المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة – أكساد

مشروع تعزيز الأمن الغذائي والمائي من خلال التعاون وتنمية القدرات في المنطقة العربية

دليل المستخدم

للنموذج الرياضي AcquaCrop

نسخة نهائية

يتم تنفيذ أنشطة المشروع بدعم من:

دليل المستخدم

للنموذج الرياضي AcquaCrop

2017

فريق العمل من المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة – أكساد:

- الدكتور ايهاب جناد — مدير إدارة الموارد المائية في المركز العربي
- الدكتور خالد حيدر — خبير موارد مائية ونمذجة رياضية
- المهندس مازن نعمان — خبير موارد مائية ونمذجة رياضية

المحتويات

تشغيل البرنامج Running AquaCrop 1
1.2 بيئة البرنامج The AquaCrop environment 1
2.2 القائمة الرئيسية Main Menu 2
3.2 الإعدادات الافتراضية عند البداية Default setting at start 3
1.3.2 المدخلات المختارة 3
4.2 اختيار ملفات الإدخال والتراجع عن الاختيار Selecting input files and undoing the selection 4
1.4.2 اختيار ملف Selecting a file 4
2.4.2 التراجع عن الاختيار Undo the selection 4
5.2 عرض وتحديث خصائص المدخلات Displaying and updating input characteristics 5
1.5.2 عرض البيانات المدخلة Displaying input data 5
2.5.2 تحديث البيانات المدخلة Updating input data 5
6.2 إنشاء ملفات الإدخال Creating input files 6
1.6.2 أمر الحفظ على القرص The save on disk command 6
2.6.2 الأمر حفظ باسم The save as command 6
3.6.2 إنشاء ملف Create file 6
7.2 الخروج وإغلاق القائمة To exit and close a menu 12
مرجعية القائمة Menu reference 13
8.2 البنية الهرمية للقوائم Hierarchical structure of the menus 13
1.8.2 لوحة البيئة والمحصول (القائمة الرئيسية)(main menu) Environment and crop panel 13
2.8.2. لوحة المحاكاة (القائمة الرئيسية) Simulation panel (Main menu) 16
9.2 البيانات المناخية Climatic data 19
1.9.2 البيانات المناخية التي يحتاجها AquaCrop 19
2.9.2 إنشاء ملفات درجة الحرارة والتبخر-نتح المرجعي والهطول المطري Creating air temperature, ETo and rainfall files: 20
3.9.2 ملفات ثاني أكسيد الكربون CO2 29
4.9.2 إنشاء ملف مناخي 30
5.9.2 استعراض وتعديل البيانات المناخية وتصدير البيانات المجمعة Display and update of climatic data and export of aggregated data 31
6.9.2 إعدادات البرنامج Program Settings 35
10.2 خصائص المحصول Crop Characteristics 35
1.10.2 بارامترات المحصول Crop Parameters 35
2.10.2 ضبط بارامترات المحصول Tuning of crop parameters 39
3.10.2 قائمة خصائص المحصول Crop characteristics menu 43
4.10.2 الوصف Description 45
5.10.2 النمط (الطريقة)Mode 46

6.10.2 التطور (النمو)Development 48
7.10.2 البخر-نتح Evapotranspiration 59
8.10.2 الإنتاج Production 62
9.10.2 الإجهاد المائي Water stress 67
10.10.2 الإجهاد الحراري (إجهاد درجة الحرارة) Temperature stress 83
11.10.2 إجهاد خصوبة التربة Soil fertility stress 87
12.10.2 معايرة إجهاد خصوبة التربة Calibration for soil fertility stress 90
13.10.2 إجهاد ملوحة التربة Soil Salinity stress 97
14.10.2 معايرة إجهاد ملوحة التربة Calibration for soil salinity stress 101
15.10.2 التقويم (الجدول الزمني) Calendar 110
16.10.2 إعدادات البرنامج Program settings 111
11.2 بداية دورة النمو Start of the growing cycle 112
1.11.2 تاريخ محدد Specified date 112
2.11.2 بداية مولدة Generated onset 112
12.2 إدارة الري Irrigation management 116
1.12.2 بدون ري (المحاصيل البعلية) No irrigation (rainfed cropping) 116
2.12.2 تحديد احتياج الري الصافي Determination of net irrigation water requirement 117
3.12.2 جدول الري (عمليات الري المحددة) Irrigation schedule (specified events) 117
4.12.2 إعداد جداول ري Generation of irrigation schedules 118
5.12.2 طريقة الري Irrigation method 122
6.12.2 نوعية مياه الري Irrigation water quality 122
13.2 إدارة الحقل Field management 123
1.13.2 خصوبة التربة Soil fertility 123
2.13.2 تغطية التربة (تغطية عضوية أو بلاستيكية) Mulches 125
3.13.2 إجراءات تشكيل الحقل Field surface practices 126
4.13.2 غزو الأعشاب الضارة Weed infestation 130
5.13.2إعدادات البرنامج Program Settings 135
14.2 خصائص مقطع التربة Soil profile characteristics 136
1.14.2 طبقات التربة وخصائصها الفيزيائية Soil horizons and their physical characteristics 136
2.14.2 القيم الإرشادية لخصائص التربة الفيزيائية Indicative values for soil physical characteristics 141
3.14.2 خصائص الطبقة السطحية للتربة Characteristics of the soil surface layer 142
4.14.2 الارتفاع الشعري Capillary rise 144
5.14.2 إعدادات البرنامج Program settings 145
15.2 خصائص المياه الجوفية Groundwater characteristics 146
1.15.2 العمق والملوحة الثابتان Constant depth and salinity 146
2.15.2 الخصائص تتغير خلال السنة (السنوات) Characteristics vary throughout the year(s) 146
16.2 فترة النمذجة (المحاكاة) Simulation period 150

1.16.2 تحديد مجال فترة المحاكاة Specifying the range of the simulation period.....150
2.16.2 يوم البداية لفترة المحاكاة Starting day of the simulation period.....150
3.16.2 بداية حارة ضمن دورة النمو Hot start within the growing cycle 151
17.2 الشروط الأولية Initial conditions.....152
1.2.17 المحتوى الأولي للمياه في التربة Initial soil water content 152
2.17.2 المياه بين سدات التربة (الأحواض) Water between soil bunds.....154
3.17.2 تطور المحصول والإنتاج الابتدائيين Initial crop development and production.....154
4.17.2 احفظ/أعد تعيين الشروط الابتدائية Keep/Reset initial conditions.....156
5.17.2 بداية حارة ضمن دورة النمو Hot start within the growing cycle 157
6.17.2 إعدادات البرنامج Program settings.....160
18.2 الشروط المسيطرة خارج موسم النمو Off season Conditions 162
1.18.2 تغطية التربة في خارج الموسم Mulches in the Off-season.....162
2.18.2 عمليات الري في خارج الموسم Irrigation events in the off-season.....163
19.2 خصائص المشروع Project characteristics.....164
1.19.2 مشاريع التشغيل الواحد ومشاريع التشغيل المتعدد Single run and multiple run projects 165
2.19.2 بنية ملف المشروع Structure of project files 165
3.19.2 اختيار وإنشاء مشروع Selecting and creating a project.....167
4.19.2 تشغيل AquaCrop في وضع المشروع project mode.....170
5.19.2 تعديل خصائص المشروع Updating project characteristics:.....170
6.19.2 تشغيل سلسلة محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو بمساعدة المشروع 172
20.2 البيانات الحقلية Field data.....173
1.20.2 إنشاء ملفات بينات حقليةfield data files 173
2.20.2 خصائص البيانات الحقلية Field data characteristics.....174
21.2 تشغيل المحاكاة (النمذجة) Simulation run.....175
1.21.2 مباشرة المحاكاة Launching the simulation.....175
2.21.2 عرض نتائج المحاكاة Display of simulation results.....175
3.21.2 خيارات لوحة التحكم Options in control panel 185
4.21.2 المخرجات العددية Numerical output 185
5.21.2 تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results.....186
6.21.2 تعديل النتائج عند تشغيل المحاكاة Updating results when running a simulation.....192
7.21.2 ملفات الإخراج Output files.....195
2.22 تقييم نتائج المحاكاةEvaluation of simulation results 198
1.22.2 الغطاء النباتي الأخضر (CC)-الخطوة الأولى Green canopy cover (CC) – Step 1:.....198
2.22.2 نتح المحصول (Tr) الخطوة الثانية Crop transpiration (Tr) – Step 2.....199
3.22.2 انتاج الكتلة الحيوية فوق الأرض الخطوة الثالثة Above-ground biomass production (B)Step 3..201
4.22.2 غلة المحصول (Y) الخطوة الرابعة Crop yield (Y) – Step 4 201
23.2 ملفات المدخلات Input files.....202

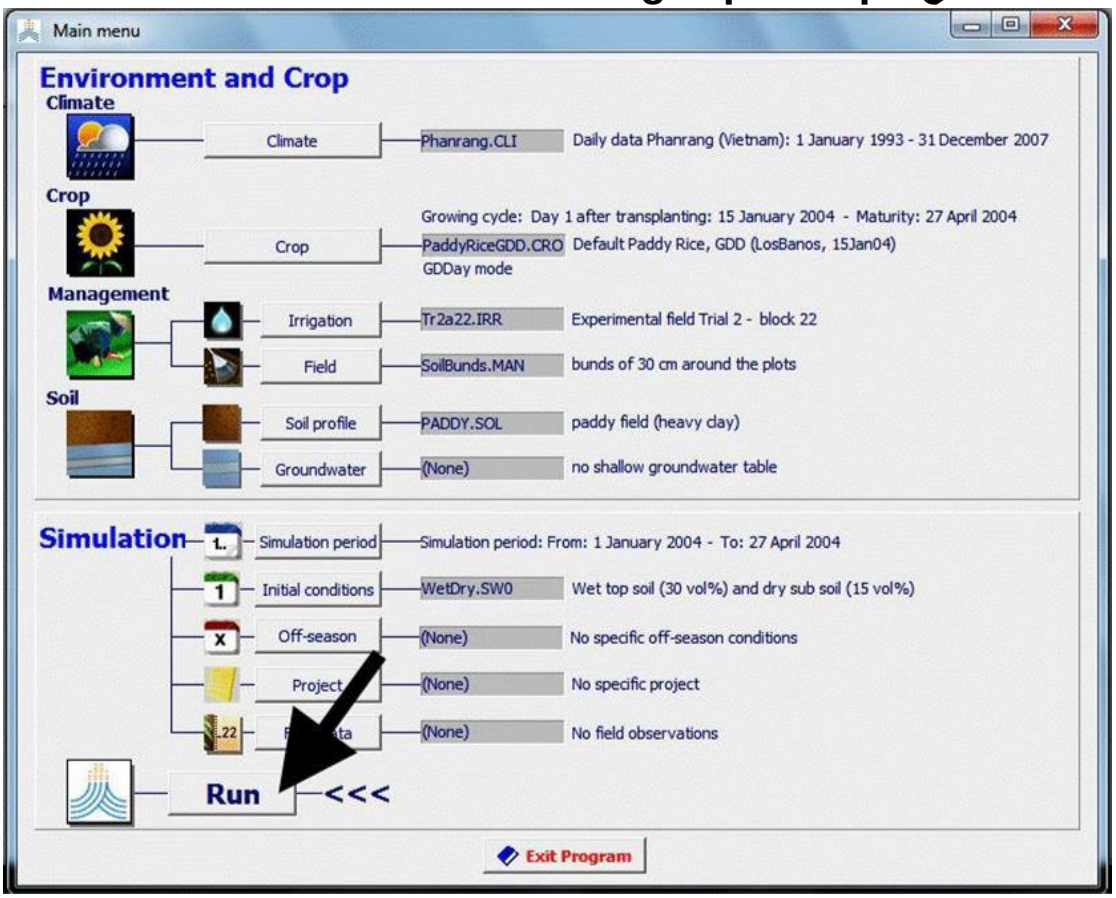
1.23.2 ملف المناخ (*.CLI) Climate file 204
2.23.2 ملفات الحرارة والبخر-نتح المرجعي والهطول المطري 204
3.23.2 ملف غاز ثاني أوكسيد الكربون (*.CO2) CO2 files 207
4.23.2 ملف المحصول (*.CRO) Crop file 210
5.23.2 ملف الري (*.CRO) Irrigation file 211
6.23.2 ملف إدارة الحقل (*.MAN) Field management file 211
7.23.2 ملف مقطع التربة (*.SOL) Soil profile file 211
8.23.2 ملف المياه الجوفية (*.GWT) Groundwater file 211
9.23.2 ملف الشروط الأولية (*.SW0) File with initial conditions 211
10.23.2 ملف الشروط خارج الموسم (*.OFF) File with off-season conditions 211
11.23.2 ملف مشروع مفرد أو متعدد (*.PRO and*.PRM) Single and Multiple run Project file 211
12.23.2 ملف بيانات حقلية (*.OBS) 12 File with field data 211
13.23.2 ملف نصي لبيانات مناخية (*.TXT) Text files with climatic data 211
24.2 ملفات إعدادات البرنامج Files with program settings 212
25.2 ملفات الإخراج Output files 212
1.25.2 متحولات مدخلات المناخ Climate input variables 212
2.25.2 تطور وإنتاج المحصول Crop development and production 213
3.25.2 موازنة مياه التربة Soil water balance 215
4.25.2 محتوى مياه التربة (المقطع ومنطقة الجذر) Soil water content (profile and root zone) 216
5.25.2 ملوحة التربة (المقطع مع منطقة الجذر) Soil salinity (profile and root zone) 217
6.25.2 محتوى مياه التربة (الحُجرات) Soil water content (compartments) 219
7.25.2 ملوحة التربة (الحُجرات) Soil salinity (compartments) 220
8.25.2 احتياج الري الصافي Net irrigation requirement 221
9.25.2 المخرجات الموسمية (الفصلية) 222
10.25.2 تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results 223

AquaCrop

Users guide دليل المستخدم

Version 6.0

Running AquaCrop تشغيل البرنامج



1.2 بيئة البرنامج The AquaCrop environment

يتم تشغيل البرنامج باستخدام النوافذ (أو ما يسمى بالقوائم Menus) والتي تعتبر صلة الوصل بين المستخدم والبرنامج، حيث يستطيع المستخدم من خلال القائمة الرئيسية Main menu الوصول إلى مجموعة كاملة من القوائم المسؤولة عن عرض وتحديث البيانات المدخلة.

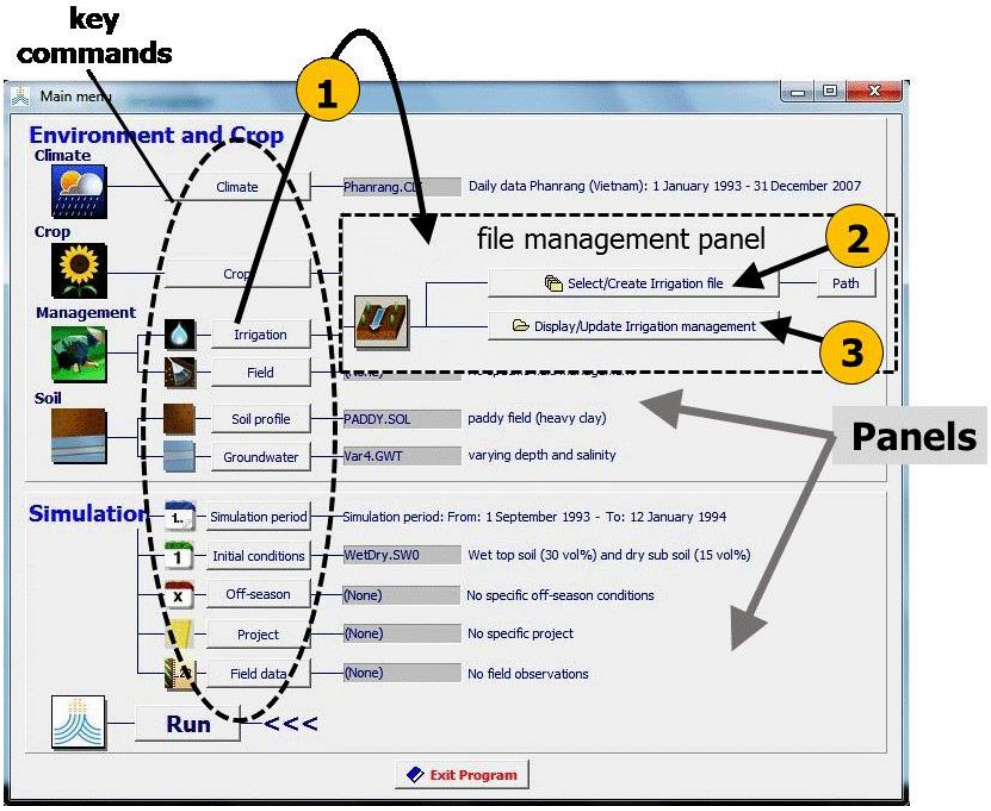
تتألف مدخلات البرنامج من بيانات الطقس والمحصول والري وإدارة الحقل والتربة والمياه الجوفية، حيث تحدد هذه البيانات البيئة التي سوف ينمو بها المحصول. بالإضافة لهذه المدخلات، يتطلب البرنامج بيانات عن تاريخ غرس أو بذار المحصول بالإضافة إلى طول الفترة الزمنية للمحاكاة والشروط الابتدائية عند بداية المحاكاة.

يقوم المستخدم قبل تشغيل البرنامج بتحديد تاريخ البذار، وفترة المحاكاة والشروط البيئية المناسبة، حيث يمكن الحصول على المدخلات الضرورية لعمل البرنامج من ملفات الإدخال Input files. أما في حال غياب ملفات الإدخال فإنه يتم الاعتماد على الإعدادات الافتراضية default settings. (القسم 2-3) يمكن للمستخدم أيضاً أن يختار ملف مشروع يحتوي على كل البيانات المطلوبة وملف بيانات حقلية يحتوي على قياسات حقلية من أجل تقييم نتائج المحاكاة.

