تصميم البرنامج DCWR من أجل حساب الاحتياج المائي اليومي للنبات

د. إياد سراي الدين*

الملخّص

تُعّد النماذج الرياضية طريقة غير مباشرة من أجل وصف ومحاكاة العديد من العمليات الفيزيائية التي تحدث في التربة. إنّ تصميم برنامج محاكاة لوصف العمليات الفيزيائية التي تجري ضمن التربة أو ضمن المنظومة الثلاثية تربة-نبات-جو يعتمد على الكثير من النماذج الرياضية التي تصف تلك العمليات في ظروف مختلفة. تمّ في هذا البحث تصميم برنامج DCWR (Daily-Crop Water Requirement) من أجل حساب الاحتياج المائي اليومي والتراكمي للنبات باستخدام طيف واسع من النماذج الرياضية وطرائق القياس. يمتلك البرنامج واجهة عمل تفاعلية سهلة الاستخدام ويتميز بمرونته وشموليته حيث تحتوي واجهة العمل على عدة نوافذ إدخال للمعطيات. ويقوم البرنامج DCWR بشكل أساسي (i) بحساب كمية مياه الري اللازمة للري الأولى للوصول بالمحتوى الرطوبي الحجمي إلى السعة الحقلية، (ii) حساب كمية مياه الري اليومية (الاحتياج المائي اليومي) (iii) جدولة الري وتحديد العمق الجذري للنبات.

يعتمد البرنامج في حسابه لكمية الماء اللازمة للري الأولى للوصول للسعة الحقلية على خواص التربة المختلفة وعلى جملة من النماذج الرياضية والطرائق الفيزيائية المختلفة. بينما يعتمد في حسابه للاحتياج المائي اليومي للنبات وجدولة الري على قيمة معامل المحصول اليومية (k_c) وقيمة التبخر-نتح المرجعية اليومية (ET_0).

الكلمات المفتاحية: الاحتياج المائي اليومي ، DCWR، معامل المحصول، التبخر-نتح المرجعي

* أستاذ مساعد في قسم علوم التربة – جامعة دمشق.

Designing the DCWR program for calculating Daily-Crop Water Requirement

Dr. Iyad srayeddin*

Abstract

The mathematical models are considered as indirect way to describe and simulate many physical processes that take place in soil. Designing a simulation program for describing the physical processes that occur in soil or within soil-plant-atmosphere system relies actually on numerous mathematical models. These models are basically used to define the soil processes in various circumstances. In the present research, the DCWR program (Daily-Crop Water Requirement) was designed to estimate the daily and accumulated crop water requirement. The DCWR program uses a wide range of mathematical models and methods. It has also an interactive interface easy to use, flexible and comprehensive. The DCWR program (i) calculates mainly the water quantity required for the first irrigation to reach the soil field capacity, (ii) calculates the daily water requirement, (iii) determines irrigation scheduling and plant rooting depth. For determining the first irrigation, DCWR depends practically on several soil characteristics and a lot of different models. While, for calculating the daily water requirement and irrigation scheduling, the program relies on both the daily crop coefficient and reference evapotranspiration (ET_0).

Keywords: Daily Water Requirement, DCWR, crop coefficient, reference evapotranspiration.

* Assistant Professor, Department of Soil Sciences - Damascus University.

المقدمة

تُعّد النمذجة في الوقت الحاضر عملية أساسية في الكثير من تطبيقات علوم المعلوماتية، لكونها تعمل على التنبؤ بقيم بعض المتغيرات ضمن عمليات مختلفة من الصعب قياسها حقلياً أو مخبرياً. ففي مجال علوم التربة تُعّد النماذج الرياضية طريقة غير مباشرة من أجل وصف ومحاكاة ظاهرة ما تحدث في التربة تترافق مع ظواهر آخرى تحدث معاً أو بشكل متعاقب. إنّ تصميم برنامج محاكاة لعمليات فيزيائية تجري ضمن التربة أو ضمن المنظومة الثلاثية تربة- نبات- جو يعتمد على الكثير من النماذج الرياضية التي تصف تلك العمليات في ظروف مختلفة للوسط.

في مجال علوم التربة، يُعّد حساب الاحتياج المائي (crop water requirement) الدقيق للنبات من أهم الخطوات التي تدخل في العملية الإنتاجية وخاصةً في المناطق الجافة ونصف الجافة التي تتصف بعدم توفر المصادر المائية اللازمة للري. يتعلق الاحتياج المائي للنبات بشكل أساسي بالظروف المناخية ونوع المحصول وطول المرحلة الفينولوجية.

كما تلعب خواص التربة الفيزيائية والمائية دوراً هاماً في جاهزية ماء التربة وقابليته للامتصاص من قبل الجذور النباتية تحت الظروف المناخية السائدة (Bardhan, 2007). ويمثل التركيب الميكانيكي للتربة (كمية الطين والسلت والرمل)، الكثافة الظاهرية، الناقلية المائية، منحنى الاحتفاظ بالرطوبة، ومعدل الرشح أهم الصفات الفيزيائية والهيدروديناميكية للتربة التي يجب أن تُدرس عند تقدير جاهزية ماء التربة ومحتواها الرطوبي (Hillel, 1998).

وتحول جدولة الري (irrigation scheduling) واختيار الوقت المناسب لإضافة مياه الري دون وقوع النبات بحالة الإجهاد المائي الذي يؤثر سلباً في كمية الإنتاج وفي

النبات المزروع. يوجد عموماً أربع طرائق أساسية لتقدير الاحتياج المائي وجدولة الري (Zhe et al., 2017) تعتمد على ما يلي:

- التبخر – نتح المرجعي (ET_0) والفعلي (ET_c)، وعلى معادلة الميزان المائي للتربة (Soil water balance).
- الجهد المائي للتربة (Soil water potential) ومحتواها الرطوبي.
- قياس الإجهاد المائي للنبات (Plant water stress).
- نماذج المحاكاة الرياضية (Simulation models).

