هذا .. ويمكن من خلال شبكات الرى بالتنقيط والرش بكافة أنواعها تنفيذ عدد من معاملات الخدمة الزراعية دون عناء يذكر؛ وأبرزها معاملة التسميد، والتى يطلق عليها — حينئذٍ — اسم فرتجة. وتعرف جميع معاملات إضافة المركبات الكيميائية مع ماء الرى باسم chemigation.

وتتضمن هذه المعاملات، ما يلى:

المعاملة	الاسم الإنجليزى للمعاملة
إضافة الأسمدة	**Fertigation**
إضافة مبيدات الحشائش	**Herbigation**
إضافة المبيدات الفطرية	**Fumigation**
إضافة المبيدات الحشرية	**Insectigation**
إضافة المبيدات النيماتودية	**Nemagation**

هذا .. ويفضِّل Burt وآخرون (١٩٩٥) مزايا وعيوب ومحاذير كل من تلك المعاملات وأكثر طرق الرى مناسبة لها.

ولمزيد من التفاصيل العملية المتعلقة بطرق الرى .. يراجع Southorn (١٩٩٧).

المقننات المائية

المقنن المائى Consumptive Use لمحصول ما هو كمية الماء الكلية التى يحتاج إليها المحصول من وقت زراعة البذرة إلى الحصاد، وتشمل الماء المفقود بالنتح وبالتبخير، وكذلك الجزء الذى يستخدم فى بناء أنسجة النبات، الذى لا يتعدى ١٪ من الاحتياجات المائية الكلية.

هذا .. ويطلق على الماء المفقود بالنتح اسم "ماء النتح" transpiration، وعلى الجزء المفقود بالتبخر من سطح التربة "ماء التبخر" evaporation.

ويتخذ التبخر السطحى Pan Evaporation (أو Ep) أساسًا لقياس النتح والتبخر معًا (النتح التبخرى) Evapotranspiration (ET) لكل محصول على حدة؛ نظرًا لأن قيمة

Ep تتأثر بكافة العوامل الجوية المؤثرة على ET، وهى درجة الحرارة، وحركة الهواء، والإشعاع الشمسى، والرطوبة النسبية.

ويستعمل كل محصول عامل خاص به هو قيمة (ET/Ep) لتحديد الاحتياجات المائية، إلا أن هذه القيمة تؤدى – غالبًا – إلى إعطاء النبات ريًّا زائدًا فى بعض مراحل النمو، وريًّا أقل من حاجته الفعلية فى مراحل أخرى للنمو.

الاستخدام المحصولى للماء

إن الاستخدام المحصولى للماء crop water use هو – ذاته – النتح التبخرى evapotranspiration (اختصارًا: ET)، وهو كمية الماء التى يستعملها المحصول لأجل نموه وتبريده (أى بعملية النتح) بالإضافة إلى ما يفقد أثناء ذلك بالتبخر سواء أحدث ذلك من سطح التربة، أم من أسطح الأوراق حال ريها بطريقة الرش.

يمكن أن يحدث تبخر جوهرى عندما تكون الطبقة السطحية من التربة (٢,٥–٥سم) مبتلة، أو عندما يكون النمو النباتى مبتلاً. وبمجرد جفاف سطح التربة فإن النتح يقل بشدة. وبذا .. فإن التبخر الجوهرى يمكن أن يحدث فقط بعد الرى أو سقوط الأمطار. وإضافة إلى ذلك، فإنه مع تقدم النمو وازدياد النمو الخضرى الذى يغطى سطح التربة، فإن التبخر من التربة الرطبة يقل تدريجيًّا. وعندما يكتمل الغطاء النباتى لسطح التربة، فإن ٩٥٪ تقريبًا من النتح التبخرى يصبح عائدًا للنتح والتبخر من سطح النموات الخضرية التى تكون مستقبلة لمعظم الإشعاع الشمسى الساقط.

ويتأثر النتح التبخرى بكل من الظروف البيئية السائدة، ومدى توفر الرطوبة فى التربة، والنوع النباتى، ومرحلة النمو. ويبلغ الـ ET أقصى قيمة له (وهى التى تعرف بالـ ET المرجعية (reference ET) إن لم تكن الرطوبة الأرضية عاملاً محددًّا، وذلك عندما تكون الرطوبة فى منطقة نمو الجذور فى السعة الحقلية. والغطاء الكامل هو مرحلة من النمو يكون فيها معظم سطح التربة مغطى بالنموات النباتية.

وعمليًّا .. فإن المحصول يصل إلى مرحلة الغطاء النباتى الكامل لسطح التربة عندما تصبح مساحة الأوراق ثلاثة أضعاف مساحة التربة تحت النموات الخضرية. ففى تلك

المرحلة من النمو تستقبل النموات النباتية معظم الإشعاع الشمسى الساقط على الحقل؛ فيقل بذلك مقدار الطاقة التى تصل إلى سطح التربة.