عند تشغيل المحاكاة، يمكن للمستخدم تتبع التغيرات التي تحدث في محتوى المياه والأملاح في التربة والتغيرات المقابلة لها في نمو المحصول وفي معدل التبخر من التربة وفي معدل النتح من المحصول وفي إنتاج الكتلة الحيوية biomass production وفي تطور الغلة yield developmentوفي إنتاجية المياه للمحصول (غلة المحصول الناتجة عن كل متر مكعب من المياه المستهلكة) water productivity.

تسمح إعدادات البرنامج للمستخدم بأن يغير الإعدادات الافتراضية للبرنامج، لكن يمكن استخدام الأمر <Reset>للعودة إلى الإعدادات الافتراضية للبرنامج.

2.2 القائمة الرئيسية Main Menu



شكل (2-2): القائمة الرئيسة لبرنامج AquaCrop: باختيار أحد الأوامر المفتاحية (key commands)، يدخل المستخدم إلى لوحة إدارة الملفات (file management panel) حيث، (2) يمكن أن يختار أحد الملفات أو ينشئ ملفا أو (3) يمكن أن يستعرض ويعدل الخصائص المدخلة.

تتألف القائمة الرئيسية من لوحتين أو واجهتين Panels تعرض فيهما أسماء وتوصيفات الملفات المختارة (شكل 2.2):

لوحة البيئة والمحصول Environment and Crop

حيث يقوم المستخدم باختيار أو إنشاء ملف المناخ (درجة الحرارة والبخر-نتح المرجعي والهطول المطري وثاني أوكسيد الكربون CO2) وملف المحصول وملف إدارة الحقل وملف مقطع التربة وملف المياه الجوفية، واستعراض أو تحديث البيانات المقابلة.

لوحة المحاكاة Simulation

يقوم المستخدم هنا بتحديد فترة المحاكاة والشروط الابتدائية للمحاكاة والشروط السائدة في الفترة الواقعة خارج موسم النمو (Off-season conditions) وذلك عندما تتجاوز فترة المحاكاة فترة النمو.

بالإضافة لذلك يتم من خلال هذه اللوحة اختيار أو إنشاء أو تحديث ملفات المشاريع Project وملفات البيانات الحقلية Field data. وتشغيل المحاكاة للبيئة المحددة وملف المحصول وإعدادات المحاكاة.

3.2 الإعدادات الافتراضية عند البداية Default setting at start

1.3.2 المدخلات المختارة

عند تشغيل البرنامج فإنه يختار ملف التربة والمحصول بشكل افتراضي. أما بقية الملفات فلا يتم اختيارها (None). ففي حال غياب ملفات المناخ وإدارة الري وإدارة الحقل والمياه الجوفية والشروط الأولية والشروط السائدة خارج موسم النمو، يتم فرض مجموعة من الإعدادات الافتراضية (الجدول 3.2).

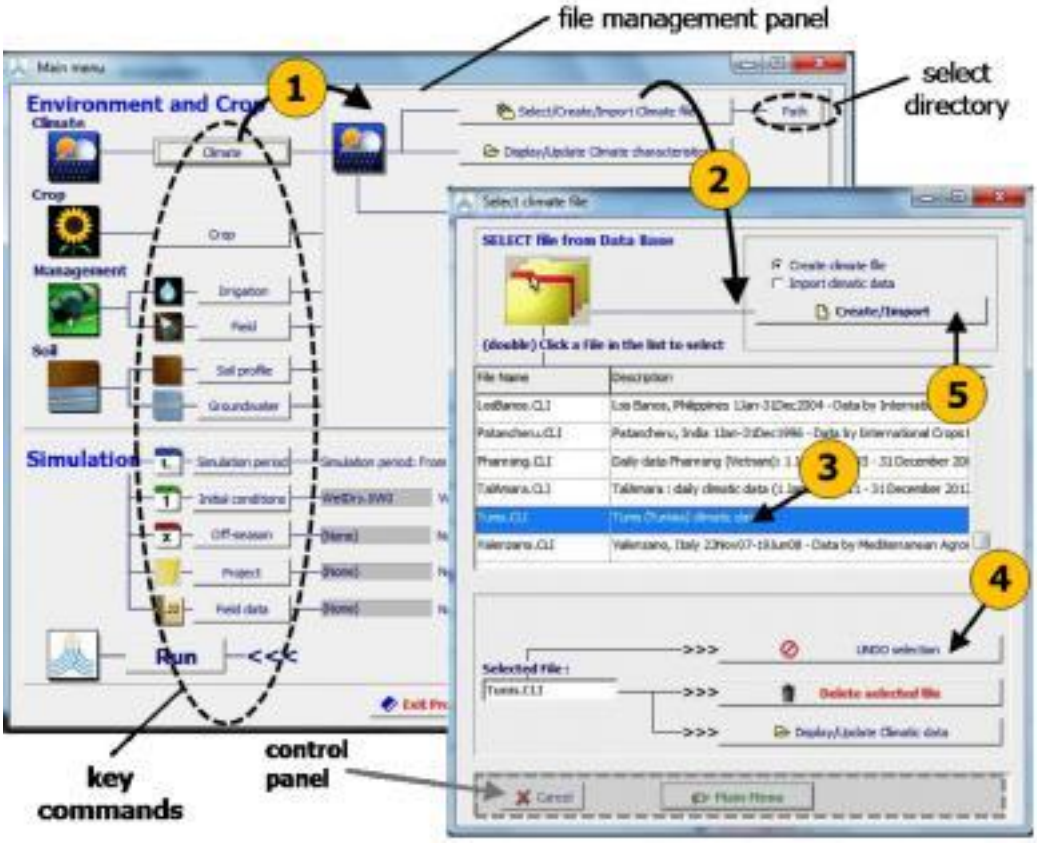
الجدول 3.2 الإعدادات الافتراضية المفترضة عند بداية تشغيل برنامج AquaCrop أو بعد إلغاء اختيار مشروع.

البيئة Environment	الملف File	الملاحظات Remarks
المناخ Climate	None	يتم خلال دورة نمو المحصول فرض قيم افتراضية لدرجة حرارة الهواء الدنيا والعظمى (انظر إلى القسم المخصص للمناخ Climate) وقيمة للبخر-نتح المرجعي تساوي 5 مم/ يوم، وأنه لا وجود للهطول المطري، وتفرض قيمة متوسطة لتركيز CO2 في الغلاف الجوي تساوي 369.47 جزء بالمليون (ppm). يبقى المستخدم قادرا، في حال تشغيل المحاكاة بدون ملف مناخ، على تحديد قيم للبخر -نتح المرجعي والهطول المطري غير القيم الافتراضية. يتم تحديد هذه القيم لكل يوم من أيام فترة المحاكاة في لوحة الإدخال في قائمة تشغيل المحاكاة Simulation run.
المحصول Crop	Default	بيانات محصول عام
إدارة الري Irrigation management	None	يفترض بأن المحاصيل بعلية Rainfed. يبقى تطبيق الري ممكنا عند تشغيل المحاكاة بهذه الطريقة، حيث يتم تحديد نوعية وكمية مياه الري المطبقة لكل يوم من أيام فترة المحاكاة في لوحة الإدخال في قائمة تشغيل المحاكاة Simulation run.
إدارة الحقل Field management	None	يفترض بأن خصوبة التربة غير محدودة، وأن الإجراءات على سطح التربة لا تؤثر على التبخر من التربة أو جريان المياه على سطحها.
التربة soil	Default	يفترض بأن التربة لومية عميقة Deep loamy soil
المياه الجوفية Groundwater	None	يفترض عدم وجود مياه جوفية قريبة من سطح الأرض.
المحاكاة Simulation	الملف File	الملاحظات Remarks
المدة (الفترة الزمنية) Period	None	يفترض بأن مدة المحاكاة تغطي دورة النمو كاملةً.
الشروط الأولية Initial conditions	None	عند بداية المحاكاة يفترض بأنه في مقطع التربة: 1- رطوبة التربة عند السعة الحقلية field capacity 2- الأملاح غائبة (غير موجودة).
الشروط في خارج فترة النمو Off-season conditions	None	يفترض عدم وجود أي شروط محددة لإدارة الحقل خارج فترة النمو. لا يتم تطبيق أي عمليات ري ولا يوجد أي غطاء يغطي سطح الحقل عند تشغيل المحاكاة
المشروع Project	None	
البيانات الحقلية Field data	None	

يمكن تعديل المدخلات الافتراضية من خلال: 1) اختيار ملفات الإدخال (القسم 2-4)، 2) تحديث الإعدادات الافتراضية في القوائم المقابلة أو تعديل الخصائص المأخوذة من ملفات الإدخال (القسم 2-5)، 4) إنشاء ملفات الإدخال (القسم 2-6).

4.2 اختيار ملفات الإدخال والتراجع عن الاختيار Selecting input files and undoing the selection

يستطيع المستخدم الوصول إلى قواعد البيانات (مكان تخزين ملفات الإدخال) من خلال اختيار الأمر اختيار/ إنشاء <Select/Create> في القائمة الرئيسية *Main menu*، كما هو مبين في (الشكل 4.2). إن قاعدة البيانات الافتراضية موجودة في المجلد DATA الموجود في مجلد برنامج .AquaCrop يمكن أيضاً تحديد أماكن أخرى لمجلدات قواعد البيانات من خلال الأمر <Path>.



الشكل (2-4): (1) اختيار أحد الأوامر المفتاحية يفتح لوحة إدارة الملفات (2) يصل المستخدم إلى لوحة اختيار الملفات باختيار أحد الأوامر (اختر Select / أنشئ(Create حيث يمكن للمستخدم أن (3) يختار أحد الملفات الموجودة أو (4) يلغي اختيار ملف (UNDO selection) أو (5) ينشئ أو يستورد ملفا جديدا (Import/Create).

1.4.2 اختيار ملف Selecting a file

عند اختيار أمر اختر <Select>في القائمة الرئيسية، يتم عرض قائمة من ملفات الإدخال المتوفرة ذات الصلة في المجلد المختار (الشكل 4.2). حيث يمكن اختيار ملف إدخال من القائمة.

2.4.2 التراجع عن الاختيار Undo the selection

يمكن التراجع عن اختيار ملفات الإدخال والعودة إلى الإعدادات الافتراضيـــــة (فقرة 2-3) من خلال اختيار الأمر <UNDO selection> في قائمة اختيار ملف (الشكل 4.2).

5.2 عرض وتحديث خصائص المدخلات Displaying and updating input characteristics

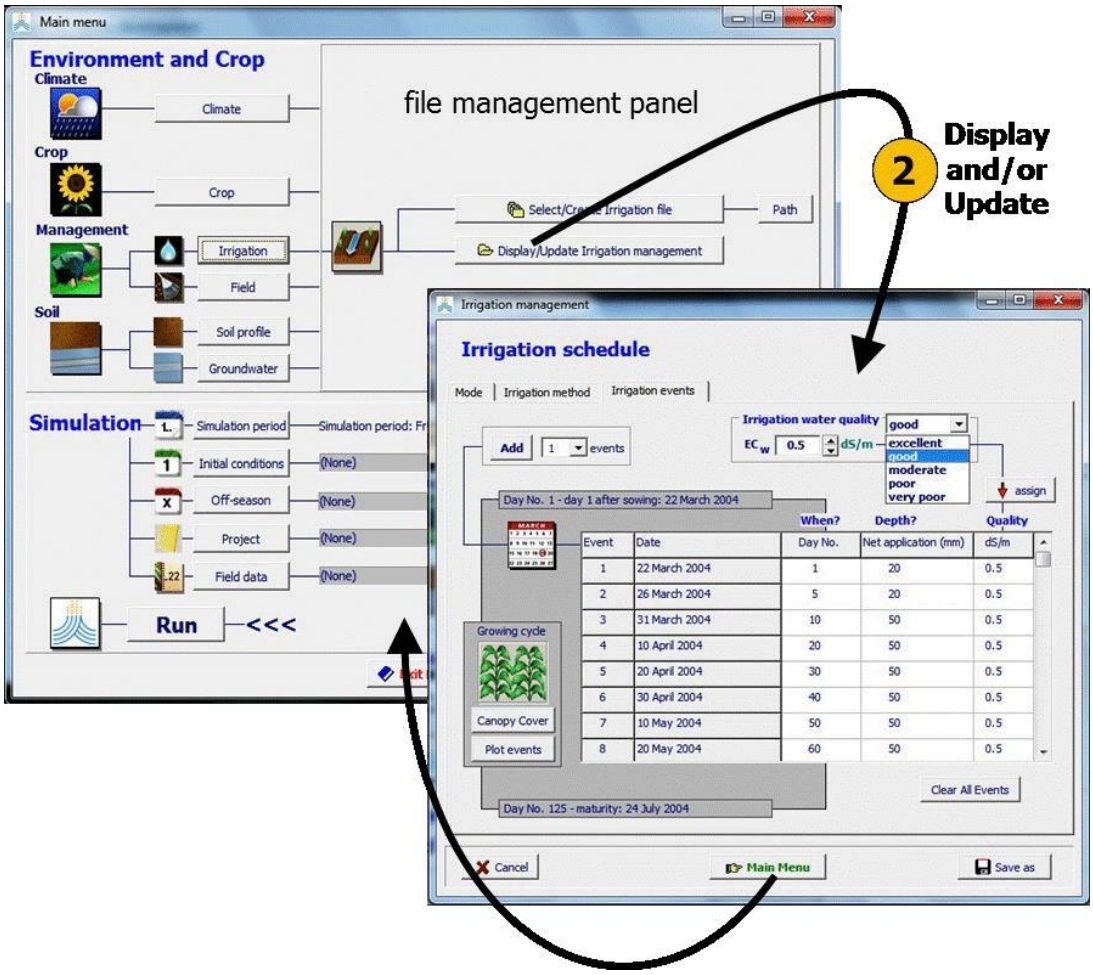
1.5.2 عرض البيانات المدخلة Displaying input data

من القائمة الرئيسية، يمكن للمستخدم الوصول إلى كامل مجموعة القوائم menus التي من خلالها يمكن عرض البيانات المدخلة (الشكل a5.2). وهذا يتم بالنقر على اسم الملف أو الأيقونة المقابلة في القائمة الرئيسية.

الشكل (a5.2): من خلال النقر على الأيقونة (أو اسم الملف) في القائمة الرئيسية، يتم عرض بيانات الإدخال المحددة في مجموعة من قوائم العرض *Display*.

2.5.2 تحديث البيانات المدخلة Updating input data

يمكن للمستخدم من خلال القائمة الرئيسية الوصول إلى مجموعة من القوائم التي يمكن من خلالها تحديث البيانات المدخلة (الشكل b5.2). وهذا يتم من خلال أولاً فتح المدخل (المنفذ) إلى قاعدة البيانات (بالنقر على الأمر المناسب في القائمة الرئيسية) وثانياً اختيار الأمر عرض/ تحديث الخصائص <Display/Update characteristics>. يمكن تحديث البيانات في القوائم ومن ثم حفظها كإعدادات افتراضية أو في ملفات إدخال عند العودة إلى القائمة الرئيسية (القسم 7.2). قوائم استعراض/تحديث Display/Update menus مشروحة في القسم مرجع القوائم (الأقسام من 8.2ولغاية 22.2)

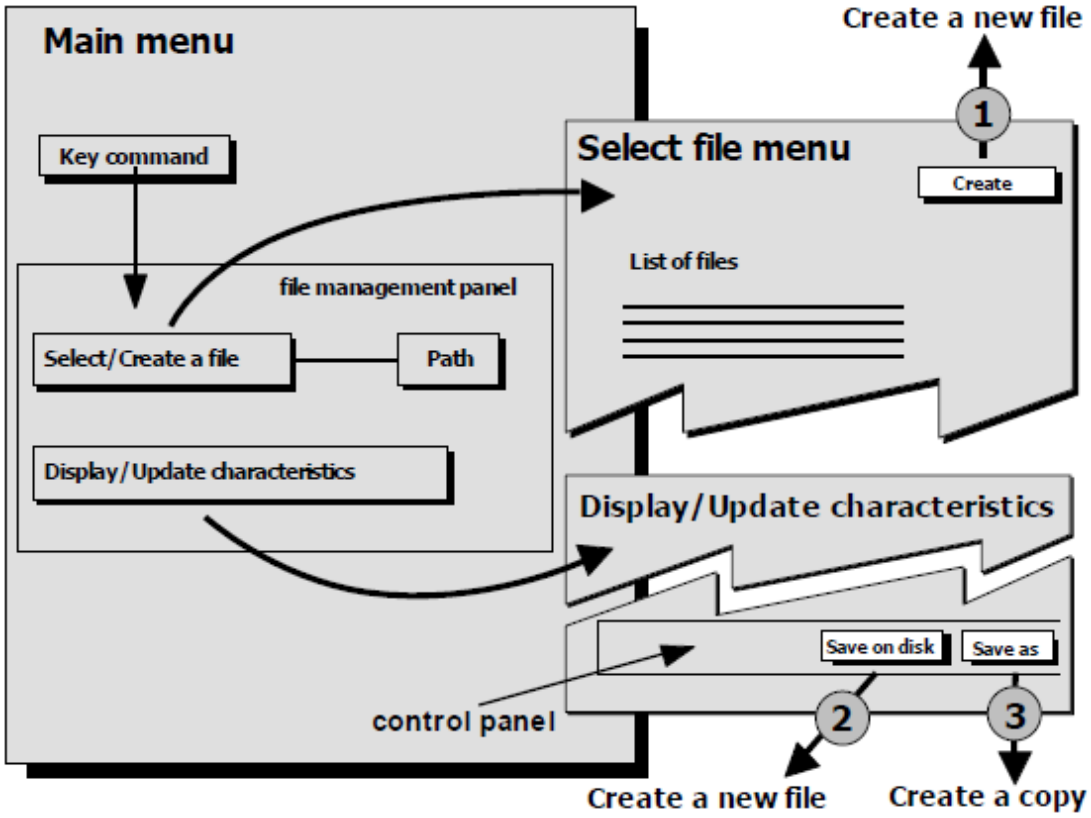


الشكل (b5.2) قائمة الوصول إلى إدارة الري، حيث يمكن تحديث البيانات المدخلة المعروضة.