تُعّد نماذج المحاكاة الرياضية التي تعمل على حساب الاحتياج المائي للنبات طريقة سهلة وسريعة، ولكنها تختلف في فعّاليتها. النموذج الفعّال هو ذلك النموذج الذي يعتمد على أكثر من مؤشر لوصف كل من التربة (رطوبتها وجهدها المائي وخواصها الهيدروديناميكة) والنبات (مراحل نموه الفينولوجية ونمو المجموع الجذري) والظروف المناخية (Ma et al., 2012; Sasceendran et al., 2015). تختلف البرامج عن بعضها البعض من حيث المؤشرات التي تعتمد عليها لتقدير الاحتياج وحساب كمية مياه الري على مستوى الحقل. من أهم هذه البرامج:

Cropwat (FAO, 1992; Anshu et al., 2017; Surendran et al., 2015)، Criwar (Marinus et al, 2014)، Sapwat (Crosby, 1996)، Irrigator Pro (USDA, 2016)، SWAT (Maier and Dietrich, 2016)، AquaCrop (Linker et al., 2016)، DAISY (Seidel et al., 2016) وآخرها البرنامج RZWQM (Zhe et al., 2017).

تعتمد البرامج السابقة على عوامل ومؤشرات مختلفة لتقدير الاحتياج المائي وجدولة الري، ولا يتصف البعض منها بالشمولية الكاملة لكل العوامل التي تتحكم بتقدير الاحتياج المائي والتي تشمل جميع خواص المنظومة الثلاثية تربة- نبات- جو. تعتمد بعض البرامج فقط على النبات من خلال مؤشر واحد أو اثنين كمعامل المحصول أو

مرحلة النمو الفينولوجية. بينما تعتمد برامج أخرى على مؤشرات التربة فقط من خلال محتواها الرطوبي.

لذلك فإنّ وجود برنامج متكامل مثل DCWR (Daily-Crop Water Requirement) يقوم بحساب الاحتياج المائي اليومي أو التراكمي للنبات بالاعتماد على الخواص المختلفة للمنظومة تربة –نبات–جو يُعّد أمراً ضرورياً لكل من المزارعين وللباحثين في مجال الري. يعمل البرنامج DCWR بإصداره الأول (v. 1.0) على حساب الاحتياج المائي اليومي للنبات بالاعتماد على كل من قيمة معامل المحصول اليومية (k_c) وقيمة التبخر– نتح المرجعية اليومية (ET_0) وباستخدام عدة طرائق تُتيح للمستخدم إمكانية اختيار الطريقة المناسبة تبعاً لمدى توفر المعطيات المناخية. كما يسمح بحساب كمية مياه الري واختيار نظام الري المناسب.

بالإضافة لذلك، يقوم البرنامج بتقدير رطوبة التربة عند السعة الحقلية انطلاقاً من سطح التربة حتى العمق 150 cm آخذاً بعين الاعتبار تغير خواص التربة الفيزيائية والمائية مع العمق وباستخدام طيف واسع من طرائق القياس تمكّن المستخدم من اختيار الطريقة المناسبة حسب توفر المعطيات الخاصة بالتربة.

مبررات البحث:

بالرغم من تعّدد هذه البرامج إلاّ أنّها يُؤخذ عليها بعض الملاحظات الهامة عند تقدير الاحتياج المائي ومن أهمها:

- تعتمد بعض البرامج (مثل Cropwat و Sapwat) على معامل المحصول (k_c) بشكله المفرد فقط بينما لا تأخذ بعين الاعتبار معامل المحصول المزدوج ($k_c=k_{cb}+k_e$). كما لا تأخذ بعين الاعتبار أهمية تغير خواص التربة وخاصة الفيزيائية والمائية مع العمق عند حساب مخزونها المائي. وتعتمد فقط في عملها على صفوف قوام التربة، وتهمل تغير تركيب التربة الميكانيكي (الطين والسلت والرمل) والكثافة الظاهرية

ومحتوى التربة من المادة العضوية مع تغير عمق التربة. يُعّد قوام التربة صفة تصنيفية عامة وليس لها دلالة فيزيائية وهي تدلّ على نوع التربة ولا يمكن الاعتماد عليها بدقة لتقدير رطوبة التربة أو دراسة خواصها المائية مقارنة.

- الاعتماد على طريقة مناخية واحدة فقط لقياس التبخر–نتح المرجعي (ET_0) كما هو الحال في Cropwat الذي يعتمد فقط على طريقة FAO- Penman Monteith لحساب التبخر–نتح المرجعي، مما يجعل من الصعب حساب ET_0 في حال نقص المعطيات المناخية للمنطقة المدروسة.
- عدم إمكانية تطبيق بعض البرامج في مناطق متعددة مثل البرنامج Sapwat، حيث ترتبط قاعدة بيانات البرنامج بمعطيات مناخية محددة سابقاً لبعض المناطق فقط مما يجعل من الصعوبة استخدامه من مناطق أخرى.
- بعض هذه البرامج خاصة بنبات معين فقط مثل البرنامج Irrigator Pro مما يجعل من الصعب تطبيقه على نباتات أخرى.
- لا تحتوي بعض البرامج (مثل Cropwat و Criwar) على قاعدة بيانات سابقة خاصة بالنباتات تشمل قيم معامل المحصول وأطوال فترات مراحل نموه الفيزيولوجية، مما يضطر المستخدم إلى البحث عنها وإدخالها على شكل Inputs.
- لا تتيح أغلب البرامج فرصة اختيار نظام الري المراد استخدامه، بل تكتفي فقط بتقدير كمية الاحتياج المائي وجدولة الري.
- لا تسمح معظم البرامج السابقة بتحديد عمق الترطيب (wetting depth) والتنبؤ بعمق المجموع الجذري خلال موسم النمو. كما لا تسمح بتحديد كمية مياه الري اللازمة من أجل الرية الأولى للوصول إلى السعة الحقلية للتربة.