وتصل المحاصيل المختلفة لمرحلة الغطاء الكامل فى مراحل مختلفة من نموها، وبعد فترات متباينة من زراعتها.

هذا ويستخدم الـ ET لمحصول مرجعى (ET_r) لتقدير الـ ET الحقيقية للمحاصيل الأخرى. وعندما لا يكون الماء عاملاً محددًا كما فى المناطق الرطبة ونصف الرطبة تستخدم الحبوب الرفيعة كمحصول مرجعى، بينما يكون البرسيم الحجازى هو المحصول المرجعى المفضل فى المناطق القاحلة وشبه القاحلة، بسبب تعمق نموه الجذرى؛ مما يقلل من حساسيته للشدِّ المائى.

ويُعرف النتح التبخرى الفعلى actual evapotranspiration (اختصارًا: ET_a) بأنه استخدام محصول معين للماء فى وقت معين. وتصل قيمة ET_a للمحاصيل الحولية أقصاها عند أقصى نمو خضرى لها، ويمكن أن تكون تلك القيمة أقل من أو أعلى عن ET_r، حسب المحصول. فمثلاً تكون أقصى قيمة للـ ET_a ٩٣٪، و ١٠٣٪ من الـ ET_r للبرسيم الحجازى، وذلك بالنسبة لمحصول الذرة وبنجر السكر، على التوالى.

ويمكن حساب الـ ET الحقيقية (ET_a) من الـ ET المرجعية بضرب ET_r فى معامل المحصول crop coefficient (اختصارًا: KC)؛ علمًا بأن الـ KC هى النسبة بين ET_a لمحصول معين فى مرحلة معينة من النمو والـ ET_r. فإذا كانت الـ KC أقل من الواحد الصحيح فإن المحصول يستهلك ماء أقل من الـ ET المرجعية، والعكس صحيح.

وتتوقف قمية KC على مرحلة النمو، وغالبًا ما تتحدد بعدد الأيام بعد الزراعة. وتقدر قيم الـ KC باستعمال أجهزة الليسميترز lysimeters لقياس الرطوبة الأرضية للمحاصيل المختلفة، وذلك فى الأحوال الجوية المتوسطة.

وعندما تختلف الظروف البيئية جوهريًّا عن الظروف المتوسطة للمحصول فإن النمو المحصولى الفعلى قد يكون أسرع أو أبطأ من العادى. ولذا .. غالبًا ما يحتاج الأمر إلى

إجراء تعديلات لتتفق مع الحالة الفعلية للنمو النباتى. هذا مع العلم بأن الـ KC لأى محصول حولى تكون صغيرة فى بداية موسم النمو، وتزداد تدريجيًّا مع النمو المحصولى، ثم تنخفض ثانية مع اكتمال النمو.

يتأثر الاستهلاك المحصولى للماء – كذلك – بمحتوى التربة الفعلى من الرطوبة. فمع جفاف التربة تزداد صعوبة امتصاص المحصول للماء من التربة. وعند السعة الحقلية يكون استخدام النباتات للماء فى أقصى معدلاته. وعندما يقل محتوى التربة المائى عن السعة الحقلية يقل استخدام النباتات للماء. ويعبر عن تلك الحقيقة بمعامل التربة soil coefficient (اختصارًا: KS) ويستخدم الـ KS – غالبًا –لتعديل الـ ET الفعلى لكى يتماشى مع حالة الرطوبة فى التربة.

ونجد بعد الرى أو هطول المطر أن الـ ET الفعلى يكون أعلى عما لو كان سطح التربة جافًا؛ نظرًا لزيادة التبخر كثيرًا فى تلك الظروف، وخاصة فى بداية موسم النمو، حيث يمكن أن تكون الـ ET الفعلية أكبر من الـ ET المرجعية. ويعبر عن تلك الحقيقة فى برامج جدولة الرى كمعامل تبخر إضافى additional evaporational coefficient (اختصارًا: KW). ويعدِّل هذا المعامل الـ ET الحقيقية بالزيادة ليعكس حالة سطح التربة الرطب.

وفى برامج جدولة الرى يجب أن يؤخذ فى الاعتبار حساسية المحصول للشدّ الرطوبى خلال مختلف مراحل نموه. ويتحقق ذلك باستخدام معامل يُعرف باسم إدارة السحب المائى المسموح به management allowable depletion (اختصارًا: MAD)، وهو كمية الماء التى يمكن السماح باستنفاذها من منطقة نمو الجذور قبل جدولة الرى. وفى وقت الرى يجب أن يكون النقص فى الماء أقل من الـ MAD أو مساويًّا له (Al-Kaisi & Broner ٢٠٠٦).