6.2 إنشاء ملفات الإدخال Creating input files

1.6.2 أمر الحفظ على القرص The save on disk command

بعد تحديث الخصائص في إحدى القوائم (فقرة 2.5.2)، يتم إنشاء ملف إدخال (إن لم يكن متوفرا بعد) بواسطة اختيار الأمر حفظ على القرص <Save on disk>، (الشكل a6.2)



الشكل (a6.2): الخيارات المتاحة لإنشاء الملفات المدخلة عن طريق واجهة المستخدم. وذلك باختيار (1) الأمر أنشئ <create> من أعلى قائمة اختر ملفا menu *select file*. أو (2) الأمر حفظ على قرص <save on disk> (إذا لم تكن البيانات مسترجعة من ملف موجود أصلا). أو (3) الأمر حفظ باسم <Save as> (إذا كانت البيانات مسترجعة من ملف موجود أصلا)، في لوحة التحكم control panel في أسفل قائمة استعراض/تعديل خصائص *display /update characteristic*.

2.6.2 الأمر حفظ باسم The save as command

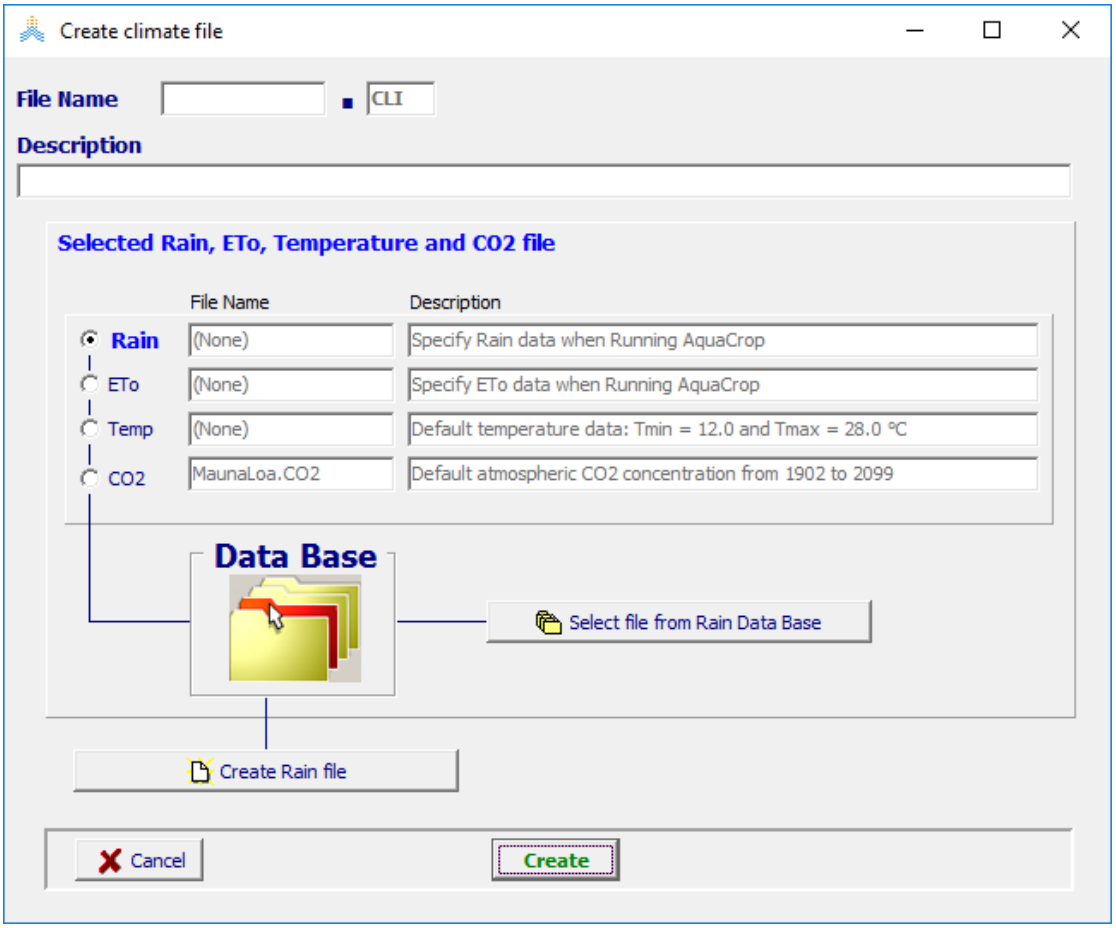
إذا كانت البيانات المعروضة في قائمة الخصائص مأخوذة من ملف إدخال (الشكل b5.2)، يمكن إنشاء نسخة من الملف بواسطة الأمر حفظ باسم <Save as>. يسمح هذا الخيار للمستخدم بإنشاء نسخ مختلفة من مجموعة البيانات التي قد تختلف فقط في واحد من الإعدادات. وهذا قد يكون مفيداً في تحليل تأثير واحد من الإعدادات أو أكثر على نمو المحصول أو على إنتاجية المياه للمحصول.

3.6.2 إنشاء ملف Create file

يمكن من قائمة create file إنشاء ملفات إدخال لبيانات جديدة للمناخ أو المحصول أو إدارة الري أو مقطع التربة أو المياه الجوفية أو إدارة الحقل أو الشروط الابتدائية أو بيانات مشروع. حيث تصبح قائمة إنشاء ملف متاحة عند اختيار الأمر إنشاء ملف < Create file> من قائمة اختيار ملف <Select file>، انظر الشكل (a6.2).

- **إنشاء ملف المناخ Create climate file**

يتطلب إنشاء ملف المناخ اختيار أو إنشاء ملف درجات الحرارة وملف البخر-نتح المرجعي ETo وملف الهطول المطري وملف CO2، كما هو واضح من الشكل (b6.2)



الشكل (b6.2): قائمة إنشاء ملف المناخ create climate file

- **إنشاء ملف البخر-نتح المرجعي أو الهطول المطري أو درجة الحرارة Create ETo, Rain or Temperature file**

يجب على المستخدم تحديد نوع البيانات (يومية أو 10-أيام أو بيانات شهرية) عند إنشاء ملف البخر-نتح المرجعي أو الهطول المطري أو درجة الحرارة، بالإضافة إلى تحديد المجال الزمني والبيانات. يمكن أيضا لصق البيانات المناخية الموجودة في ملف البخر-نتح المرجعي أو الهطول المطري أو درجة الحرارة، طالما أننا نأخذ في الحسبان بنية الملف (فقرة 2.23.2 ملفات البخر-نتح المرجعي ودرجة الحرارة والهطول المطري).

يمكن استيراد بيانات درجات الحرارة أو الهطول المطري أو أية بيانات مناخية أخرى يمكن استخدامها لحساب البخر-نتح المرجعي في برنامج AquaCrop. يقوم AquaCrop بعد استيراد البيانات بإنشاء الملفات الملائمة التي تتضمن البيانات المناخية (القسم 9.2 البيانات المناخية Climatic data).

- **إنشاء ملف المحصول Create crop file**

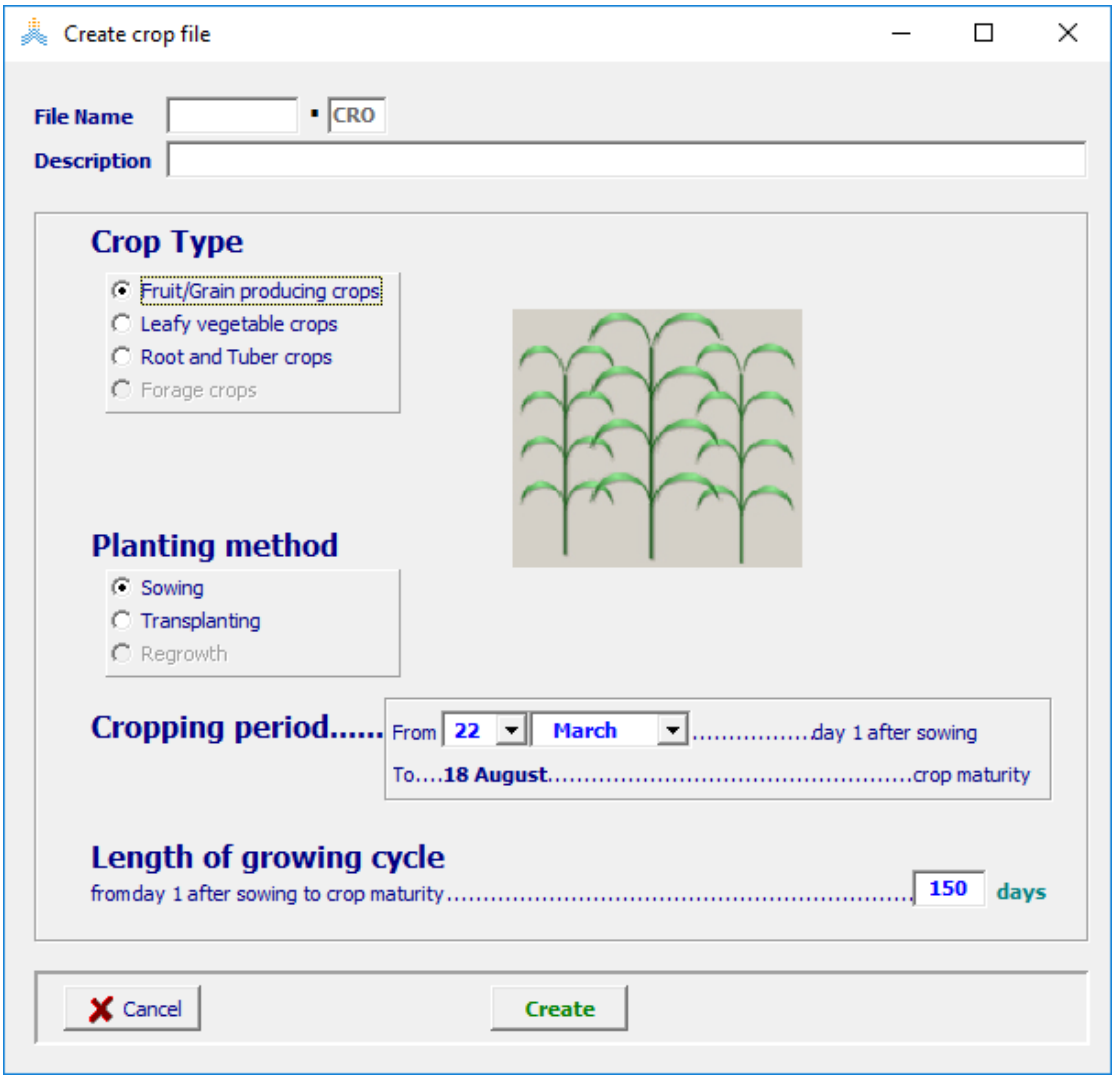
يختار المستخدم نوع المحصول عند إنشاء ملف المحصول ويحدد طريقة الزراعة كما يحدد قيمة إرشادية أولى لطول دورة النمو (الشكل a6.2)، بمساعدة هذه المعلومات يقوم برنامج AquaCrop بتوليد مجموعة كاملة من بارامترات المحصول المطلوبة للمحصول المختار. لا يمكن تغيير نوع المحصول الذي يتم تثبيته عند إنشاء المحصول. أما طريقة الزراعة ومدة المحصول وطول دورة النمو وبارامترات المحصول التي تم توليدها فيمكن تحديث قيمها في قائمة خصائص المحصول *crop characteristic* menu

يميز AquaCrop بين أنواع مختلفة من المحاصيل:

- محاصيل سنوية:
  - المحاصيل المنتجة للثمار أو الحبوب (لها فترة إزهار).

- محاصيل الخضار الورقية (فترة الإزهار غير معتبرة).
- الجذور والدرنات (مع فترة تشكل جذور أو درنات معتبرة)

- محاصيل معمرة (المحاصيل العلفية):
  - بدون فترة كمون.
  - مع فترة كمون.



الشكل (c6.2): قائمة إنشاء ملف المحصول.

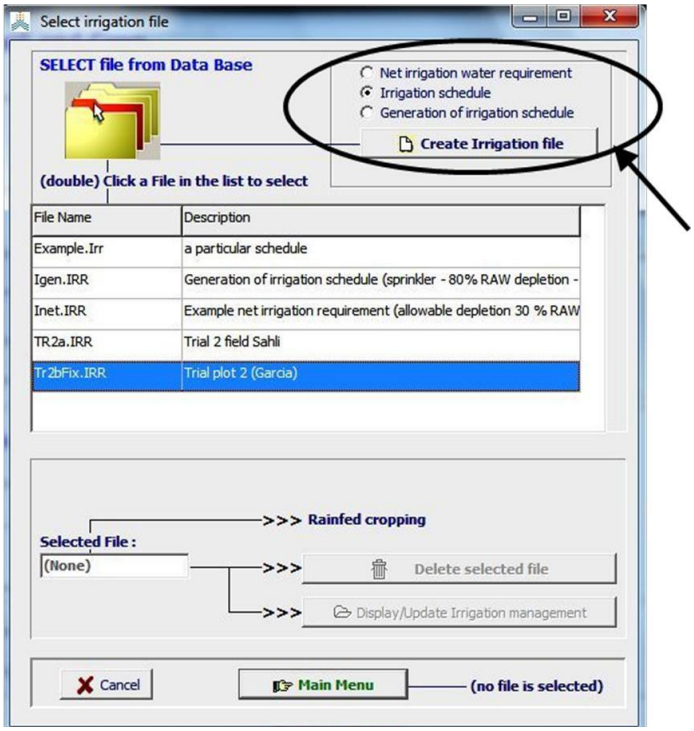
- **إنشاء ملف الري Create irrigation file**

عند إنشاء ملف الري، يجب في البداية اختيار نوع الملف من أحد الخيارات التالية (الشكل d6.2):

1. تحديد احتياج الري الصافي
2. جدول ري.
3. إعداد جدول ري.

وفي وقت لاحق يحدد المستخدم المعلومات المطلوبة:

1. الاستهلاك المسموح به عند تحديد احتياج الري الصافي،
2. زمن تطبيق الري والمقنن المائي (كمية مياه الري المستخدمة)، ونوعية مياه الري لعمليات الري المتعاقبة،
3. أو نوعية مياه الري، ومعايير زمن التطبيق والمقنن المائي لتوليد عمليات الري.

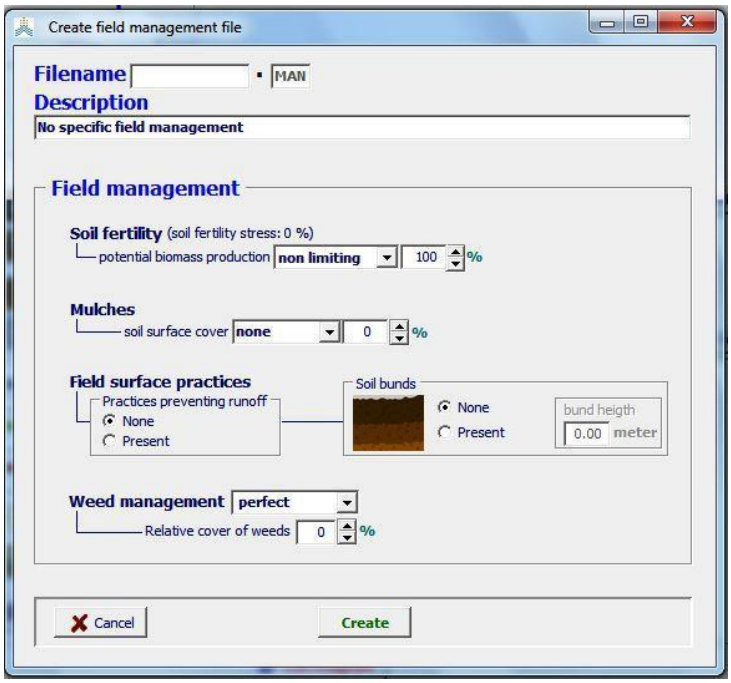


(الشكل d6.2) اختيار نوع ملف الري عند إنشائه.

يمكن تعديل هذه الخصائص في قائمة إدارة الري *irrigation management* menu (القسم 12.2 إدارة الري).

- **إنشاء ملف إدارة الحقل create field management file.**

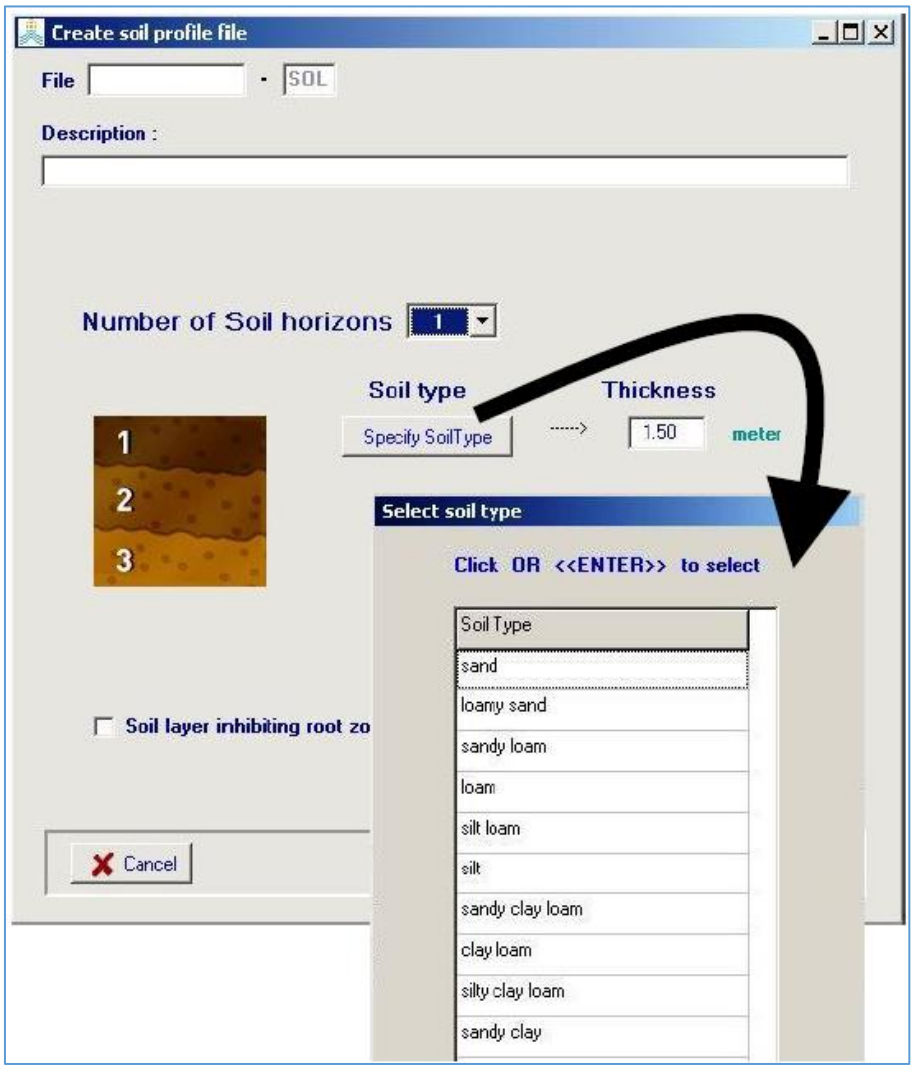
يحدد المستخدم عند إنشاء ملف إدارة الحقل درجة خصوبة التربة ووجود التغطية وإجراءات تشكيل الحقل التي تؤثر على الجريان السطحي (الشكل e6.2)، يقوم AquaCrop بواسطة هذه المعلومات بتوليد مجموعة كاملة من بارامترات إدارة الحقل، يتم عرض هذه البارامترات ويمكن تعديلها في قائمة إدارة الحقل *field management* menu (القسم 13.2 إدارة الحقل).