لذلك يُعّد وجود برنامج متكامل يأخذ بعين الاعتبار قدر الإمكان كل الملاحظات السابقة حاجة ضرورية، ومصمَم بشكل بسيط الاستخدام وذات واجهة عمل تفاعلية غير

معقدة ويمكّن من استخدام طيف واسع من طرائق القياس وأنظمة الري يتمّ الاختيار بينها تبعاً لتوفر المعطيات المناخية أو الحقلية أو المخبرية.

أهداف البحث:

تصميم برنامج حاسوبي شامل ومرن من أجل حساب الاحتياج المائي للنبات وجدولة الري يمكّن من حساب كمية مياه الري اللازمة تبعاً لعمق الترطيب وعمق المجموع الجذري للنبات المزروع بالاعتماد على:

- قيمة معامل المحصول اليومية (k_c) المفرد والمزدوج وقيمة التبخر–نتح المرجعية اليومية (ET_0).
- تغير خواص التربة المائية والفيزيائية مع العمق لحساب محتوى التربة الرطوبي ومخزونها المائي لكامل منطقة انتشار الجذور النباتية.

منهجية العمل ضمن البرنامج DCWR:

تمّت كتابة البرنامج DCWR باستخدام لغة البرمجة Microsoft Visual Basic 6.0، ويقوم بشكل أساسي على إنجاز ما يلي:

1. حساب كمية مياه الري اللازمة للري الأولى للوصول للمحتوى الرطوبي الحجمي عند السعة الحقلية، اعتماداً على خواص التربة المختلفة وعلى جملة من النماذج الرياضية والطرائق المختلفة.
2. حساب كمية مياه الري اليومية (الاحتياج المائي اليومي).
3. تحديد وجدولة موعد الري.

حيث يعتمد في حسابه للاحتياج المائي اليومي للنبات على قيمة معامل المحصول اليومية خلال موسم نمو النبات وقيمة التبخر–نتح المرجعية اليومية (ET_0) من خلال المعادلة التالية:

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

عند تحديد قيمة كل من معامل المحصول اليومية وقيمة ET_0 يمكن حساب ET_c الذي يمثل الاحتياج المائي اليومي الفعلي للنبات.

وهنا يُؤخذ بعين الاعتبار معامل المحصول المفرد k_c أو معامل المحصول المزدوج الذي يعطى بالعلاقة التالية (FAO, 1998):

$$K_c = K_{cb} + K_e$$

$$ET_c = (K_{cb} + K_e) \times ET_0$$

حيث:

K_e: معامل تبخر ماء التربة

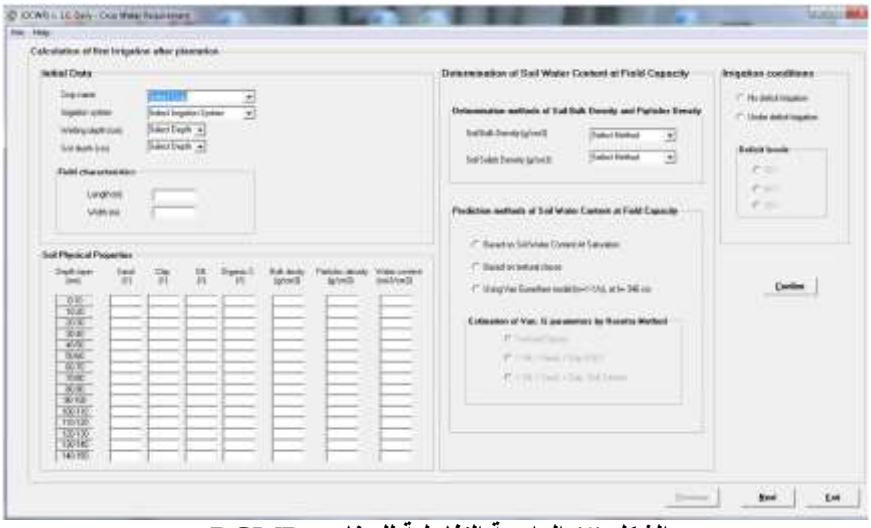
K_{cb}: معامل المحصول الأساسي (basal crop coefficient)

بينما تقوم جدولة الري على مبدأ أن لا تتجاوز كمية المياه المفقودة التراكمية بالتبخر– نتح الفعلي (ET_c) كمية الماء المتاحة بسهولة للنبات في منطقة انتشار الجذور (كمية الماء المتاحة هي الفرق بين كمية الماء عند السعة الحقلية Field capacity وعند نقطة الذبول المؤقتة temporary wilting point).

الخواص العامة للبرنامج DCWR:

1 – واجهة العمل التفاعلية:

للبرنامج DCWR واجهة عمل تفاعلية واضحة تسمح للمستخدم بإدخال المدخلات (Inputs) بكل سهولة ويسر. ومن أجل تبيسط استخدام البرنامج تمّ العمل على جمع عدد كبير من نوافذ ادخال المعطيات ضمن واجهة عمل واحدة كما يبين الشكل (1).



