقدير الإستهلاك المائي بمعادلة بلانى – كريدل ومعرفة كفاءة الرى الحقلى يمكن تقدير المقنن المائي بالمعادلة الآتية :

المقنن المائى = الإستهلاك المائي / كفاءة الرى الحقلى .

النسبة المئوية لعدد ساعات النهار الشهرية (p)

طوال أشهر السنة عند خط عرض صفر - ٦٥ شمالاً

درجات خطوط العرض (شمالاً)	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
65	3.45	5.14	7.90	9.92	12.65	14.12	13.66	11.25	8.55	6.60	4.12	2.64
64	3.75	5.30	7.93	9.87	12.42	13.60	13.31	11.15	8.58	6.70	4.35	3.04
63	4.01	5.40	7.95	9.83	12.22	13.22	13.02	11.04	8.60	6.79	4.55	3.37
62	4.25	5.52	7.99	9.75	12.03	12.91	12.79	10.92	8.50	6.86	4.72	3.67
61	4.46	5.61	8.01	9.71	11.88	12.63	12.55	10.84	8.55	6.94	3.89	3.39
60	4.67	5.70	8.05	9.66	11.72	12.39	12.33	10.72	8.57	7.00	5.04	4.15
59	4.81	5.78	8.05	9.60	11.61	12.23	12.21	10.60	8.56	7.07	5.09	4.31
58	4.99	5.85	8.06	9.55	11.44	12.00	12.00	10.55	8.56	7.13	5.13	4.55
57	5.14	5.93	8.07	9.51	11.32	11.77	11.87	10.47	8.54	7.19	5.27	4.69
56	5.29	6.00	8.10	9.45	11.20	11.67	11.69	10.40	8.52	7.25	5.54	4.89
55	5.39	6.06	8.12	9.41	11.11	11.53	11.59	10.32	8.51	7.30	5.62	5.01
54	5.53	6.12	8.15	9.36	11.00	11.40	11.43	10.27	8.50	7.33	5.74	5.17
53	5.64	6.19	8.16	9.32	10.88	11.31	11.34	10.19	8.52	7.38	5.83	5.31
52	5.75	6.23	8.17	9.28	10.81	11.13	11.22	10.15	8.49	7.40	5.94	5.43
51	5.87	6.25	8.21	9.26	10.76	11.07	11.13	10.05	8.48	7.41	5.97	5.46
50	5.98	6.32	8.25	9.25	10.69	10.93	10.09	10.00	8.44	7.43	6.07	5.65
48	6.13	6.42	8.22	9.15	10.50	10.72	10.83	9.92	8.45	7.56	6.24	5.86
46	6.30	6.50	8.24	9.09	10.37	10.54	10.66	9.82	8.44	7.61	6.38	6.05
44	6.45	6.59	8.25	9.04	10.22	10.38	10.50	9.73	8.43	7.67	6.51	6.23
42	6.60	6.66	8.28	8.97	10.10	10.21	10.37	9.64	8.42	7.73	6.63	6.39
40	6.73	6.73	8.30	8.92	9.99	10.08	10.34	9.56	8.41	7.78	6.73	6.53
38	6.87	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
36	6.99	6.86	8.35	8.85	9.31	9.83	9.99	9.40	8.36	7.85	6.92	6.79
34	7.10	6.91	8.36	8.80	9.73	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.93
32	7.20	6.97	8.37	8.72	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.93	7.11	7.05
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
28	7.40	7.02	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.56	8.32	8.02	7.27	7.27
26	7.49	7.12	8.40	8.64	9.37	9.30	9.49	9.10	8.32	8.06	7.36	7.35
24	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.19	9.41	9.05	8.31	8.10	7.43	7.46
22	7.76	7.22	8.41	8.57	9.22	9.12	9.31	9.00	8.30	8.13	7.50	7.56
20	7.73	7.26	8.20	8.52	9.14	9.22	9.25	8.95	8.30	8.19	7.58	7.88
18	7.88	7.26	8.40	8.46	9.06	8.99	9.20	8.81	8.29	8.24	7.67	7.89
16	7.94	7.30	8.42	8.45	8.98	8.98	9.07	8.80	8.28	8.24	7.72	7.90
14	7.08	7.39	8.43	8.44	8.90	8.73	8.99	8.79	8.28	8.28	7.85	8.04
12	8.08	7.40	8.44	8.43	8.84	8.64	8.90	8.78	8.27	8.28	7.85	8.05
10	8.11	7.40	8.44	8.43	8.81	8.57	8.84	8.74	8.26	8.29	7.89	8.08
8	8.13	7.41	8.45	8.39	8.75	8.51	8.77	8.70	8.25	8.31	7.89	8.11
6	8.19	7.49	8.45	8.39	8.73	8.48	8.75	8.69	8.25	8.41	7.95	8.19

المعامل الشهري للإستهلاك المائى للمحصول (K)
والذي يمكن إستخدامه في تطبيق معادلة بلاني - كريدل (عن دستان ١٩٦٧)