(الشكل e6.2): قائمة إنشاء ملف إدارة الحقل *create field management* file.

إنشاء ملف مقطع التربة Create soil profile file

يجب على المستخدم أن يحدد عددا قليلا من الخصائص عند إنشاء ملف مقطع التربة (الشكل f6.2). بواسطة هذه المعلومات يقوم برنامج AquaCrop بتوليد المجموعة الكاملة من بارامترات مقطع التربة. يتم عرض هذه البارامترات ويمكن تحديث قيمها في قائمة خصائص مقطع التربة menu *Soil profile characteristics*, (القسم 14.2 خصائص مقطع التربة).



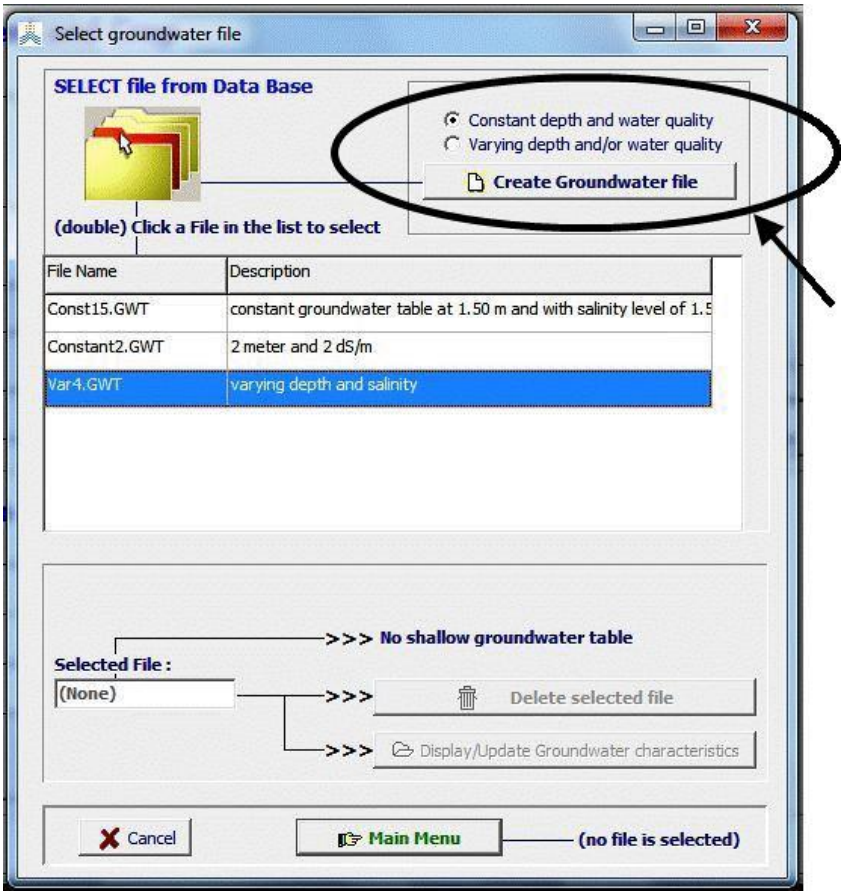
الشكل (f6.2): قائمة إنشاء ملف مقطع التربة *Create soil profile file*.

- **إنشاء ملف المياه الجوفية Create groundwater file**

يجب في البداية اختيار نوع الملف عند إنشاء ملف المياه الجوفية باختيار أحد الخيارين، (الشكل g6.2):

1. عمق ونوعية مياه ثابتين،
2. أو العمق متغير و/أو نوعية المياه متغيرة.

ويحدد المستخدم في مرحلة لاحقة نوعية وعمق سطح المياه الجوفية في أوقات مختلفة من الموسم (الفصل) إذا كانا متغيرين في قائمة خصائص المياه الجوفية *Groundwater table characteristics*، (القسم 15.2)



(الشكل g6.2): اختيار نوع المياه الجوفية عند إنشاء ملف مياه جوفية

- **إنشاء ملف شروط ابتدائية Create initial conditions file**

يجب أن يحدد المستخدم عند إنشاء ملف الشروط الابتدائية، محتوى التربة من الماء والأملاح ودرجة تطور المحصول والإنتاجية في أول يوم من فترة المحاكاة المختارة. يتم عرض البارامترات حيث يمكن تعديل قيمها في قائمة الشروط الابتدائية *Initial conditions* menu (القسم 17.2).

- **إنشاء ملف البيانات الحقلية Create field data file**

يجب على المستخدم عند إنشاء ملف البيانات الحقلية، تحديد الغطاء النباتي الأخضر المحدد تجريبياً canopy cover (CC) و/أو الكتلة الحيوية الجافة فوق الأرض dry above-ground Biomass (B) و/أو المحتوى المائي للتربة Soil water content (SWC) المقاس في الحقل عند تواريخ معينة في قائمة البيانات الحقلية *Field Data* menu (القسم 20.2) .

- **إنشاء ملف المشروع Create Project file**

يجب في البداية اختيار نوع الملف عند إنشاء ملف المشروع من أحد الخيارات التالية (القسم 19.2):

1. تشغيل محاكاة منفردة.
2. سنوات متعاقبة (تشغيل متعدد)،
3. أو تناوب (دورة) المحاصيل (تشغيل متعدد).

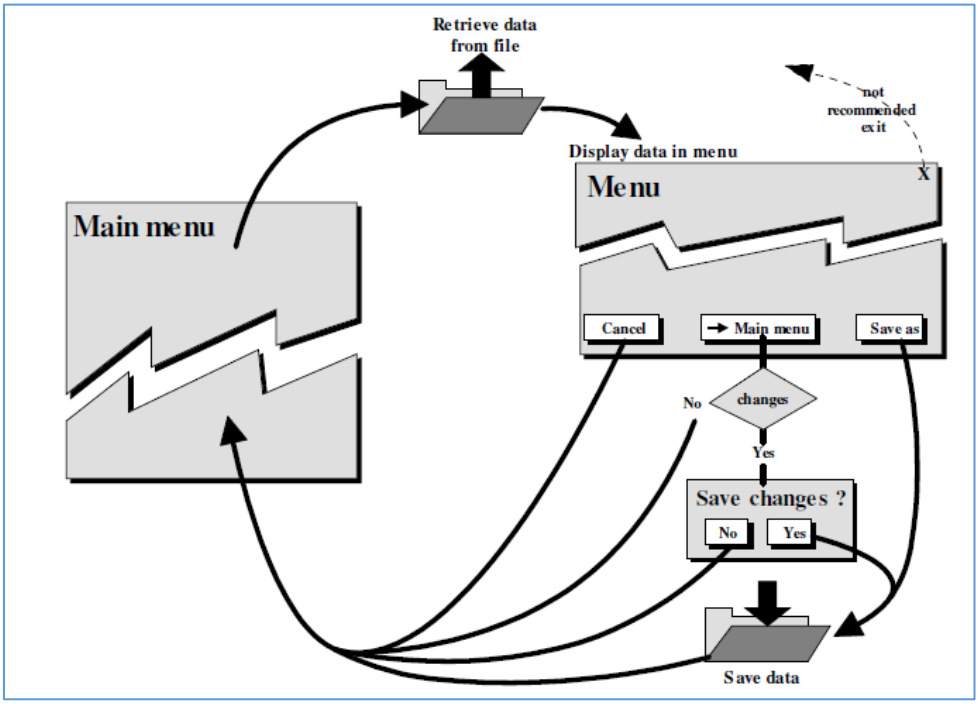
وبعد ذلك، يقوم المستخدم بتحديد ملف المناخ وملف المحصول وملف الري وإدارة الحقل وملف التربة ويختار تاريخ البذار أو الغرس والفترة الزمنية للمحاكاة والشروط الأولية وتلك السائدة خارج موسم النمو المقابلة، (الفقرة 3.19.2 اختيار وإنشاء المشروع). يمكن تعديل الخصائص في قائمة خصائص المشروع *Project Characteristics* menu (الفقرة 5.19.2)

7.2 الخروج وإغلاق القائمة To exit and close a menu

أوامر الخروج من القائمة موجودة في لوحة التحكم في الجزء السفلي من كل قائمة (الشكل 7.2). عند الخروج، سيتم إغلاق النافذة و الرجوع إلى القائمة الرئيسية. يتم تحديد طريقة الخروج من الأمر المحدد. تتوفر عموماً الخيارات التالية للخروج من القائمة:

- **<Cancel> إلغاء**: يتم تجاهل جميع التغييرات التي أدخلت على المدخلات المعروضة في القائمة عند العودة إلى القائمة الرئيسية.
- **<Return to Main menu> العودة إلى القائمة الرئيسية**: قبل العودة إلى القائمة الرئيسية، يتحقق البرنامج إذا تم تغيير البيانات أو تم تغيير الإعدادات في القائمة. سيتم حفظ التغييرات إذا أكد (أراد) المستخدم حفظها.
- **<Save on disk> الحفظ على القرص**: عندما تكون البيانات غير مأخوذة من ملف إدخال إنما تتألف من تحديث الإعدادات الافتراضية، يمكن للمستخدم اختيار هذا الخيار لحفظ البيانات على القرص قبل العودة إلى القائمة الرئيسية.
- **<Save as> حفظ باسم**: عندما تكون البيانات مأخوذة من ملف إدخال، يمكن للمستخدم اختيار هذا الخيار لحفظ البيانات في ملف مختلف عن الملف الذي تم أخذ البيانات منه قبل العودة إلى القائمة الرئيسية.

إن النقر على الرمز "X" في الزاوية اليمنى العليا من القائمة يؤدي أيضاً إلى إغلاق النافذة. لكن لا ينصح باستخدام هذا الخيار لأنه لا يمكن تحديد نمط أو طريقة الخروج.



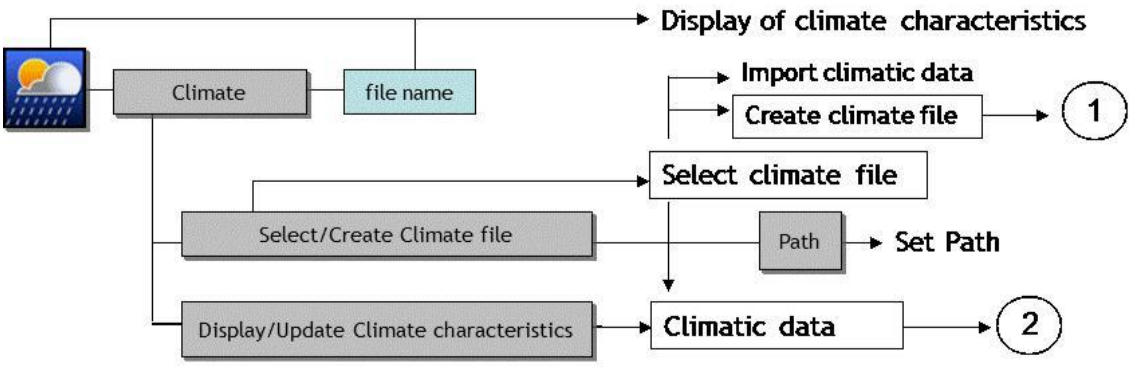
الشكل 7.2: خيارات الخروج وإغلاق القائمة

Menu reference مرجعية القائمة

8.2 Hierarchical structure of the menus البنية الهرمية للقوائم

1.8.2 panel Environment and crop (main menu)(القائمة الرئيسية) لوحة البيئة والمحصول

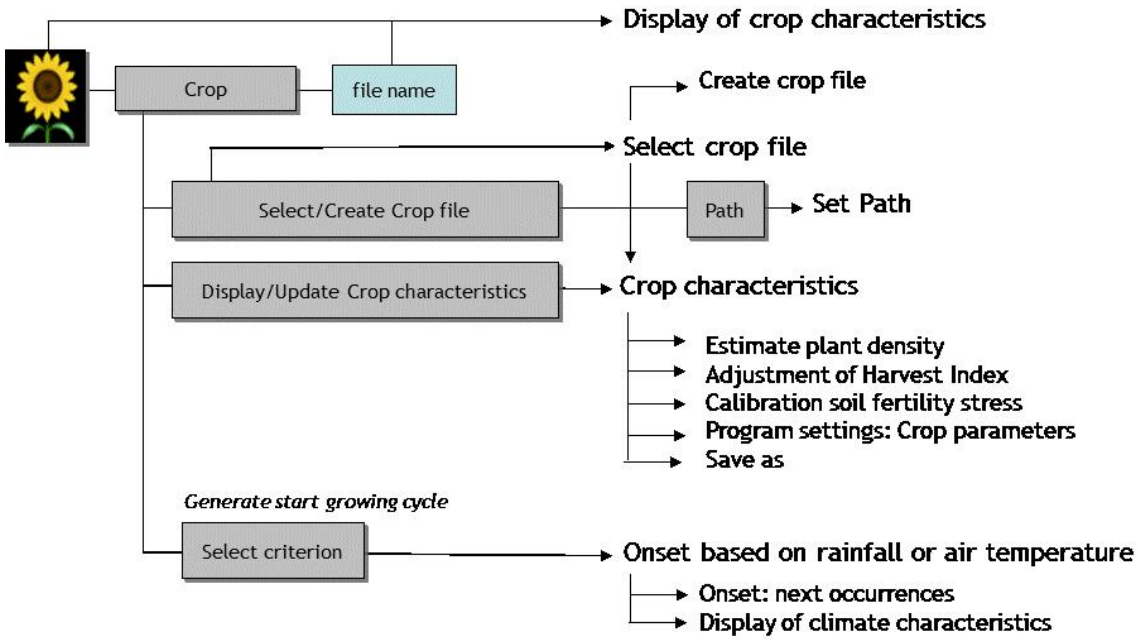
Climate المناخ



1) from the ***Create climate file*** menu the user gets access to:
   - ***Select temperature file*** menu
   - ***Create temperature file*** menu
   - ***Select ETo file*** menu
   - ***Create ETo file*** menu
   - ***Select rain file*** menu
   - ***Create rain file*** menu
   - ***Select CO2 file*** menu

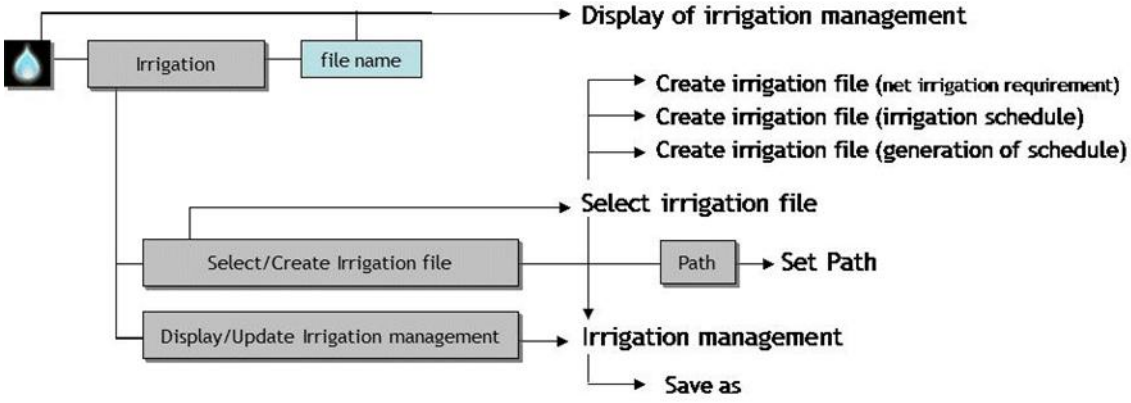
2) from the ***Climatic data*** menu the user gets access to:
   - ***Select rain file*** menu
   - ***Display/update Rainfall data*** menu
     - ***Plot rain data*** menu
   - ***Program settings: 10day or Monthly rainfall*** menu
   - ***Select ETo file*** menu
   - ***Display/update ETo data*** menu
     - ***Plot ETo data*** menu
   - ***Select temperature file*** menu
   - ***Display/update temperature data*** menu
     - ***Plot temperature data*** menu
   - ***Program settings: Temperature parameters*** menu
   - ***Select CO2 file*** menu
   - ***Export aggregated climatic data*** menu
   - ***Save as*** menu