الشكل (1) الواجهة التفاعلية للبرنامج DCWR

2 – ميزات البرنامج:

يمتلك البرنامج DCWR الميزات التالية التي تجعله واحداً من أهم البرامج التي تُستخدم في مجال علوم التربة والري.

- يمتلك البرنامج واجهة عمل تفاعلية سهلة الاستخدام وغير معقدة وهي تضم عدة نوافذ ادخال وإخراج للبيانات.
- يوجد طيف واسع من طرائق القياس التي تتيح للمستخدم إمكانية اختيار الطريقة حسب المعطيات المتاحة للمستخدم وخاصةً طرائق قياس التبخر– نتح المرجعي (ET_0) ومعامل المحصول والخواص الفيزيائية والمائية للتربة.
- الدقة في دراسة خواص التربة على مستوى الطبقة الواحدة انطلاقاً من سطح التربة حتى العمق 150 سم وبمعدل 10سم لكل طبقة، مما ينعكس ذلك على الدقة في حساب الاحتياج المائي للنبات وكمية مياه الري.

- يقوم بالتنبؤ بقيمة معامل المحصول اليومية خلال فترتي تطور النبات ومرحلة النمو الأخيرة بالاعتماد على عمر النبات.
- إمكانية حساب الاحتياج المائي للنبات وكمية مياه الري تحت ظروف الري الناقص (deficit irrigation).
- يمكن للمستخدم اختيار نظام الري المناسب (Irrigation system) من بين 9 أنظمة ري متوفرة في البرنامج.
- إمكانية قيام المستخدم بمقارنة طرائق القياس مع بعضها البعض للوقوف على فاعلية هذه الطرائق بالنسبة للطريقة المرجعية المعتمدة.
- جدولة عملية الري انطلاقاً من يوم واحد حتى عشرين يوماً كفترة زمنية بين الريات، وإمكانية تحديد كمية مياه الري اللازمة للرية الأولى بعد الزراعة للوصول إلى محتوى التربة الرطوبي عند السعة الحقلية للتربة حتى عمق 150سم.
- يحتوي البرنامج على قاعدة بيانات (Database) كبيرة جداً تتعلق بخواص التربة وخواص النبات وكما تحتوي على عدد كبير من المعادلات والنماذج الرياضية المعتمدة عالمياً في علوم التربة.
- تحديد عمق الجذور النباتية

3 – طريقة استخدام البرنامج:

يتم العمل في هذا البرنامج بعدة خطوات:

أولاً– ادخال المعطيات الأولية (Initial data) الخاصة بنوع النبات المزروع ونظام الري المستخدم وخواص الحقل الشكل (1) كالآتي:

- اسم النبات المزروع (Crop name): يضم البرنامج 33 نوعاً من النباتات تضم الخضار الصيفية والشتوية بأنواعها المختلفة والنباتات الحبية.

- عمق الترطيب (Wetting depth): هو العمق المرغوب لإيصال مياه الري له ويتراوح بين 0 و150 سم بمعدل 5 سم كفرق بين الأعماق.
- العمق الكلي لمقطع التربة (Soil depth): ويتراوح بين 0 و150 سم من عمق التربة. ويجب أن يكون عمق المقطع أكبر من عمق الترطيب.
- خواص الحقل (Field characteristics): تضم طول الحقل المزروع وعرضه.

ثانياً– ادخال الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل المزروعة والخاصة بكل طبقة من طبقات التربة المزروعة، وهذه الخواص هي:

- النسبة المئوية لكل من الرمل والطين والسلت في التربة.
- النسبة المئوية لمحتوى التربة من الكربون العضوي (Organic C %).
- الكثافة الظاهرية للتربة (Bulk density, g/cm^3).
- كثافة المكونات الصلبة للتربة (الكثافة الحقيقة) (Solids density, g/cm^3).
- المحتوى الرطوبي الوزني للتربة (gravimetric water content, g/g)

ثالثاً– اختيار طريقة التنبؤ بالمحتوى الرطوبي الحجمي للتربة عند السعة الحقلية: وهنا أمام المستخدم ثلاثة طرائق من أجل التنبؤ بالمحتوى الرطوبي الحجمي عند السعة الحقلية وهي:

الطريقة الأولى: مبنية على قيمة المحتوى الرطوبي الحجمي عند الإشباع (Based on soil water content at saturation) (Henry, 1990).

الطريقة الثانية: مبنية على نوع قوام التربة والصف الذي ينتمي إليه (Based on textural class) حيث يوجد 12 صفاً لقوام التربة حسب مثلث قوام التربة الأمريكي (William, 1991).

الطريقة الثالثة: تعتمد على نموذج V. G (Van Genuchten et al., 1980) للتنبؤ بمنحنى احتفاظ التربة بالماء (soil water retention)0 عند اختيار هذه الطريقة لا بّد

للمستخدم أن يختار طريقة التنبؤ بمتغيرات معادلة Van Genuchten حسب نموذج Rosetta (Schaap et al., 2001؛ Parasuramam et al., 2006). وتُطبق معادلة Van Genuchten على فرض أن الجهد المائي الكلي للتربة عند السعة الحقلية هو 346 سم كقيمة وسطى لكل أنواع الترب. ويوجد ثلاثة طرائق للتنبؤ بهذه المتغيرات وهي:

- بالاعتماد على نوع قوام التربة والصف الذي ينتمي إليه (Textural class).
- بالاعتماد على النسب المئوية لكل من السلت والرمل والطين.
- بالاعتماد على النسب المئوية لكل من السلت والرمل والطين وقيمة الكثافة الظاهرية للتربة.