المحصول	الشهـــــــر											
	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
أرز	-	-	-	٠,٨٥	١,٠٠	١,١٥	١,٣٠	١,٢٥	١,١٠	٠,٩٠	-	-
ذرة	-	-	-	٠,٥٠	٠,٦٠	٠,٧٠	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٦٠	٠,٥٠	-	-
قمح	٠,٥٠	٠,٧٠	٠,٧٥	٠,٧٠	-	-	-	-	-	٠,٧٠	٠,٦٥	٠,٦٠
بنجر السكر	٠,٧٥	٠,٨٠	٠,٨٥	٠,٨٥	٠,٩٠	٠,٩٥	١,٠٠	١,٠٠	٠,٩٥	٠,٩٠	٠,٨٥	٠,٧٥
قطن	-	-	-	٠,٥٠	٠,٦٠	٠,٧٥	٠,٩٠	٠,٨٥	٠,٧٥	٠,٥٥	٠,٥٠	٠,٥٠
خضروات	٠,٥٠	٠,٥٥	٠,٦٠	٠,٦٥	٠,٧٠	٠,٧٥	٠,٨٠	٠,٨٠	٠,٧٠	٠,٦٠	٠,٥٥	٠,٥٠
برسيم	٠,٥٠	٠,٧٠	٠,٨٠	٠,٩٠	١,٠٠	-	-	-	٠,٦٠	٠,٦٥	٠,٧٠	٠,٦٠
موالح	٠,٥٠	٠,٥٥	٠,٥٥	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٥	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٦٥	٠,٦٠	٠,٥٥	٠,٥٥
بصل •	٠,٨٥	٠,٥٨	٠,٦٠	٠,٦٤	٠,٦٨	٠,٦٨	-	-	-	-	-	-
فول •	٠,٥٠	٠,٥٥	٠,٦٠	٠,٦٠	٠,٦٥	-	-	-	-	-	٠,٤٠	٠,٤٥

تطبيقات علي معادلة بليني وكريديل

موسم النمو	الشهر	درجة الحرارة ف° (t)	نسبة عدد ساعات الشمس (p)	المعامل الشهري الدال علي الحرارة وعدد ساعات الشمس $f = \frac{Pt}{100}$	معامل الإستهلاك المائى الشهرى (K)	الإستهلاك المائي «u» (بوصة)
من أول	فبراير	٥٧,٤	٧,٠٣	٤,٠٣	٠,٥٨	٢,٣٤
فبراير	مارس	٦١,٢	٨,٣٨	٥,١٢	٠,٦٠	٣,٠٧
إلي	أبريل	٦٧,٦	٨,٧٢	٥,٨٩	٠,٦٤	٣,٧٧
٢٥ يونيه	مايو	٧٤,٥	٩,٥٣	٧,٠٩	٠,٦٨	٤,٨٢
	يونيه	٧٨,٨	٩,٤٩	٧,٤٧	٠,٦٨	٤,٢٣

u = الإستهلاك المائى الكلى (بوصة) =	١٨,٢٣
الإستهلاك المائى الكلى متر مكعب / فدان =	١٩٤٥,٠٠

١ – الإستهلاك المائى (بوصة) = $u = \frac{k.t.p}{100}$

٢ – U = مجموع u لكل الشهور (موسم النمو) .

٣ – الإستهلاك المائى الكلى = ١٨,٢٣ بوصة

= ١٨,٢٣ × ٢,٥٤ = ٤٦,٣ سم

= ٤٦,٣٠٠ × ٤٢ = ١٩٤٥ م٣ / ف

الشهـــــــر	متوسط الحرارة الشهرى (فهرنهيت) (t)	معامل الإستهلاك الشهرى (k)	نسبة ساعات الشمس (p)	$u = \frac{k \cdot t \cdot p}{100}$ (بوصة)
يناير	٥٥,٧	٠,٧٥	٧,٢٠	٣,٠١
فبراير	٦٠,٤	٠,٨٠	٦,٩٧	٣,٣٧
مارس	٦٩,٣	٠,٨٥	٨,٣٧	٤,٩٣
أبريل	٨٠,٦	٠,٨٥	٨,٧٢	٥,٩٧
مايو	٨٨,٠	٠,٩٠	٩,٦٣	٧,٦٣
يونيه	٩٢,٣	٠,٩٥	٩,٦٠	٨,٤٢
يوليه	٨٧,١	١,٠٠	٩,٧٧	٨,٥١
أغسطس	٨٤,٢	١,٠٠	٩,٢٨	٧,٨١
سبتمبر	٨٢,٨	٠,٩٥	٨,٣٤	٨,٥٦
أكتوبر	٧٦,٦	٠,٩٠	٧,٩٣	٥,٤٧
نوفمبر	٦٦,٠	٠,٨٥	٧,١١	٣,٩٩
ديسمبر	٥٦,٧	٠,٧٥	٧,٠٥	٣,٠٠

الإستهلاك المائى الكلى U (بوصة) =	٦٨,٦٧
الإستهلاك المائى الكلى م٣ / ف =	(٧٣٢٦)

مثال (٤) أجريت تجربة حقلية لتقدير معامل الإستهلاك المائى الشهرى (k) والموسمى (K) لمحصول القمح ، فتم الحصول على النتائج التالية خلال فترات موسم النمو .