Crop المحصول

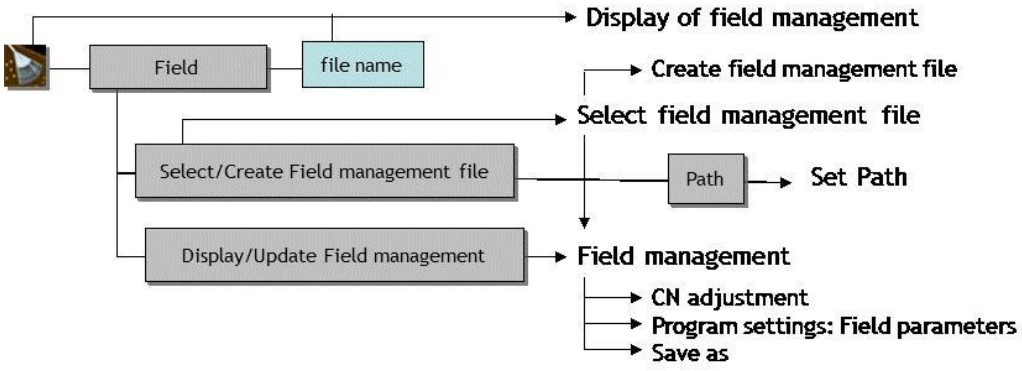


Management الإدارة

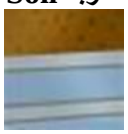
- irrigation management إدارة الري



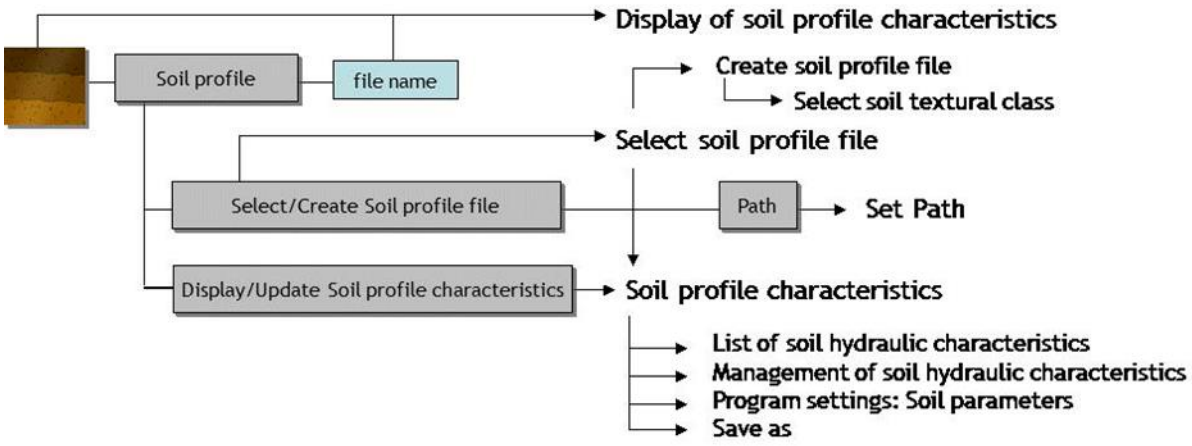
-field management إدارة الحقل



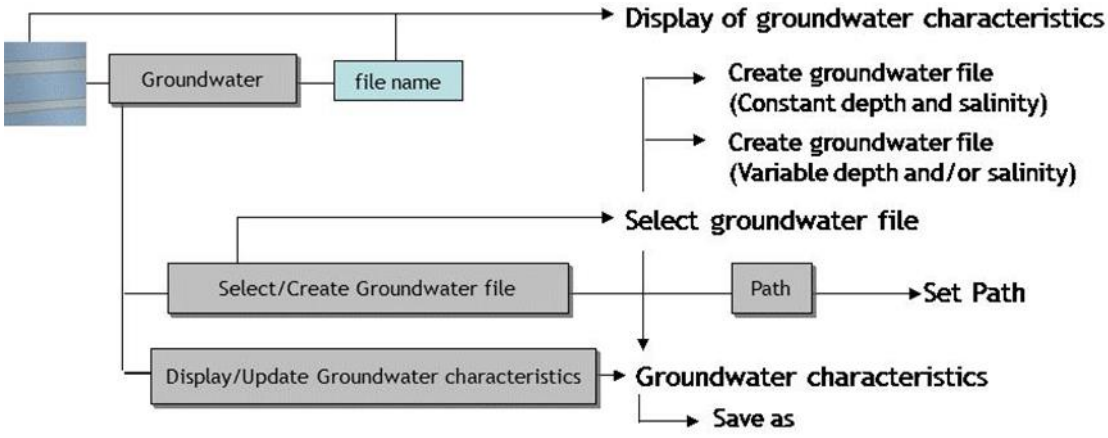
Soil التربة



- soil profile مقطع التربة

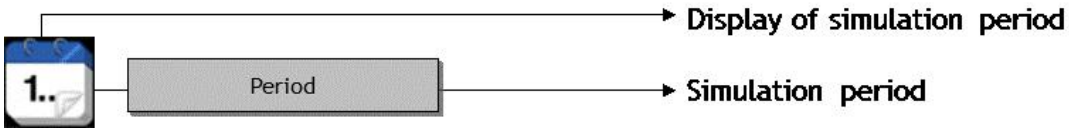


- groundwater المياه الجوفية

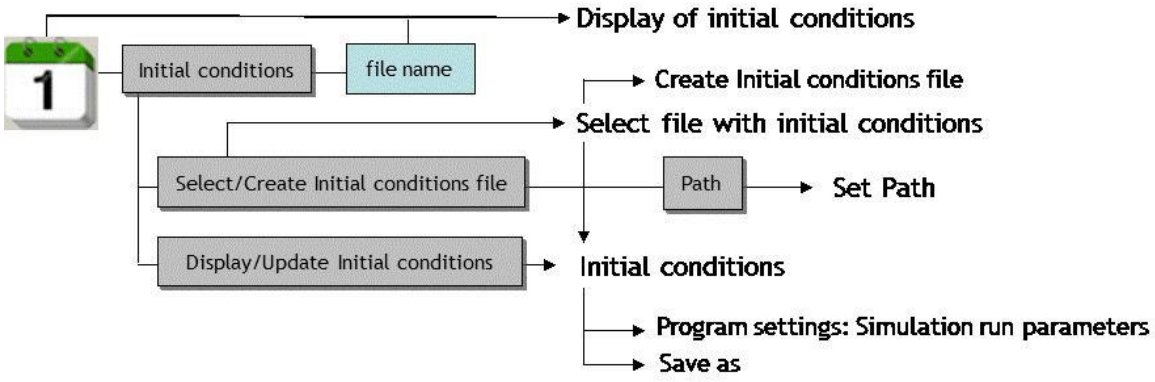


2.8.2. لوحة المحاكاة (القائمة الرئيسية) Simulation panel (Main menu)

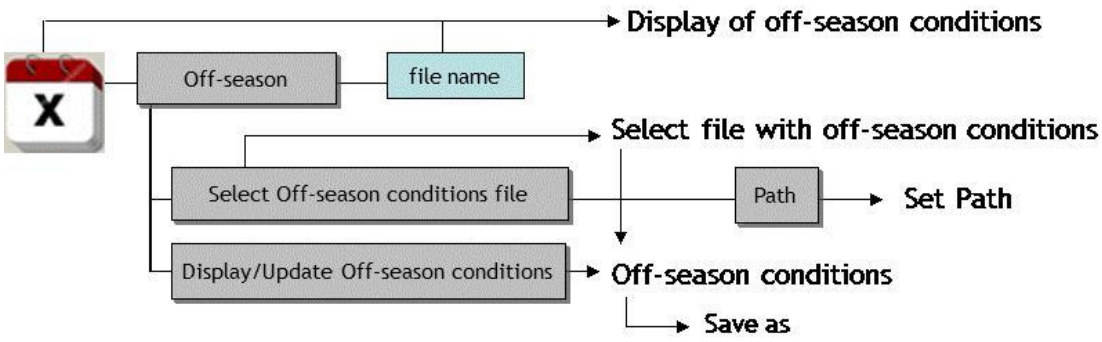
Simulation period فترة المحاكاة



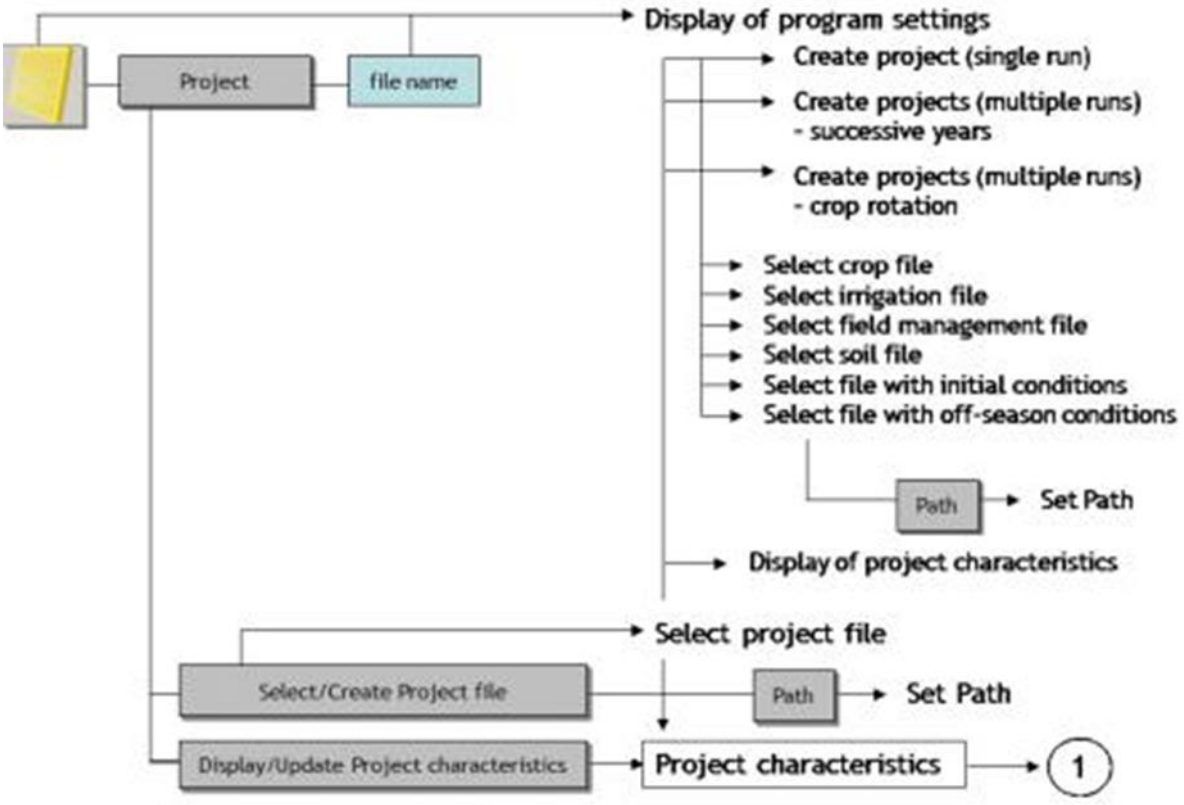
Initial conditions الشروط الابتدائية



Off-season conditions الشروط خارج فترة النمو



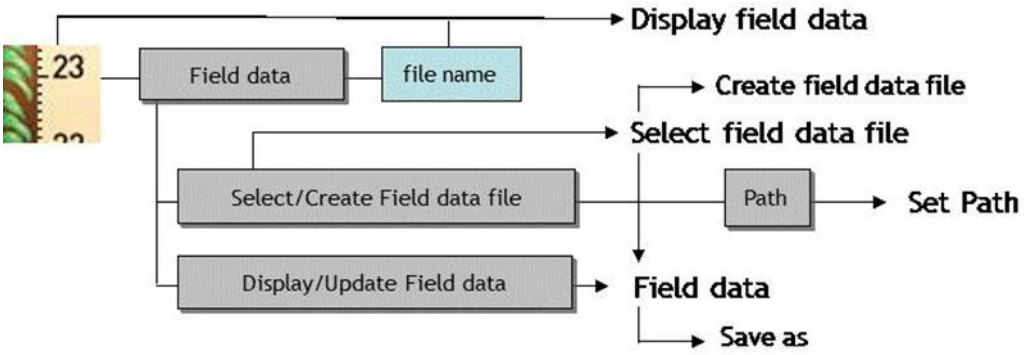
Project المشروع



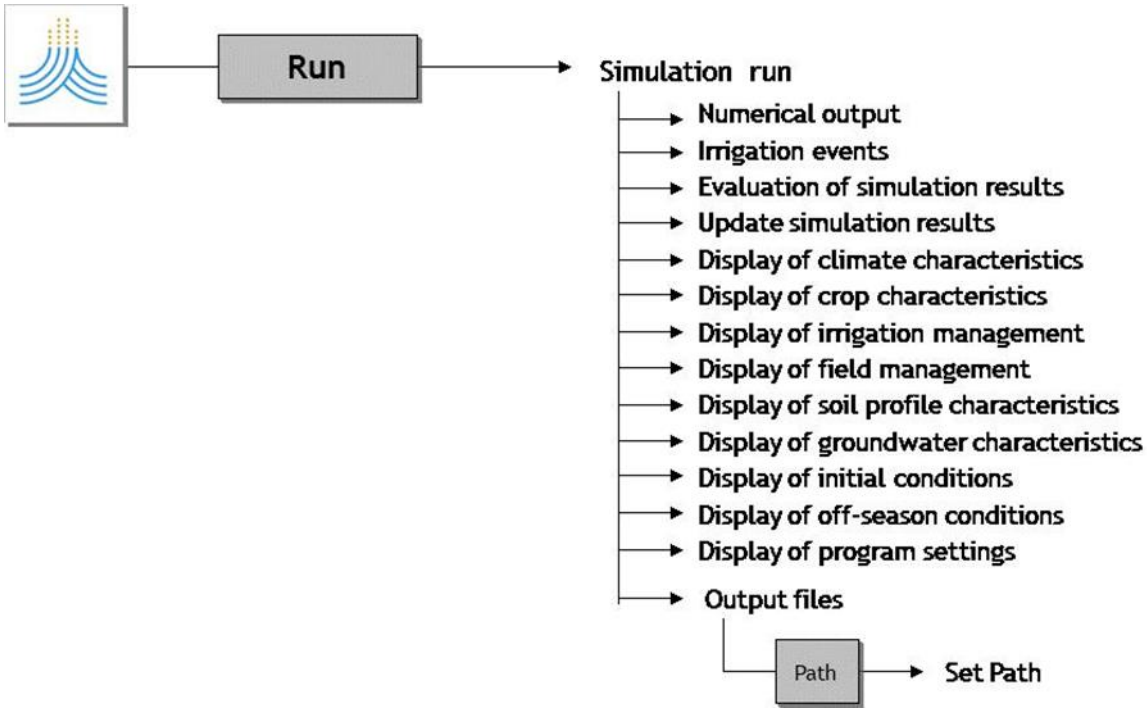
1) from the ***Project characteristics*** menu, the user gets access to:

- ***Display of climate characteristics*** menu***.***
- ***Display of crop characteristics*** menu.
- ***Select crop file*** menu
- ***Display of irrigation characteristics menu.***
- ***Select irrigation file menu***
- ***Display of field characteristics menu.***
- ***Select field management file menu***
- ***Display of soil profile characteristics menu.***
- ***Select soil file menu.***
- ***Display of simulation period menu.***
- ***Display of initial conditions menu***
- ***Select file with initial conditions menu.***
- ***Display of off-season conditions menu***
- ***Select file with off-season conditions menu.***
- ***Program settings: Crop parameters menu.***
- ***Program settings: Field parameters menu.***
- ***Program settings: Soil parameters menu***
- ***Program settings: Temperature parameters menu***
- ***Save as menu***

Field data البيانات الحقلية



Run التشغيل



9.2 البيانات المناخية Climatic data

1.9.2 البيانات المناخية التي يحتاجها AquaCrop

لكل يوم من أيام فترة المحاكاة، يتطلب برنامج AquaCrop:

- درجة حرارة الهواء الدنيا (Tn) ودرجة حرارة الهواء القصوى(Tx).
- البخر-نتح المرجعي (ETo).
- الهطول المطري.
- والمتوسط السنوي لتركيز CO2 في الغلاف الجوي.

البيانات المناخية مخزنة في الملفات التالية حيث يمكن الوصول إليها:

- ملفات درجات حرارة (ملفات بلاحقة 'Tnx .').
- ملفات ETo (ملفات بلاحقة'ETo .').
- ملفات هطول مطري (ملفات بلاحقة'PLU .').
- ملفات CO2(ملفات بلاحقة'CO2 .').

- **الحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة حرارة الهواء Minimum and maximum air temperature**

تستخدم بيانات درجة حرارة الهواء لحساب درجة حرارة النمو التراكمية Growing Degree Days (GDD) التي تحدد نمو المحصول والفينولوجيا (phenology العلاقة بين النبات والمناخ) (القسم 10.2) وأيضاً لتعديل نتح المحصول خلال فترات البرد الضارة. في ظل غياب البيانات اليومية، فإن المدخلات يمكن أن تتألف من بيانات لفترة 10-أيام أو بيانات شهرية، حيث يقوم البرنامج بإجراء عملية استيفاء داخلي interpolation للحصول على درجة حرارة يومية من بيانات 10-أيام أو المتوسطات الشهرية.

إن الحد الأدنى لدرجة حرارة الهواء اليومية (T_n) والحد الأقصى لدرجة حرارة الهواء اليومية (T_x)، هما على التوالي الحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة حرارة الهواء المقاسة خلال فترة 24 ساعة ابتداءً من منتصف الليل. أما T_n وTx لبيانات الـ 10-أيام أو البيانات الشهرية فهما متوسط average القيم اليومية.

- **البخر-نتح المرجعي Reference evapotranspiration (ETo)**

يتم استخدام البخر-نتح المرجعي (ETo) في برنامج AquaCrop كمقياس للطلب (الاحتياج) التبخري للغلاف الجوي. وهو معدل البخر-نتح من سطح مرجعي حيث لا نقص في المياه. عالمياً، يمكن النظر إلى الحقل الكبير من العشب grass أو البرسيم (alfalfa) على أنه هو السطح المرجعي. المحصول المرجعي يغطي التربة بشكل كامل ويبقى قصيراً ويروى بشكل جيد وينمو بفعالية تحت الظروف الزراعية المثلى.