تعتمد هذه الطرائق الثلاثة على استخدام معادلات تُسمى pedotransfer functions أو (PTFS). وتعتمد هذه المعادلات على بعض خواص التربة المختلفة مثل التركيب الميكانيكي، الكثافة الظاهرية، محتوى التربة من الكربون العضوي (Obiero et al., 2013).

رابعاً– تحديد ظروف الري:

أي هل تتم الزراعة تحت ظروف الري الكامل أو الري الناقص بالنسبة للمحتوى الرطوبي الحجمي للتربة عند السعة الحقلية. في حالة الري الناقص فعلى المستخدم اختيار مستوى الري الناقص الذي يتمثل في ثلاث قيم هي 90، 80، 70 %. كما يتمّ اختيار الفترة بين الريات وإدخال كمية الهطول المطري.

خامساً– تحديد طرائق حساب التبخر–نتح المرجعي (ET_0): وهذه الخطوة تتم على مرحلتين (الشكل 2):

المرحلة الأولى: في هذه المرحلة يجب على المستخدم ادخال المعلومات الخاصة بالمنطقة التي يقع فيه الحقل المزروع وهذه المعلومات هي:

- ارتفاع المنطقة عن سطح البحر (Altitude).
- احداثيات المنطقة بالنسبة لخطوط العرض (Latitude) معبراً عنها بالدرجة (Degrees) والدقائق (Minutes).

المرحلة الثانية: وهي اختيار طريقة حساب التبخر–نتح المرجعي (ET_0). وهنا يملك المستخدم إمكانية الاختيار بين طرائق مختلفة ومعتمدة عالمياً لحساب (ET_0) وهي:

1- طريقة (بنمان- منتيث) FAO- Penman Monteith:

وهي طريقة مناخية لحساب معدل التبخر–نتح المرجعي (ET_0). وفي حال اختيارها أمام المستخدم اختياران إمّا المعادلة الكاملة (Full equation) أو المعادلة المختصرة (Hargreaves equation) لحساب ET_0 (FAO, 1998). ويتّم اعتماد المعادلة الكاملة في حال توفر كافة المعطيات المناخية المطلوبة لحساب ET_0.

وتُعطى المعادلة الكاملة بالعلاقة التالية:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

R_n: الإشعاع الشمسي الصافي عند سطح النبات ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)

G: تدفق حرارة التربة ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)

T: متوسط درجة حرارة الهواء اليومية على ارتفاع 2 م عن سطح التربة (C°).

u_2: سرعة الرياح على ارتفاع 2 م عن سطح التربة (م/ثا).

e_s: ضغط بخار الماء المشبع (كيلوباسكال).

e_a ضغط بخار الماء الفعلي (كيلوباسكال).

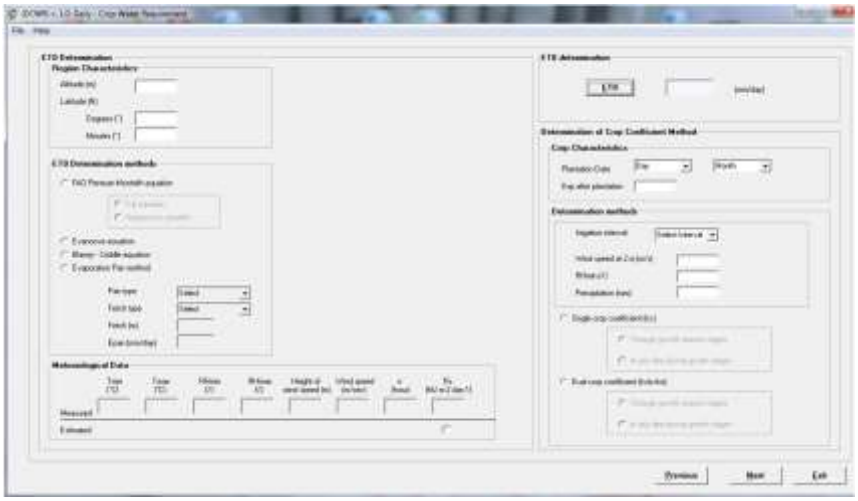
Δ: ميل منحنى ضغط البخار (كيلوباسكال/درجة مئوية).

γ: ثابت البسيكرومتر psychrometric constant (كيلوباسكال / C°).

عند اختيار المعادلة العامة يجب ادخال المعطيات المناخية التالية:

- متوسط درجة الحرارة اليومية الدنيا (T_{min}) ومتوسط درجة الحرارة اليومية القصوى (T_{max}) معبراً عنهما بالمقياس المئوي (C°).

- متوسط الرطوبة الجوية الدنيا (RH_{min}) ومتوسط الرطوبة الجوية القصوى (RH_{max}) معبراً عنهما كنسبة مئوية.
- الارتفاع الذي تقاس عنده سرعة الرياح (m).



الشكل (2) الواجهة الخاصة بطرائق حساب التبخر–نتح المرجعي (ET_0)

- سرعة الرياح السائدة (m/sec)
- عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلية (n).
- الإشعاع الشمسي الصافى اليومي الكلي (R_S) معبراً عنه بالواحدة ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$).

يتّم الحصول على هذه المعطيات المناخية من أقرب محطة مناخية للمنطقة المدروسة، وفي حال عدم توفر قيمة الإشعاع الشمسي الصافى (R_S) فيمكن للمستخدم التنبؤ بالقيمة من خلال تأكيد الاختيار (Estimated).