حساب الاحتياجات المائية

تُحسب الاحتياجات المائية التى تلزم للرى باتباع ما يلى:

١- يُحسب معدل الاستهلاك المائى للمحصول بضرب معامل الاستهلاك المائى

اليومى للمنطقة (والذى يحصل عليه من النشرة الجوية) فى معامل النمو المحصولى للمحصول المطلوب ريه والذى يتراوح عادة من ٠,٤ إلى ١,٢ حسب المحصول وحجم نموه الخضرى. ومرحلة نموه. وعادة .. يكون المعامل المحصولى منخفضًا فى بداية مرحلة النمو، ويزداد تدريجيًّا ليصل أكبر معامل عند اكتمال النمو الخضرى والثمرى، ثم ينخفض تدريجيًّا بعد ذلك إلى نهاية موسم النمو.

ويمكن الاسترشاد بالبيانات التالية فى استخراج قيمة معامل النمو المحصولى للمحاصيل المبينة والمحاصيل القريبة منها:

المحصول	المرحلة الأول	مرحلة النمو الخضرى والتطور	مرحلة الإزهار والإثمار وتكوين الدرنات	المرحلة الأخيرة (الشيخوخة)
البطاطس	٠,٥	٠,٨	١,١	٠,٥
لمدة	٢٥ يوم	٢٠ يوم	٣٠ يوم	٢٥ يوم حسب الصنف
الطماطم	٠,٧	٠,٩	١,١	٠,٦
لمدة	٣٠	٤٠	٣٠	٢٠
الفاصوليا	٠,٣٥	٠,٨	١,٠	٠,٨٥
لمدة	٢٠	٣٠	٣٠	١٠
الكوسة	٠,٥	٠,٩	١,١	٠,٨
لمدة	٢٥	٢٥	٤٥	٣٠
الخيار	٠,٦	٠,٨	١,٠	٠,٩
لمدة	٢٠	٤٠	٣٠	١٥

٢- يضاف إلى معدل الاستهلاك المائى للمحصول فى مرحلة النمو التى يتم الرى عندها احتياجات الغسيل اللازمة للأرض، والتى تتوقف على طبيعة التربة. ومدى نفاذيتها، ومدى تواجد الأملاح فى الطبقة السطحية، ونوعية الماء المستخدم. ويستخدم فى الأراضى الرملية – غالبًا – معامل غسيل ١,٢٥؛ أى ٢٥٪ من معدل الاستهلاك المائى للمحصول، أى يكون الاحتياج المائى للمحصول ١٢٥٪ من معدل الاستهلاك المائى للمحصول.

٣- يتعين تعديل قيمة الاحتياج المائى المحسوبة للمحصول بإضافة معامل التخفيض

المناسب وهو الذى تختلف قيمته حسب طريقة الرى والمساحة المظللة بالنباتات. وقد وجد أن هذا المعامل يتراوح فى حالة الرى بالتنقيط من ٠,٢٥ فى مراحل النمو الأولى إلى ٠,٩ فى أوج النمو الخضرى. وبضرب قيمة الاحتياج المائى المسحوبة فى معامل التخفيض نحصل على قيمة ثانية – تكون هى التى يعتمد عليها – للاحتياج المائى الفعلى للمحصول.

٤- يحصل على كية المياه التى تلزم لرى الفدان بالمتر المكعب فى اليوم بضرب قيمة الاحتياج المائى الفعلى للمحصول فى ٤,٢.

٥- يُحسب الزمن الذى يلزم للرى من المعادلة التالية:

$$\text{زمن الرى بالساعة} = \frac{\text{كمية مياه الرى اللازمة (م٣/فدان يوميًّا)} \times ١٠٠٠}{\text{تصرف النقاط أو الرشاش باللتر فى السعة} \times \text{عدد النقاطات أو الرشاشات بالفدان}}$$

(عن المعمل المركزى للمناخ – مركز البحوث الزراعية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى).

زيادة كفاءة استخدام المياه فى محاصيل الخضر

من المهم زيادة كفاءة استخدام المياه فى إنتاج محاصيل الخضر. ويعبر عن كفاءة استخدام المياه بنسبة محصول الجزء النباتى الذى يُزرع من أجلة المحصول إلى كمية الماء التى تستخدم فى إنتاجه. ويتطلب ذلك تغيير الاتجاه من تعظيم الإنتاج من وحدة المساحة من الأرض الى تعظيم الإنتاجية لكل وحدة من الماء المستخدم. ولتعظيم كفاءة استخدام المياه يتعين المحافظة على الماء وتحفيز أقوى نمو محصولى. وتتطلب المحافظة على الماء خفض الفقد المائى الذى يحدث من خلال الجريان السطحى والتبخر السطحى ونتح الحشائش. أما تحقيق أقوى نمو محصولى فإنه قد يتحقق بزراعة محاصيل وأصناف عالية المحصول ومتأقلمة على ظروف التربة والمناخ المحليين. ويفيد فى تحسين النمو – كذلك – توفير أفضل ظروف للإنتاج مثل المواعيد المناسبة للزراعة والحصاد، والحراثة، والتسميد، ومكافحة الآفات (De Pascale وآخرون ٢٠١١).