يمكن استخلاص البخر-نتح المرجعي من بيانات محطة أرصاد جوية عن طريق استخدام معادلة الفاو بنمان-مونتيث FAO Penman-Monteith، حيث تتوفر حاسبة للبخر-نتح ETo_calculator لهذا الغرض ضمن برنامج AquaCrop (فقرة 2.9.2). يمكن تحديد بيانات محطة الأرصاد الجوية في مجموعة واسعة من واحدات القياس units، كما يمكن استيراد بيانات الأرصاد الجوية، حيث تتوفر إجراءات لتقدير البيانات المناخية المفقودة missing climatic data. في ظل غياب البيانات اليومية، فإن المدخلات يمكن أن تتألف من بيانات لفترة 10-أيام أو بيانات شهرية، حيث يقوم البرنامج بإجراء عملية استيفاء داخلي interpolation للحصول على قيم ETo يومية من بيانات 10-أيام أو المتوسطات الشهرية.

- **الأمطار Rainfall**

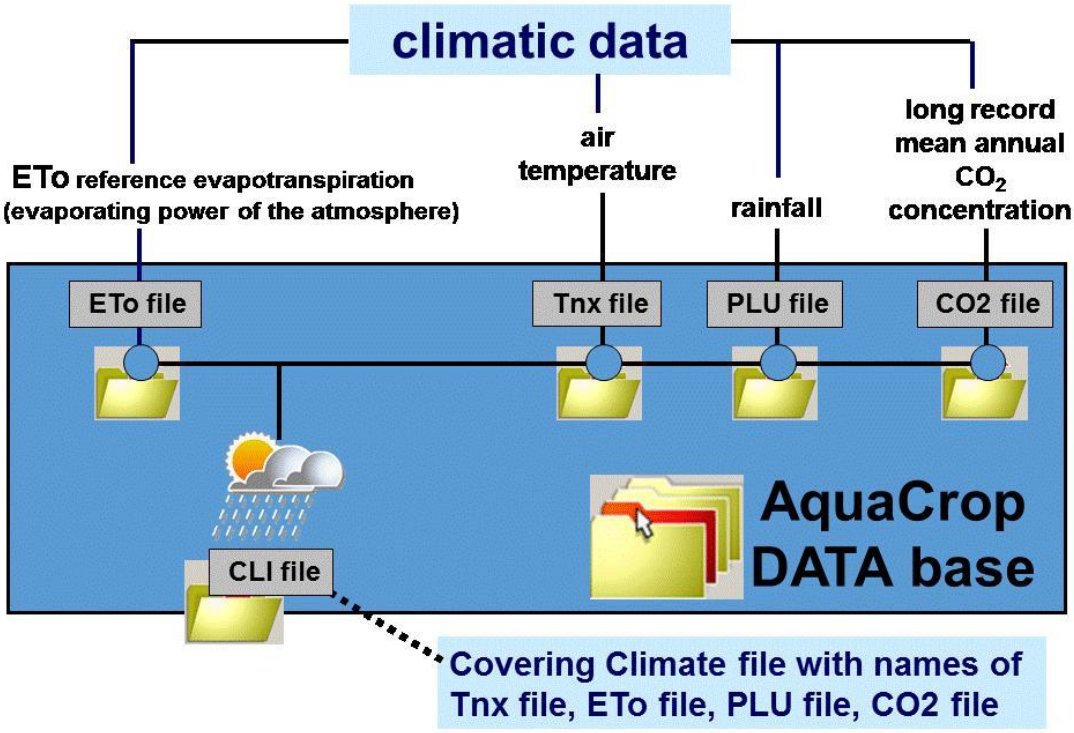
الأمطار هي كمية المياه التي يتم جمعها في مقاييس المطر المثبتة في الحقل أو المسجلة في محطة أرصاد جوية قريبة. بالنسبة للهطول المطري، ، لا يستحسن استخدام المتوسطات المحسوبة على المدى الطويل long-term mean، لأن توزع الهطول لا يكون متجانسا على مر الزمن. في حال عدم توفر بيانات يومية للهطول، يمكن استخدام بيانات 10-أيام أو بيانات شهرية كبيانات مدخلة.

- **Mean annual atmospheric CO2 المتوسط السنوي لتركيز CO2 في الغلاف الجوي**

يعتبر برنامج AquaCrop القيمة 369.47 جزءا في المليون من حيث الحجم هي القيمة المرجعية. وهي متوسط تركيز CO2في الغلاف الجوي المقاسة في مرصد ماونا لوا Mauna Loaفي هاواي عام 2000. إن تركيزات أخرى لـ CO2 سوف تغير تطور الغطاء النباتي والإنتاجية المائية للمحصول crop water productivity (الفصل 3). كإعداد افتراضي، يستخدم برنامج AquaCropبيانات CO2 المأخوذة من الملف MaunaLoa.CO (المخزن في المكتبة الفرعية SIMUL) الذي يحتوي على المتوسط السنوي لتركيز CO2 في الغلاف الجوي المقاس في مرصد ماونا لوا للسنوات السابقة (التاريخية) أما بالنسبة للتقديرات (التخمينات) المستقبلية فيفترض زيادة قدرها جزءان في المليون (حسب Pieter Hans (NOAA)- 2007). يمكن أيضاً في برنامج AquaCrop اختيار ملفات CO2 أخرى تحتوي على بيانات من مصادر بديلة. عند إنشاء ملفات CO2من المهم أخذ بنية الملف بالحسبان، (الفقرة 23.2).

- **Covering climate file ملف المناخ**

يحتوي ملف المناخ (ملف بلاحقة ’. CLI‘) على أسماء الملفات (Tnx, ETo, PLU and CO2). أما البيانات المناخية بحد ذاتها فتكون مخزنة في ملفات (CO2،Tnx, ETo, PLU) (شكل a9.2). يتم استعراض البيانات المناخية المختارة في قائمة استعراض خصائص المناخ *Display of climate characteristics* حيث يمكن تعديلها في قائمة البيانات المناخية *Climatic data* (الفقرة 5.9.2).



الشكل a9.2: ملفات مناخ (*.CLI) والملفات التي تحتوي بيانات مناخية (*. ETo, *. Tnx, *.PLU, *.CO2) مخزنة في قاعدة بيانات برنامج AquaCrop.

2.9.2 إنشاء ملفات درجة الحرارة والتبخر-نتح المرجعي والهطول المطري Creating air temperature, ETo and rainfall files:

- **Text files with climatic data الملفات النصية للبيانات المناخية:**

يستطيع المستخدم أن يختار من قائمة اختيار ملف مناخ في القائمة الرئيسية خيار استيراد بيانات مناخية من ملف نصي ’Import climatic data‘(الشكل 1b9.2).

الشكل 1b9.2: (1) اختيار الأمر مناخ <Climate> في القائمة الرئيسية *main menu* يفتح لوحة التحكم بالملفات (2) يصل المستخدم من خلال الأمر اختر/أنشئ ملف مناخ <Select/Create Climate file> في لوحة إدارة الملفات إلى قائمة اختر ملف مناخي *Select climatic file* (3) يختار أحد الملفات المناخية (CLI)الموجودة أو (4) يختار الأمر (a) أنشئ ملف مناخي <Create a climate file> لإنشاء ملف CLI جديد أو يختار الأمر (b) استيراد بيانات مناخية <Import climatic data> بإنشاء ملفات حرارة وتبخر-نتح مرجعي وهطول مطري من ملف نصي.

أنواع البيانات:

تتألف البيانات الممكن استيرادها من بيانات حرارة أو نتح-تبخر مرجعي أو هطول مطري أو أي بيانات مناخية يمكن استخدامها لحساب النتح-تبخر المرجعي. يقوم برنامج AquaCrop عند استيراد البيانات بإنشاء الملفات الموافقة التي تحتوي البيانات المناخية (ملفات ذوات اللواحق '. PLU', '. ETo', '. Tnx'). يمكن استيراد البيانات المناخية المقاسة بإحدى الوحدات الموضحة في الجدول (1b9.2) إلى برنامج AquaCrop.

الملفات النصية ذات التنسيق الحر للبيانات المناخية ملفات بامتداد ('.txt'):

الملف النصي هو ملف بلاحقة '.txt' (كالذي يتم إنشاؤه باستخدام برنامج Notepad) حيث تكون البيانات المناخية لفترة زمنية معينة مخزنة على شكل أعمدة (مثال في الجدول 2b9.2). تكون هذه البيانات عادة نسخة من بيانات ملفات Excel للقيم الرقمية فقط بدون أي كتابة نصية (بدون عناوين الأعمدة أو الوحدات أو أرقام أسطر أو تواريخ).

جدول (1b9.2): البيانات المناخية والوحدات التي يمكن استيرادها إلى برنامج AquaCrop.

العوامل المناخية ورموزها	الوحدات الممكنة
بيانات حرارة الهواء	
درجة الحرارة العظمى (Tmax)	°C or °F
معدل درجة الحرارة (Tmean)	°C or °F
درجة الحرارة الدنيا (Tmin)	°C or °F
بيانات رطوبة الهواء	
الرطوبة النسبية العظمى (RHmax)	%
معدل الرطوبة النسبية (RHmean)	%
الرطوبة النسبية الصغرى (RHmean)	%
درجة حرارة نقطة الندى (Tdew)	°C or °F

ضغط بخار الماء الفعلي (e(act	kPa, mbar, psi, atm or mmHG
درجة الحرارة الجافة (Tdry)	°C or °F
درجة الحرارة الرطبة (Twet)	°C or °F
بيانات سرعة الرياح	
سرعة الرياح على ارتفاع X م من سطح التربة: u(x)	m/sec, km/day, knot or ft/sec
بيانات الإشعاع الشمسي وعدد ساعات السطوع	
المدة الحقيقية للسطوع الشمسي خلال يوم (n)	Hour
المدة النسبية للسطوع الشمسي (n/N)	
الإشعاع الشمسي أو إشعاع الأمواج القصيرة (Rs)	MJ/m2.day, W/m2, J/cm2.day, mm/day, cal/cm2.day
الإشعاع الصافي (Rn)	MJ/m2.day, W/m2, J/cm2.day, mm/day, cal/cm2.day
ETo التبخر-نتح المرجعي للمحصول	
بيانات مستوردة مباشرة لقيم تبخر – نتح مرجعي لمحصول	mm/day
بيانات الهطول المطري	
هطول مطري	mm or inch

جدول (2b9.2): مثال على ملف نصي يحتوي بيانات مناخية. البيانات هي بيانات يومية حيث يمثل (العمود الأول) الهطول المطري بالمم، (العمود الثاني) درجة الحرارة الدنيا بالدرجة المئوية، (العمود الثالث) درجة الحرارة العظمى بالدرجة المئوية (العمود الرابع) ساعات السطوع الشمسي بالساعة/ يوم (العمود الخامس) سرعة الرياح م/ثانية.

```
0       18    30    6.5   4.2
0       19    29.7  5.8   2.9
55.6    16.8  29.4  5.5   2.5
2.2     15.5  26.2  2.7   2.7
0       14.5  28.9  9.4   1.1
0       11.3  30.2  10.2  1.3
0       12.7  31.2  11    1.4
0       15.1  33.4  10.7  1.5
0       15.7  34.8  10.7  1.8
```

يمكن أن تكون البيانات المناخية يومية أو عشرية (كل عشرة أيام) أو شهرية. يحتوي الملف النصي على بيانات مناخية مسجلة خلال مجال زمني محدد (يتراوح بين أيام قليلة وعدة سنوات) أو متوسطات محسوبة لعدد من السنوات. يجب تعريف البيانات المفقودة بإسناد قيمة محددة لها. تكون هذه القيمة افتراضيا (-999.000) ويمكن تغيرها في الواجهة المسماة العوامل المناخية ('Climatic parameter') في قائمة استيراد بيانات مناخية (*Import climatic data*) (الشكل (4b9.2) يتألف الملف النصي من أسطر وأعمدة:

الأسطر: يكون عدد الأسطر (الصفوف) مساويا لعدد الأيام أو العشريات أو الأشهر ضمن المجال الزمني للبيانات التي تم استيرادها. يحتوي كل سطر قيم البيانات المناخية (أو المتوسط) ليوم واحد أو عشرية أو شهر من المجال الزمني وبترتيب زمني تصاعدي (من الأقدم إلى الأحدث).

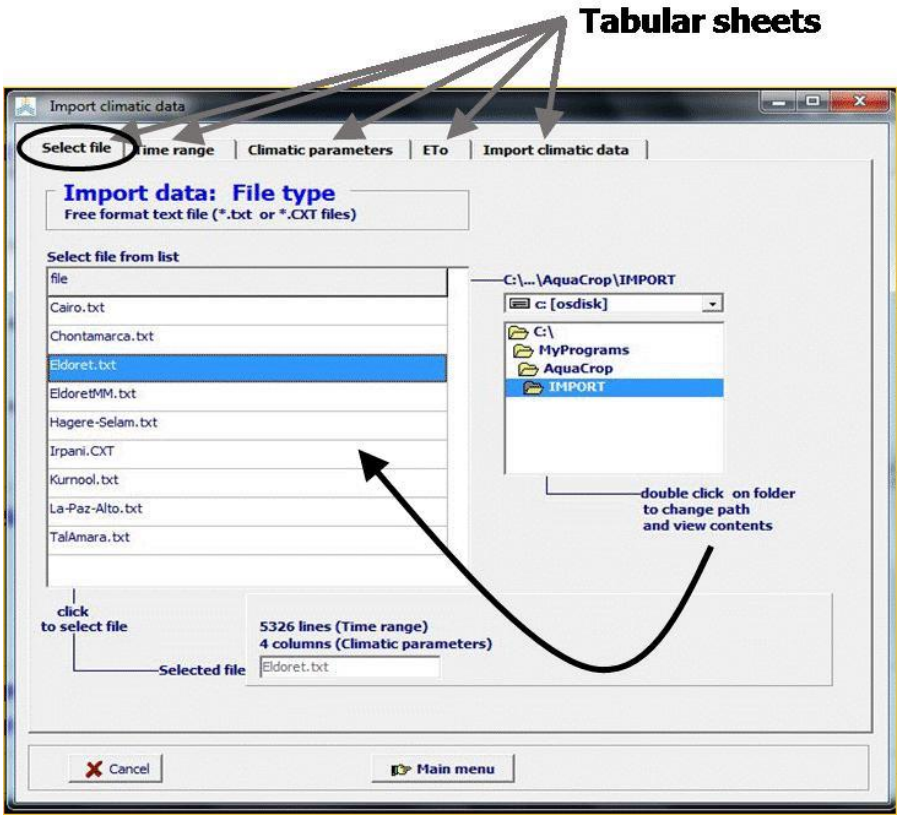
الأعمدة: يمكن أن يحتوي الملف النصي حتى عشرة أعمدة.يحتوي كل عمود بيانات أحد العوامل المناخية (جدول 1b9.2).

- **استيراد البيانات المناخية Importing climatic data:**

تحتوي قائمة استيراد البيانات المناخية (*Import climatic data*) على خمس واجهات (الشكل 2b9.2):

- **اختر ملفا 'Select file':** لاختيار الملف النصي الذي يحتوي البيانات المناخية التي سيتم استيرادها.
- **المجال الزمني 'Time range':** لتحديد المجال الزمني للبيانات المناخية المستوردة (الأسطر أو الصفوف في الملف النصي).
- **العوامل المناخية 'Climatic parameters':** لتحديد العوامل المناخية ووحداتها في البيانات المستوردة (الأعمدة في الملف النصي).
- **التبخر-نتح المرجعي'ETo':** لتحديد المعاملات المطلوبة لحساب التبخر-نتح المرجعي (في حالة حسابه).

- **استيراد البيانات المناخية'Import climatic data':** لإنشاء ملفات,'Tnx .' و/أو,'ETo .' و/أو ''PLU .' (التي تحتوي البيانات المناخية المستوردة) ولحفظ هذه الملفات في قاعدة بيانات برنامج AquaCrop.



الشكل 2b9.2: قائمة استيراد البيانات المناخية (*Import climatic data*) بواجهاتها الخمسة: اختر ملف 'Select file'، المجال الزمني 'Time range'، العوامل المناخية 'Climatic parameters'، التبخر-نتح المرجعي'ETo'، استيراد البيانات المناخية'Import climatic data'.

- **واجهة اختر ملفا 'Select file':**

يختار المستخدم في واجهة اختر ملفا (الشكل 2b9.2) الملف النصي الذي يحتوي البيانات المناخية. تكون جميع الملفات النصية (الملفات ذوات اللاحقة 'cxt .' or 'txt.') المحفوظة في المكتبة الفرعية IMPORT لبرنامج AquaCrop معروضة. يمكن للمستخدم بتغيير المسار أن يستورد ملفا نصيا من مكتبة أخرى. يقوم البرنامج عند اختيار الملف بعرض عدد:

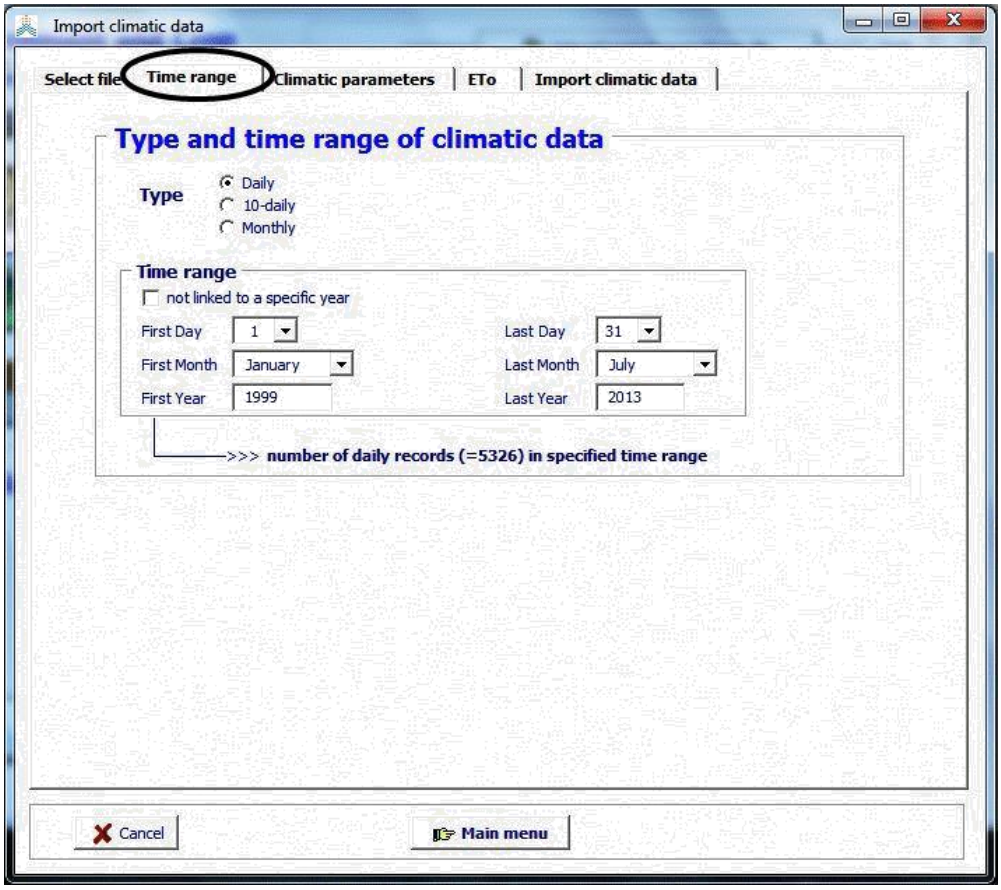
- أسطر البيانات (الصفوف) والتي يتوافق عددها مع عدد الأيام أو العشريات أو الأشهر في المجال الزمني الذي يغطي البيانات المناخية.
- الأعمدة والذي يتوافق مع عدد العوامل المناخية الموجودة في الملف النصي.