أمّا في حال وجود نقص بالمعطيات المناخية وخاصةً عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلية (n) وقيمة الإشعاع الشمسي الصافي اليومي الكلي (R_S). يجب على المستخدم اختيار المعادلة المختصرة (Hargreaves equation) لحساب ET_0 والتي تُعطى بالعلاقة التالية:

$$ET_0 = 0.0023(T_{mean} + 17.8)(T_{\max} - T_{\min})^{0.5}.R_a$$

T_{mean}: متوسط درجة الحرارة اليومية (C°).

R_a: الأشعاع الكوني (Extraterrestrial radiation) ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$).

2– طريقة (إيفانوف) Evanoove equation:

وتتطلب هذه الطريقة فقط المعطيات المناخية الخاصة بكل من متوسط درجة الحرارة اليومية الدنيا (T_{min})، متوسط درجة الحرارة اليومية القصوى (T_{max})، متوسط الرطوبة الجوية الدنيا (RH_{min}) ومتوسط الرطوبة الجوية القصوى (RH_{max}). وتُعطى معادلة Evanoove (FAO, 1977) بالعلاقة التالية:

$$ET_0 = \left[0.0018(25+T)^2(100-H)\right]/N$$

حيث:

T: متوسط درجة حرارة الهواء الشهرية (C°).

H: متوسط الرطوبة النسبية الشهرية (%). N: عدد أيام الشهر.

3– طريقة (بلاني–كريدل) Blaney-Criddle equation:

وتعتمد هذه الطريقة في حساب ET_0 اليومية فقط على متوسط درجة الحرارة اليومية الدنيا (T_{min}) ومتوسط درجة الحرارة اليومية القصوى (T_{max}). وتُعطى معادلة Blaney-Criddle (FAO, 1977) بالعلاقة التالية:

$$ET_0 = \frac{K.T.P}{100N}$$

حيث:

K: معامل التبخر– نتح الموسمي أو عامل الاستنزاف (depletion factor)، وهو قيمة عديمة الواحدة تتعلق بنوع النبات المدروس. وتضم قاعدة البيانات الخاصة بالبرنامج كل قيم عامل الاستنزاف الخاصة بالنباتات.

T: متوسط درجة حرارة الهواء الشهرية (F°).

P: متوسط النسبة المئوية الشهرية لعدد ساعات الضوء السنوية، وهي قيم تتغير تبعاً لخطوط العرض (latitudes). ويُعّبر عن قيم ET_0 في هذه المعادلة بالإنش.

4– طريقة (حوض التبخر) Evaporation Pan method:

ويتم حساب ET_0 وفق هذه الطريقة بالمعادلة التالية (FAO, 1977, 1998):

$$ET_0 = K_p \times E_{pan}$$

حيث:

K_p: معامل حوض التبخر (عديم الواحدة).

E_{pan}: تبخر الحوض (mm/day).

عند اختيار هذه الطريقة يجب على المستخدم ادخال المعطيات التالية:

– نوع حوض التبخر (Pan type): النوع A أو الحوض من النوع Colorado

– نوع المنطقة المحيطة بالحوض (Fetch type): منطقة خضراء (Green) أو منطقة جافة (Dry).

– المسافة بين الحوض والمحيط الخارجي للمنطقة المحيطة بالحوض (Fetch) معبراً عنها بالمتر.

– ثابت حوض التبخر (E_{pan}) معبراً عنه (mm/day)

بالإضافة لإدخال المعطيات المناخية التالية:

- متوسط الرطوبة الجوية الدنيا (RH_{min}) ومتوسط الرطوبة الجوية القصوى (RH_{max}) معبراً عنهما كنسبة مئوية.
- الارتفاع الذي تقاس عنده سرعة الرياح (m).
- سرعة الرياح السائدة (m/sec)

سادساً– اختيار طريقة تحديد معامل المحصول (k_c) (FAO, 1998):

يتم أولاً تحديد خواص النبات (crop characteristics) المزروع وهي:

- تاريخ الزراعة
- عمر النبات

وقبل أن يُحدد المستخدم طريقة تحديد معامل المحصول (k_c) لا بدّ أن يحدد ما يلي:

- الفترة بين الريات (irrigation interval)
- سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر.
- متوسط الرطوبة الجوية الدنيا (RH_{min})
- كمية الهطول المطري

ويوجد بشكل عام طريقتان لتحديد معامل المحصول (FAO, 1998) وهما:

1– طريقة معامل المحصول المفرد (k_c) (single crop coefficient)

2– طريقة معامل المحصول المزدوج ($k_{cb}+k_e$) (Dual crop coefficient)

وفي كلا الطريقيتن يمتلك المستخدم إمكانية الاختيار لحساب معامل المحصول من خلال مراحل نمو النبات (Through growth season stages) أو أي وقت خلال موسم النمو (At any time Through growth season stages).

4- مخرجات البرنامج DCWR:

من أهم مخرجات هذا البرنامج الشكل (3) هي كمية مياه الري اللازمة من أجل الرية الأولى وذلك للوصول بالتربة إلى محتواها الرطوبي عند السعة الحقلية حسب عمق الترطيب المدروس ويُعّبر عن تلك الكمية بثلاث طرق وهي:

i. عمق الري (irrigation depth): وهي كمية مياه الري معبراً عنها كإرتفاع عمود الماء (mm).

ii. عمق الري الفعّال (effective irrigation depth): وهي كمية مياه الري الفعّالة حسب طريق الري المعتمدة معبراً عنها كإرتفاع عمود الماء (mm).

iii. كمية مياه الري اليومية الكلية (m^3) الواجب اضافتها لكامل الحقل المزروع.