فترة النمو	عدد الأيام	الإستهلاك المائي (u) ملليمتر / يوم	$f=\frac{P \times T}{100}$
١٢/٨ - ١٢/٢٦	١٩	١,١٤	١,٧٤
١٢/٢٧ - ١/١٧	٢٢	١,٢٧	٢,٣٥
١/١٨ - ٣/٢	٤٣	١,٥٢	٤,٨٢
٣/٢ - ٣/١٥	١٤	٢,٦٧	١,٨٩
٣/٢ - ٣/١٨	١٧	٢,٩٧	٢,٠٦
٣/٣ - ٣/٢٤	٢٢	٢,٤٣	٢,٦٩
٣/٢٥ - ٤/١١	١٨	٣,٩١	٣,٢٥
٤/١٢ - ٤/٢٣	١٢	٣,٧٣	١,٥٦
٤/١٩ - ٤/٣٠	١٢	٣,١٣	١,٣٩
٤/٢٤ - ٥/٢	٩	٤,٥٥	١,٥١
٥/٣ - ٥/١٢	١٠	٣,٨٨	١,٩٨

٥/٤ - ٥/١٥	١٢	٢,٤٧	١,٤٤
٥/٢ - ٥/٢٣	٢٢	١,٧٥	١,٩٩
٥/١٠ - ٥/٢٦	١٧	١,٨٢	١,٥٩

ملاحظة : تم حساب قيم f من البيانات المأخوذة من محطة الأرصاد الجوية بالمنطقة .

والمطلوب :

١ - حساب معامل الإستهلاك الشهرى (k) للقمح خلال فترات النمو المختلفة .

٢ - حساب متوسط معامل الإستهلاك الشهرى للقمح خلال موسم النمو .

طريقة الحساب :

١ – يتم تحويل قيم الإستهلاك الماء (u) من ملليمتر / يوم إلى بوصة / يوم.

٢ – يحسب الإستهلاك المائي لفترة النمو = (u بوصة / يوم) × طول فترة النمو .

٣ – تحسب قيم معامل الإستهلاك المائي = $\frac{u}{f}$

ويمكن تدوين القيم المحسوبة فى جدول كالتالى :

فترة النمو	عدد الأيام	u مم/يوم	u بوصة/يوم	u بوصة/فترة النمو	f $(\frac{t \times p}{100})$	k
١٢/٨ - ١٢/٢٦	١٩	١,١٤	٠,٠٤٥	٠,٨٥٥	١,٧٤	٠,٤٩
١٢/٢٧ - ١/١٧	٢٢	١,٢٧	٠,٠٥٠	١,١٠٠	٢,٣٥	٠,٤٧
١/١٨ - ٣/٢	٤٣	١,٥٢	٠,٠٦٠	٢,٥٨٠	٤,٨٢	٠,٥٤
٣/٢ - ٣/١٥	١٤	٢,٦٧	٠,١٠٥	١,٤٧٠	١,٨٩	٠,٧٨
٣/٢ - ٣/١٨	١٧	٢,٩٧	٠,١١٧	١,٩٨٩	٢,٠٦	٠,٩٧
٣/٣ - ٣/٢٤	٢٢	٢,٤٣	٠,٠٩٦	٢,١١٢	٢,٦٩	٠,٧٩
٣/٢٥ - ٤/١١	١٨	٣,٩١	٠,١٥٤	٢,٧٧٢	٣,٢٥	٠,٨٥
٤/١٢ - ٤/٢٣	١٢	٣,٧٣	٠,١٤٧	١,٧٦٤	١,٥٦	١,١٣
٤/١٩ - ٤/٣٠	١٢	٣,١٣	٠,١٢٣	١,٤٧٦	١,٣٩	١,٠٦
٤/٢٤ - ٥/٢	٩	٤,٥٥	٠,١٧٩	١,٦١١	١,٥١	١,٠٧
٥/٣ - ٥/١٢	١٠	٣,٨٨	٠,١٥٣	١,٥٣٠	١,٩٨	٠,٧٧
٥/٤ - ٥/١٥	١٢	٢,٤٧	٠,٠٩٧	١,١٦٤	١,٤٤	٠,٨١
٥/٢ - ٥/٢٣	٢٢	١,٧٥	٠,٠٦٩	١,٥١٨	١,٩٩	٠,٧٦
٥/١٠ - ٥/٢٦	١٧	١,٨٢	٠,٠٧٢	١,٢٢٤	١,٥٩	٠,٧٧

مجموع قيم k

∴ متوسط معامل الإستهلاك الشهرى للقمح = ——————

عددها

$$= \frac{١١,٢٦}{١٤}$$

$$= ٠,٨$$