في الشكل (2b9.2) تم اختيار الملف النصي 'Eldoret.txt' والذي يحتوي 5,326سطرا وأربعة أعمدة من البيانات المناخية (سجل طويل لبيانات يومية للحرارة العظمى والحرارة الدنيا ومتوسط درجة الحرارة والهطول المطري لعدة سنوات). يتم تحديد المجال الزمني والعوامل المناخية في الصفحتين المبوبتين المجال الزمني 'Time range' والعوامل المناخية 'Climatic parameters'.

- **واجهة المجال الزمني 'Time range':**

يحدد المستخدم في واجهة المجال الزمني (الشكل 3b9.2) نوع البيانات (يومية أو عشرية أو شهرية) والمجال الزمني (من تاريخ .... إلى تاريخ). لا ترتبط البيانات المناخية بعام محدد إذا كانت عبارة عن متوسطات لعدة سنوات وفي هذه الحالة لا يتم تحديد عام معين ويتم اختيار الخيار (not linked to a specific year). يعرض البرنامج عدد سجلات البيانات ضمن المجال، عند قيام المستخدم بتعديل المجال الزمني في الصفحة المبوبة. يجب أن يتطابق عدد السجلات مع عدد الأسطر في الملف النصي الذي يحتوي البيانات المناخية. بالنسبة للملف الذي تم اختياره في الشكل (2b9.2) 'Eldoret.txt' بأسطره البالغة 5,326 نجد أنه يوجد فعليا 5,326 يوما بين تاريخ البداية (1 January 1999) وتاريخ النهاية (31 July 2013)

المحددين للمجال الزمني (الشكل 3b9.2). إذا لم يتطابق عدد سجلات البيانات مع عدد الأسطر في الملف النصي، يظهر التنبيه (عدل مجال البيانات 'Adjust time range') ولا يمكن استيراد البيانات.



شكل (3b9.2): الصفحة المبوبة المجال الزمني 'Time range' من قائمة استيراد بينات مناخية *Import climatic data* للملف 'Eldoret.txt' (يحوي سجل طويل من البيانات اليومي ة للحرارة والهطول المطري).

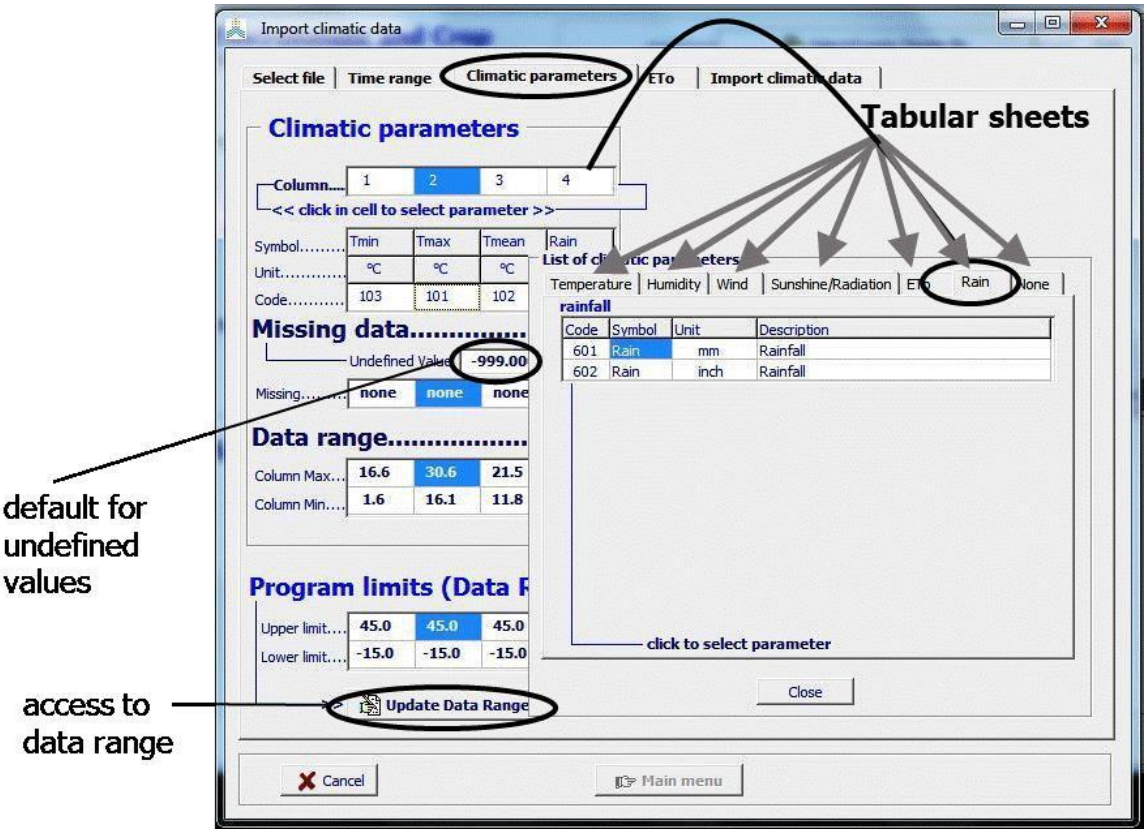
- **الصفحة المبوبة العوامل المناخية 'Climatic parameters':**

يقوم المستخدم بتحديد العوامل المناخية ووحداتها (البيانات الموجودة في الأعمدة) في واجهة العوامل المناخية (4b 9.2). باختيار أحد أرقام الأعمدة تظهر لائحة بالعوامل المناخية التي يمكن استيرادها في برنامج AquaCrop (الجدول 1b9.2). تظهر العوامل في ست واجهات تجمعهم بأسماء بيانات (حرارة ورطوبة هواء وسرعة رياح وإشعاع وسطوع شمسيين وتبخر-نتح مرجعي وهطول مطري). توجد واجهة إضافية معنونه (لا شيء 'None') تستخدم لتحديد عمود معين يحتوي بيانات لا تنتمي للبيانات المناخية وفي هذه الحالة سيتم استبعاد هذه البيانات ولا يمكن استيرادها إلى برنامج AquaCrop.

عند تحديد عامل مناخي لعمود معين يظهر البرنامج ما يلي:

- الرمز Symbol والوحدة Unit والدليل Code للعامل المناخي المختار.
- عدد البيانات المفقودة Missing data في كل عمود من الملف النصي. تستخدم القيمة الافتراضية (-999.0000) للإشارة إلى البيانات المفقودة وهذه القيمة يمكن تعديلها للإشارة إلى البيانات المفقودة في ملف نصي معين. يوجد في برنامج AquaCrop إجراءات لتقدير قيمة النتح-تبخر المرجعي في حال وجود بيانات مفقودة للرطوبة أو الإشعاع أو السطوع الشمسي أو سرعة الرياح. لا تتوفر مثل هذه الإجراءات لتقدير قيمة بيانات مفقودة من درجات الحرارة الدنيا والعظمى للهواء أو الهطول المطري أو بيانات تبخر-نتح مرجعي مستوردة مباشرة. لذلك لا يمكن استيراد سجلات (Tmax, Tmin, Rain, ETo) تحوي بيانات مفقودة.
- مجال البيانات Data range (الحدود الدنيا والعظمى) للعامل المناخي المختار كما وردت في الملف النصي. هذه القيم يجب أن تقع ضمن الحدود المحددة في البرنامج. ولا يمكن استيراد البيانات إذا كانت حدود البرنامج أصغر من مجال البيانات الموجودة في الملف.
- الحدود المحددة في البرنامج Program limits (أعلى وأدنى حد) هي الحدود التي يقوم البرنامج باستخدامها لكل عامل مناخي يتم اختياره. هذه الخاصية تتيح تفحص المجال للبيانات المستوردة. يستطيع المستخدم أن يعدل الحدود

المستخدمة في البرنامج عن طريق حدود البيانات المناخية *Limits of climatic data* (شكل 7b9.2) إذا وجد أن حدود البرنامج صغيرة جدا أو كبيرة جدا. يتم استعراض القائمة المذكورة باختيار أمر عدل حدود البيانات <Update Data Range> عند أسفل واجهة العوامل المناخية 'Climatic parameters'.



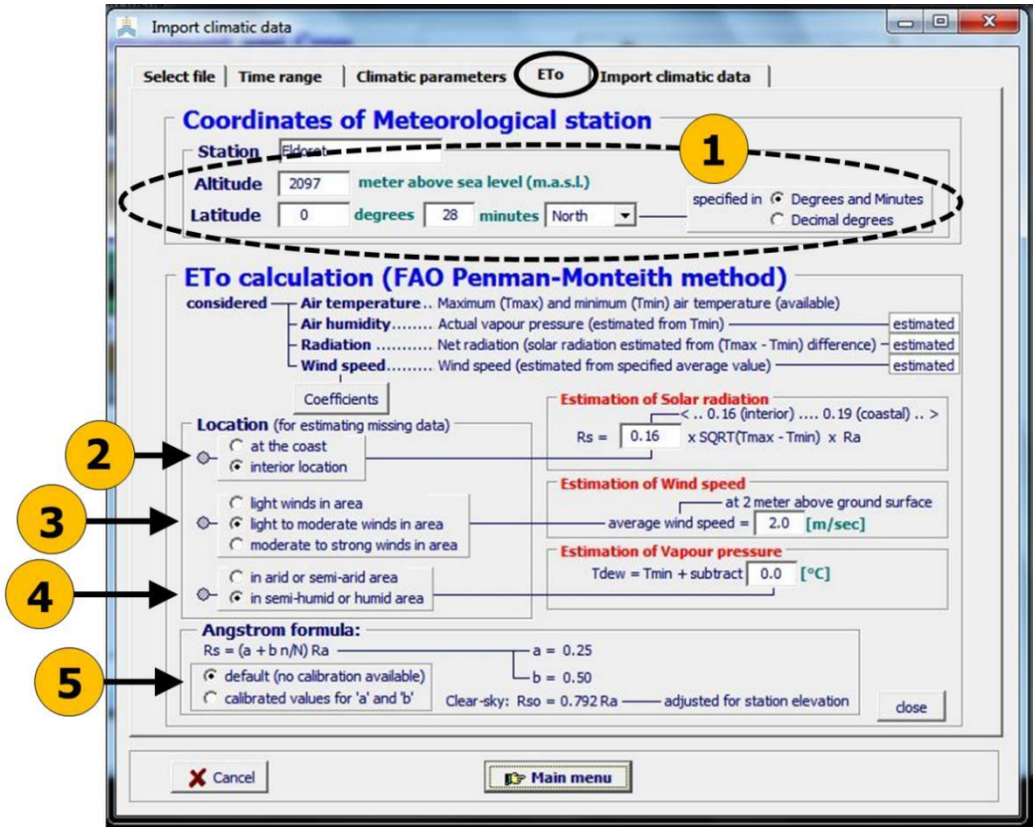
الشكل (4b9.2): الصفحة المبوبة العوامل المناخية 'Climatic parameters' من قائمة استيراد بينات مناخية *Import climatic data* للملف 'Eldoret.txt' (يحوي سجل طويل من البيانات اليومي ة للحرارة الدنيا والعظمى ومتوسط الحرارة والهطول المطري).

- **واجهة التبخر-نتح المرجعي 'ETo':**

في حال توفر بيانات كافية لحساب التبخر-نتح المرجعي ضمن البيانات المستوردة ، يقوم المستخدم بتحديد المعلومات حول الحساب والبيانات المطلوبة للحساب في الصفحة المبوبة ETo (الشكل 5b9.2) والتي تتألف من:

- **إحداثيات المحطة المناخية Coordinates of Meteorological station (خط العرض Latitude والارتفاع Altitude):** وهذه المعلومات مطلوبة لحساب الثابت السيكرومتري psychrometric constant (γ) والإشعاع عند الغلاف الجوي extra-terrestrial radiation (Ra) وعدد ساعات السطوع الشمسي الأعظمي أو طول اليوم (N). سيظهر تنبيه لتعديل الإحداثيات طالما بقيت قيم خط العرض والارتفاع الافتراضية (222 m.a.s.l. and 22°22' N) ولا يمكن استيراد البيانات لحساب التبخر-نتح المرجعي.
- **البيانات المناخية المعتمدة لحساب النتح تبخر المرجعي:** يتم حساب التبخر-نتح المرجعي باستخدام طريقة FAO Penman-Monteith المنشورة في كتيب(FAO Irrigation and Drainage paper Nr. 56 (Allen et al. 1998. نحتاج لحساب ETo للبيانات التالية :1- حرارة الهواء 2-رطوبة الهواء 3- الإشعاع 4- سرعة الرياح. في المثال في الشكل (5b9.2) لملف 'Eldoret.txt' النصي الذي يحتوي على سجل طويل لبيانات حرارة وهطول مطري يومية نجد أن بيانـــات الحرارة الدنيـــا والحرارة العظمى فقط متوفرة (العمودان 1 و2). سيتم تقدير قيمة ضغط بخار الماء المطلوب من الحرارة الدنيا وتقدير الإشعاع الشمسي المطلوب من الفرق بين القيمة العظمى والقيمة الدنيا لحرارة الهواء (Tmax-Tmin). وسيتم استخدام القيمة المحددة لمتوسط سرعة الرياح.

- **المعاملات المطلوبة لحساب التبخر-نتح المرجعي في حال عدم توفر بيانات الإشعاع وسرعة الرياح و/أو رطوبة الهواء:** يتم استخدام الطريقة المنشورة في الكتيب FAO Irrigation and Drainage paper Nr. 56 لتقدير قيمة بيانات الإشعاع أو سرعة الرياح أو رطوبة الهواء المفقودة.
  - **طريقة فرق درجات الحرارة :**(استخدام الجذر التربيعي للفرق بين درجات الحرارة العظمى والدنيا) لتقدير **قيمة الإشعاع الشمسي المفقودة (Rs).** معامل التعديل (kRs) هو معامل تجريبي ويختلف ما بين المنطقة الساحلية والمنطقة الداخلية. يمكن استخدام القيمة الافتراضية في حال عدم وجود قيم معتمدة للمعامل (kRs) وذلك باختيار الخيار المناسب لموقع المحطة المناخية (جدول 3b9.2).
  - يمكن اختيار تصنيف عام لمتوسط سرعة الرياح من أجل بيانات الرياح المفقودة. كما يمكن إدخال قيمة عامة في الحقل تنقيح أو 'Edit' أو اختيار الخيار المناسب لموقع المحطة المناخية (جدول 3b9.2).
  - **تقدير ضغط بخار الماء الفعلي:** عندما تكون بيانات رطوبة الهواء غير متوفرة أو غير دقيقة، يتم تقدير ضغط بخار الماء الفعلي بافتراض أن درجة حرارة نقطة الندى (Tdew) قريبة من درجة حرارة الهواء الدنيا (Tmin).تصلح العلاقة Tdew ≈ Tmin للمواقع الرطبة وشبه الرطبة. أما في المناطق الجافة فيمكن أن يكون الهواء غير مشبع عند درجة الحرارة الدنيا وفي هذه الحالة يكون التقدير الأفضل لدرجة حرارة نقطة الندى بطرح درجتين إلى ثلاث درجات من درجة حرارة الهواء الدنيا. في حال غياب قيم معايرة يمكن استخدام القيم الافتراضية للمنطقة باختيار الخيار المناسب لموقع المحطة المناخية (جدول 3b9.2).



الشكل (5b9.2): واجهة التبخر-نتح المرجعي 'ETo'من قائمة استيراد بيانات مناخية *Import climatic data* للملف'Eldoret.txt' (يحوي سجل طويل من البيانات اليومية للحرارة الدنيا والعظمى والهطول المطري). (1) تحديد الإحداثيات (2) اختيار تقدير قيمة الإشعاع الشمسي المفقود (3) سرعة الرياح (4) ضغط البخار (5) قيم معاملات علاقة Angstrom.

- **معاملات علاقة Angstrom لحساب الإشعاع الشمسي إذا كان مختلفا عن القيمة الافتراضية:** يستخدم برنامج AquaCrop علاقة Angstrom لتقدير الإشعاع الشمسي الوارد (Rs) عندما يكون الإشعاع الصافي (Rn) غير متوفر. ينصح باستخدام القيم الافتراضية للثابتين (a= 0.25، b=0.5) في حال غياب قيم معايرة لهذين الثابتين. نحتاج لقيمة النسبة بين الإشعاع الشمسي الوارد (Rs) وقيمة الإشعاع الشمسي في سماء صافية (Rso) لتقدير إشعاع الأمواج الطويلة الخارج. ينصح بتعديل قيمة ارتفاع

المحطة عند حساب (Rso) في حال غياب قيم معايرة للثابتين a وb وفي حال وجودها فيمكن إدخالها (شكل 5b9.2).