أمّا كمية مياه الري اليومية الواجب اضافتها خلال موسم النمو فيُعّبر عنها أيضاً بطريقتين:

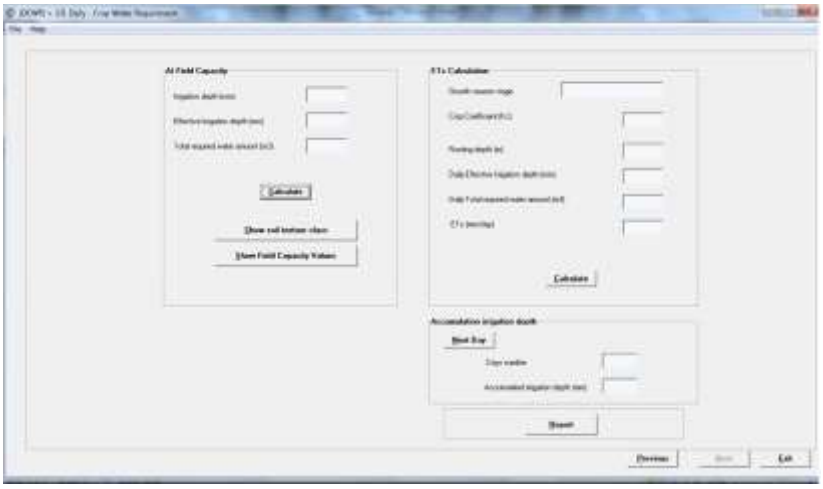
i. عمق الري الفعّال (effective irrigation depth): وهي كمية مياه الري اليومية الحقيقة الواجب اضافتها للتربة معبراً عنها كإرتفاع عمود الماء (mm).

ii. كمية مياه الري اليومية الكلية (m^3) الواجب اضافتها لكامل الحقل المزروع.

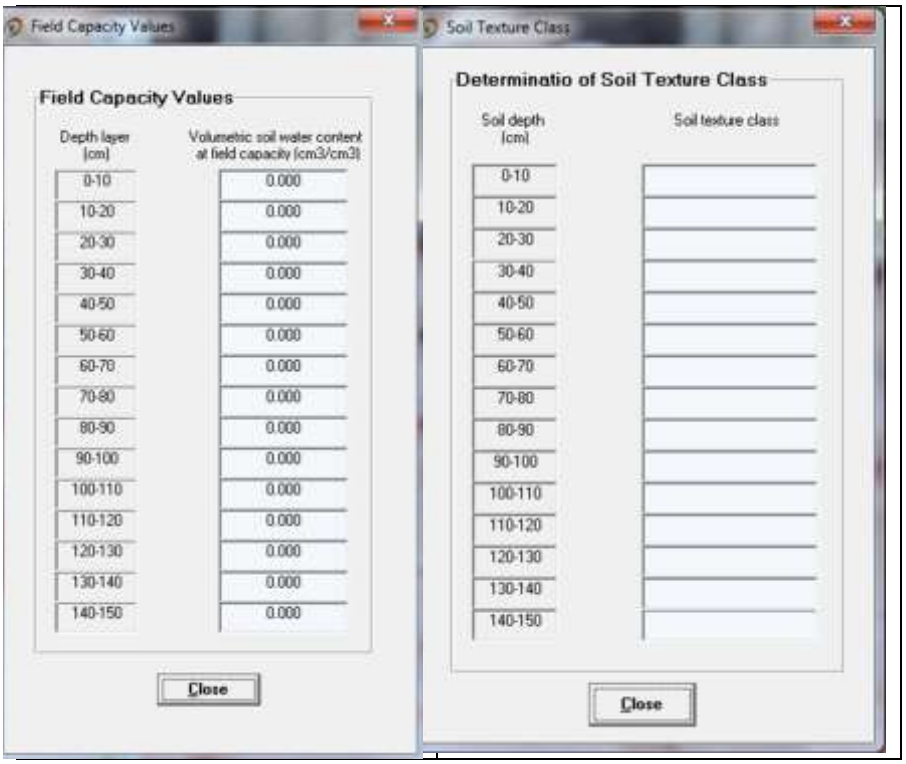
أمّا فيما يتعلق بالنبات فمن أهم المخرجات:

- مرحلة نمو النبات (growth season stage)
- قيمة معامل المحصول (k_c)
- العمق الجذري (rootting depth): وهو عمق الجذور النباتية عند العمر المحدد للنبات (m).
- قيمة معدل التبخر-نتح الفعلي (ET_C) معبراً عنه (mm/day)

ومن المخرجات أيضاً المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة عند السعة الحقلية ونوع قوام التربة المدروسة حسب مثلث القوام الأمريكي كما يبين الشكل (4).



الشكل (3) مخرجات البرنامج DCWR



الشكل (4) نافذتي قيم المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة عند السعة الحقلية وقوام التربة لطبقات التربة المدروسة

كما يمتلك البرنامج إمكانية الحصول على تقرير كامل يتضمن كل قيم المدخلات والمخرجات خلال العمل وإمكانية طباعته.

التوصيات

صُمّم البرنامج DCWR من أجل حساب الاحتياج المائي اليومي والتراكمي للنبات بالاعتماد على كل من قيمة معامل المحصول اليومية (k_c) وقيمة التبخر–نتح المرجعية

اليومية (ET0). يمتلك البرنامج مجموعة من الميزات التي تجعله واحداً من أهم البرامج التي تُستخدم في مجال علوم التربة والري، كما يحتوي على قاعدة بيانات كبيرة جداً تتعلق بخواص التربة وخواص النبات ويعتمد كذلك على عدد كبير من المعادلات والنماذج الرياضية المعتمدة في علوم التربة. يمكن في إصدارات لاحقة تطوير البرنامج على مستوى كل من الاحتياج المائي للنبات وخواص التربة.

فيما يتعلق بتقدير الاحتياج المائي للنبات يمكن العمل على مايلي:

- استخدام قيم مسجلة سابقاً للتبخر نتح المرجعي (ET_0) من المحطات المناخية.
- تطبيق معادلة الميزان المائي للتربة soil water balance لقياس الاحتياج المائي الفعلي حقلياً وذلك من خلال مجموعة من أجهزة حقلية لقياس رطوبة التربة وتوزع جهودها المائية في منطقة انتشار الجذور النباتية.

وبالنسبة لخواص التربة يمكن أيضاً تطوير ما يلي:

- استخدام نماذج رياضية جديدة أكثر دقة مثل نماذج Pedotransfer functions models أو الاستفادة من تطبيقات شبكة الذكاء الاصطناعي Artificial Neural Networks models في دراسة خواص التربة وتقدير خواصها الهيدروديناميكة. واعتماد طرائق مختلفة ضمن قاعدة البيانات لحساب كمية الامطار الفعّالة.

References

Anshu G, Nayak T.R., Singh R.M and Ashutosh Singh (2017). Estimation of crop Water Requirement Using CROPWAT 8.0 Model For Bina Command, Madhya Pradesh. Indian journal of Ecology. 44 (Spacial Issue-4): 71-76.

Bardhan. G., Chaudhari. S.K and Mohapatra. P.K. 2007. Effect of Irrigation Water Quality on Saturated Hydraulic Conductivity of Typic Haplustert, Vertic Haplustept, and Lithic Ustorthent Soils. J. Agric. Physics. 7: 38-46.

Crosby, CT (1996) "SAPWAT 1.0 - A computer program for estimating irrigation requirements in Southern Africa," WRC Report No.379/1/96.

FAO, (1992) "CROPWAT a computer program for irrigation and management", FAO Irrig and Drainage Paper No 46, FAO, Rome.

FAO, (1977). Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and drainage paper No.24.FAO, Rome.

FAO, (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements", FAO Irrig. and Drainage Paper No 56, FAO, Rome.

Henry, D Foth. 1990. Fundamentals of soil sciences (Book), chapter 5: soil water, pp: 54-72.

Hillel, D. 1998. Environmental soil physics (Book), chapter 7: Flow of water in saturated soil, pp: 173-201.

Linker, R., Ioslovich, I., Sylaios, G., Plauborg, F., Battilani, A., 2016. Optimal model-based deficit irrigation scheduling using AquaCrop: a simulation study with cotton, potato and tomato. Agric. Water Manag. 163, 236–243.

Ma, L., Ahuja, L., Nolan, B., Malone, R., Trout, T., Qi, Z. (2012). Root zone water quality model (RZWQM2): model use, calibration, and validation. Trans. ASABE 55, 1425–1446.

Maier, N., Dietrich, J., 2016. Using SWAT for strategic planning of basin scale irrigation control policies: a case study from a humid region in Northern Germany. Water Resour. Manage 30, 3285–3298.

Marinus G.B., Rob A.L.K., Richard. G.A and David J. Molden (2014). Water requirements for Irrigation and the Environment (Book). Chapter 3: Using the CRIWAR Softwarw, pp: 143-165

Musa, J.J., Ebierni A.O., Musa, M.T., Dada, P.O.O., Obasa, P. and Guilo, S.(2020). Analysis of Soil Water Characteristic and Water Stress Estimates using the Soil-Plant-Air-Water (SPAW) Model. African Journal of Agriculture, Technology and Environment Vol. 9(1): 97-106.

Obiero. J. P. O., Gumbe. L. O., Christian. T. Omuto, Mohammed A Hassan,

Januarius O. Agullo. 2013. Development of Pedotransfer Functions for Saturated Hydraulic Conductivity. Open Journal of Modern Hydrology, 3: 154-164

Parasuraman. K., Elshorbagy. A., and Bing Si Cheng. 2006. Estimating Saturated Hydraulic Conductivity In Spatially Variable Fields Using Neural Network Ensembles. Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1851–1859

Saseendran, S.A., Trout, T.J., Ahuja, L.R., Ma, L., McMaster, G.S., Nielsen, D.C.,

Andales, A.A., Chávez, J.L., Ham, J., 2015. Quantifying crop water stress factors from soil water measurements in a limited irrigation experiment. Agric. Syst. 137, 191–205..

Schaap M.G., Leij F.J., and van Genuchten M.Th., 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. J. Hydrol., 251:163-176.

Seidel, S.J., Werisch, S., Barfus, K., Wagner, M., Schütze, N., Laber, H., (2016).

Field evaluation of irrigation scheduling strategies using a mechanistic crop growth model. Irrig. Drain. 65, 214–223.

Surendran U, Sushanth CM., Mammen G., and Joseph EJ (2015). Modelling the crop water requirement using FOW-CROPWAT and assessment of water resources for sustainable water resources management. Coastal and Ocean Engineering, Aquatic Procedia 4: 1211-1219.

USDA (United States Department of Agriculture) (2016). http://www.ars.usda.gov

Van Genuchten, M. Th., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 892-898.

William, A. J. (1991). Soil Physics. (Book) fifth edition. Chapter 1. Pages: 1-32.

Zhe G, Zhiming Q, Liwang M, Dongwei G, Junzeng X, Quanxiao F, Shouqi Y, Gary F. (2017): Development of an irrigation scheduling software based on model predicted crop water stress. Computers and Electronics in Agriculture 143: 208–221.

تاريخ الموافقة 2021/03/03