جدول 3b9.2: القيم الافتراضية لتقدير البيانات المناخية المفقودة

العامل المفقود	موقع المحطة المناخية	القيمة الافتراضية	
الإشعاع الشمسي (Rs)	▪ عند الشاطئ. ▪ موقع داخلي.	kRs = 0.19	طريقة فرق الحرارة
		kRs = 0.16	
سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر عن سطح التربة (u2)	▪ رياح خفيفة ▪ رياح خفيفة إلى معتدلة ▪ رياح معتدلة إلى قوية	▪ u2= 0.5 m/sec ▪ u2= 2.0 m/sec ▪ u2= 4.0 m/sec	
▪ ضغط البخار ▪ درجة حرارة نقطة الندى	▪ في منطقة جافة أو شبه جافة ▪ في منطقة رطبة أو شبه رطبة	▪ Tdew ≈ Tmin – 2°C ▪ Tdew ≈ Tmin	

- **واجهة استيراد بيانات مناخية 'Import climatic data':**

يقوم المستخدم في واجهة استيراد بيانات مناخية 'Import climatic data' (شكل 6b9.2) بتعديل:

- المجلد الذي سيتم حفظ ملفات البيانات المناخية فيه. يستطيع المستخدم تغيير مسار المكتبة الافتراضية (المكتبة الفرعية 'DATA' ضمن مجلد AquaCrop) باستخدام الأمر مسار <Path>.
- الأسماء والتوصيفات الافتراضية لملفات الحرارة والتبخر-نتح المرجعي والهطول المطري. يمكن إنشاء هذه الملفات فقط إذا كان: 1-المجال الزمني محددا بشكل سليم 2-تتوفر بيانات مناخية كافية 3- إذا كانت البيانات المناخية ضمن الحدود المحددة للبرنامج 4- إحداثيات المحطة المناخية قد تم تعديلها (مطلوب فقط في حالة حساب التبخر-نتح المرجعي).
- الاسم والتوصيف الافتراضيين لملف المناخ ('CLI .') والذي لا يمكن إنشاؤه إلا بعد إنشاء ملفات الحرارة والتبخر-نتح المرجعي والمطر ('Tnx', 'ETo' and 'PLU') كما هو الحال للملف النصي 'Eldoret.txt' في الشكل (6b9.2).

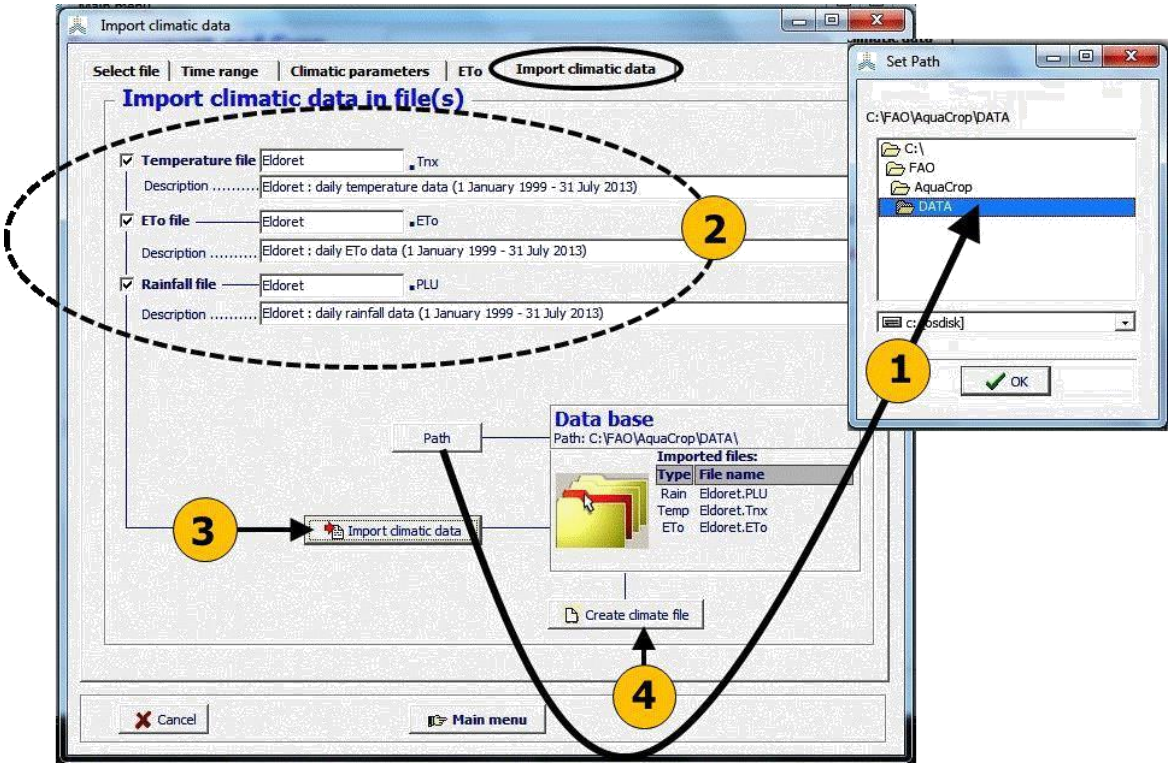
في الشكل (6b9.2) للملف النصي 'Eldoret.txt' (ملف نصي يحتوي سجل طويل من البيانات اليومية للحرارة والهطول المطري): تم إنشاء ملف حرارة 'Eldoret.txt'. Tnx' يحتوي البيانات اليومية المستوردة للحرارة الدنيا والعظمى وملف تبخر-نتح مرجعي 'Eldoret.ETo' يحتوي القيم المحسوبة للقيم اليومية للتبخر-نتح المرجعي وملف هطول مطري 'Eldoret.PLU' يحتوي البيانات اليومية المستوردة للهطول المطري. يمكن إنشاء ملف مناخي 'Eldoret.CLI من الملفات السابقة مع الملف الافتراضي MaunaLoa.CO2.

يتم إنشاء الملفات (بالبيانات المناخية المستوردة) باستخدام الأمر استيراد البيانات المناخية <Import climatic data> وتحفظ في المجلد المحدد من قبل المستخدم (الافتراضي هو المجلد DATA في مجلد AquaCrop).

- **مجال البيانات**

يمكن تعديل الحدود التالية للحصول على تفحص أكثر تحديدا أو أكثر مرونة للبيانات المستوردة:**:**

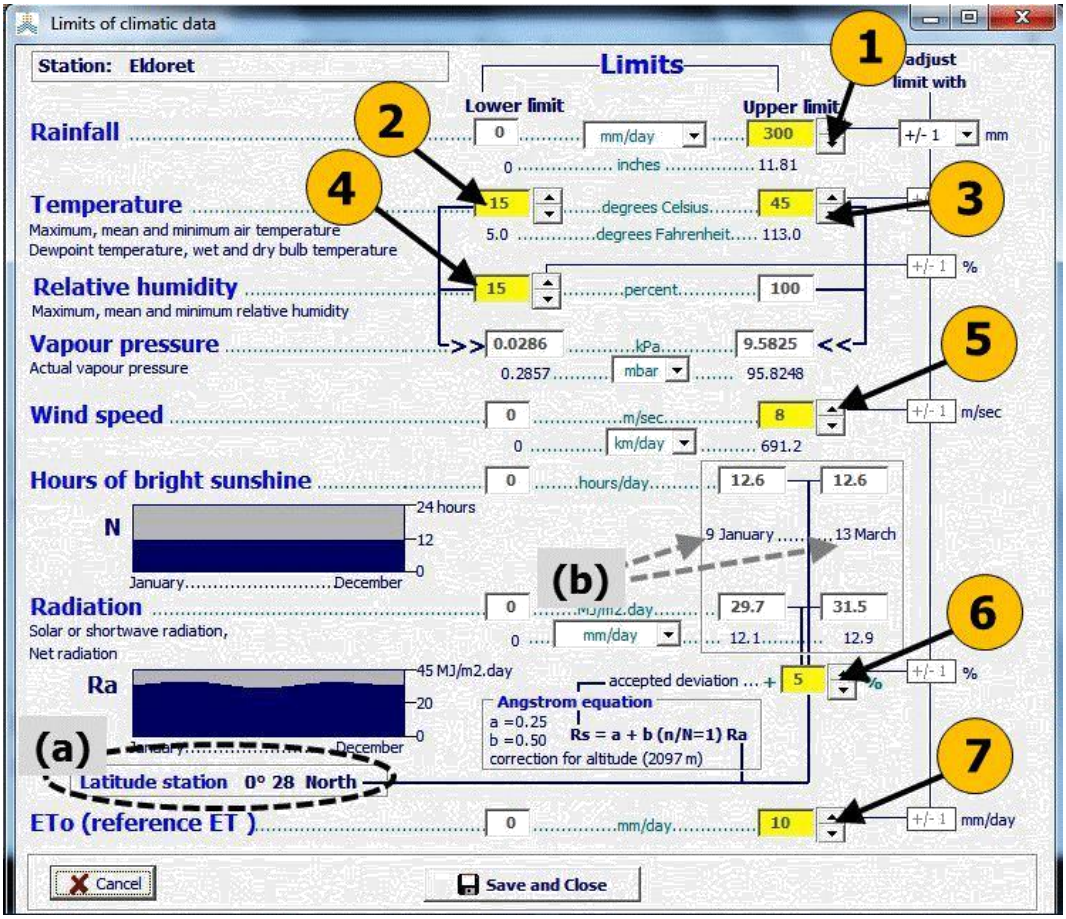
- **الحد الأعلى لبيانات للهطول المطري:** يختلف الحد الأعلى لبيانات الهطول المطري حسب نوع البيانات (يومية أو عشرية أو شهرية).
- **حدود درجة الحرارة والرطوبة النسبية وضغط بخار الماء:** تغيير الحدود لأي عامل من العوامل الثلاث سيؤدي إلى تغيير الحدود لباقي العوامل لأن هذه العوامل مرتبطة.
- **الحدود العليا لسرعة الرياح:** يتم التعبير عن سرعة الرياح للبيانات اليومية والعشرية والشهرية كمتوسط يومي.
- **الحدود العليا لبيانات الإشعاع والسطوع الشمسي:** يتحدد الحد الأعلى بخط العرض الذي تقع عليه المحطة والوقت من العام. ويسمح بمقدار من التجاوز في التقدير إذا وجد المستخدم ذلك مقبولا. يتم تحديد خط العرض والارتفاع في الصفحة المبوبة 'ETo' من قائمة استيراد البيانات المناخية *Import climatic data* (شكل 5b9.2).
- **الحدود العليا لقيم التبخر-نتح المرجعي المستوردة مباشرة:** يتم التعبير في برنامج AquaCrop عن قيم التبخر-نتح المرجعي اليومي والعشري والشهري كقيمة متوسط يومي.



الشكل 6b9.2: واجهة استيراد البيانات المناخية 'Import climatic data'. من قائمة استيراد بيانات مناخية *Import climatic data* للملف 'Eldoret.txt' (يحوي سجل طويل من البيانات اليومية للحرارة الدنيا والعظمى والهطول المطري). (1) تحديد المجلد (2) أسماء وتوصيفات ملفات البيانات المناخية (3) باختيار الأمر <Import climatic data> يتم استيراد البيانات المناخية بالتنسيق المطلوب (4) يمكن إنشاء ملف مناخي

جدول (4b9.2) القيم الافتراضية لتفحص مجال البيانات

العوامل المناخية	الحد الأدنى	الحد الأعلى
مجموع الهطول المطري	0 mm	300 mm/day 1,000 mm/10-day 2,000 mm/month
درجة الحرارة	-15 °C	+ 45 °C
الرطوبة السبية	15 %	100%
متوسط سرعة الرياح اليومية	0 m/sec	8 m/sec
الانحراف عن الإشعاع اليومي الأعظمي الممكن (معطى بخط العرض والوقت من العام)	0 %	5 %
متوسط التبخر-نتح اليومي	0 mm/day	10 mm/day



الشكل 7b9.2: قائمة حدود البيانات المناخية *Limits of climatic data* حيث يمكن تعديل الحدود الدنيا والعليا لكل من: (1) مجموع الهطول المطري (2) و (3) درجة الحرارة (4) الرطوبة النسبية (5) سرعة الرياح اليومية (6) الانحراف عن الإشعاع اليومي الأعظمي الممكن (يعطى ب (a) خط العرض (b) الوقت من العام) و(7) التبخر-نتح المرجعي اليومي.

3.9.2 ملفات ثاني أكسيد الكربون CO2

يتم حفظ المتوسطات السنوية لتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في ملفات CO_2. يعتمد نوع ملفات CO_2 التي يجب إنشاؤها أو استخدامها على نوع التطبيق المطلوب.

- **تشغيل محاكاة ببيانات مناخية تاريخية أو لأجل المستقبل القريب:**

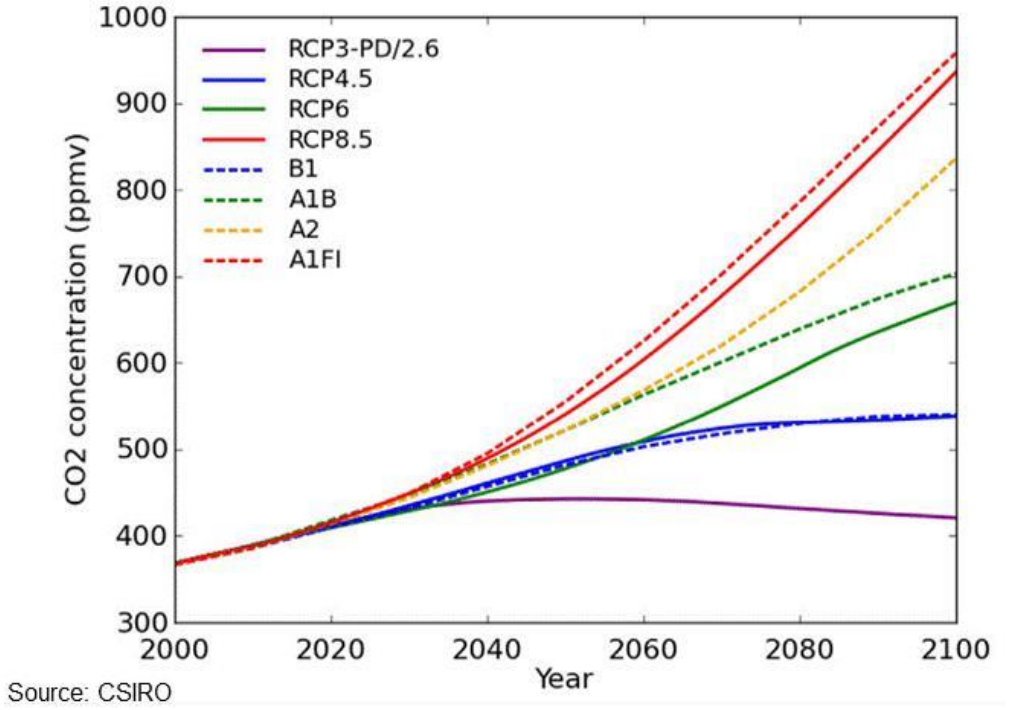
لا يحتاج المستخدم لإنشاء ملف CO2 عند تشغيل محاكاة ببيانات مناخية تاريخية أو للمستقبل القريب (السنوات العشرة القادمة) حيث يمكن استخدام الملف الافتراضي المعتبر 'MaunaLoa.CO2' (يكون عادة محفوظا في المكتبة الفرعية SIMUL ضمن AquaCrop). يحتوي هذا الملف المتوسطات السنوية لتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي المسجلة في مرصد Mauna Loa منذ عام 1958. تستخدم البيانات التي تم الحصول عليها من عينات الجليد والسرخس من أجل السنوات الأقدم من عام 1958, أما من أجل التقديرات المستقبلية فيمكن اعتبار زيادة مقدارها جزءان في المليون (2.0 ppm) والتي يمكن اعتبارها مقبولة للسنوات العشرة القادمة.

- **تشغيل محاكاة لسنوات مستقبلية:**

  - يمكن استخدام ملفات CO2 من (Special Report on Emissions Scenarios) SRES لتقدير غلة المحاصيل في السنوات المستقبلية. تحتوي هذه الملفات البيانات المشتقة من سيناريوهات انبعاث مختلفة وهي موجودة في المكتبة الفرعية DATA ضمن AquaCrop وهذه الملفات هي 'A1B.CO2'، 'A2.CO2', 'B1.CO2' and 'B2.CO2' . تفترض توقعات تراكيز ثاني أكسيد الكربون في هذه الملفات سيناريوهات اقتصادية-اجتماعية مختلفة (الشكل c9.2).

- توجد بالإضافة للملفات الأربعة السابقة أربعة ملفات مختلفة من RCP's (Representative Concentration Pathways) موجودة في قاعدة بيانات AquaCrop وهذه الملفات هي 'RCP2-6.CO2'، 'RCP4-5.CO2' ، 'RCP6-0.CO2' 'RCP8-5.CO2'. تمثل RCP's (كما SRES) مجالا واسعا من المخرجات المناخية. كل ملفRCP ينتج من تركيبة مختلفة من السياسات الاقتصادية والتكنولوجية والسكانية والمؤسساتية المقبلة (الشكل c9.2).
- يستطيع المستخدم أيضا أن ينشئ:
  - ملفات CO2 تحتوي بيانات مسجلة أو متوقعة لتراكيز ثاني أكسيد الكربون السنوية في الغلاف الجوي لعدة سنوات.
  - ملفات CO2 تحتوي قيمة محددة لتركيز ثاني أكسيد الكربون السنوي في الغلاف الجوي (مثلا 550 ppm) لاختبار تأثيرها على إنتاجية المحاصيل.

يجب المحافظة على بنية ملف CO2 عند إنشاء ملف جديد (23.2 ملفات المدخلات).

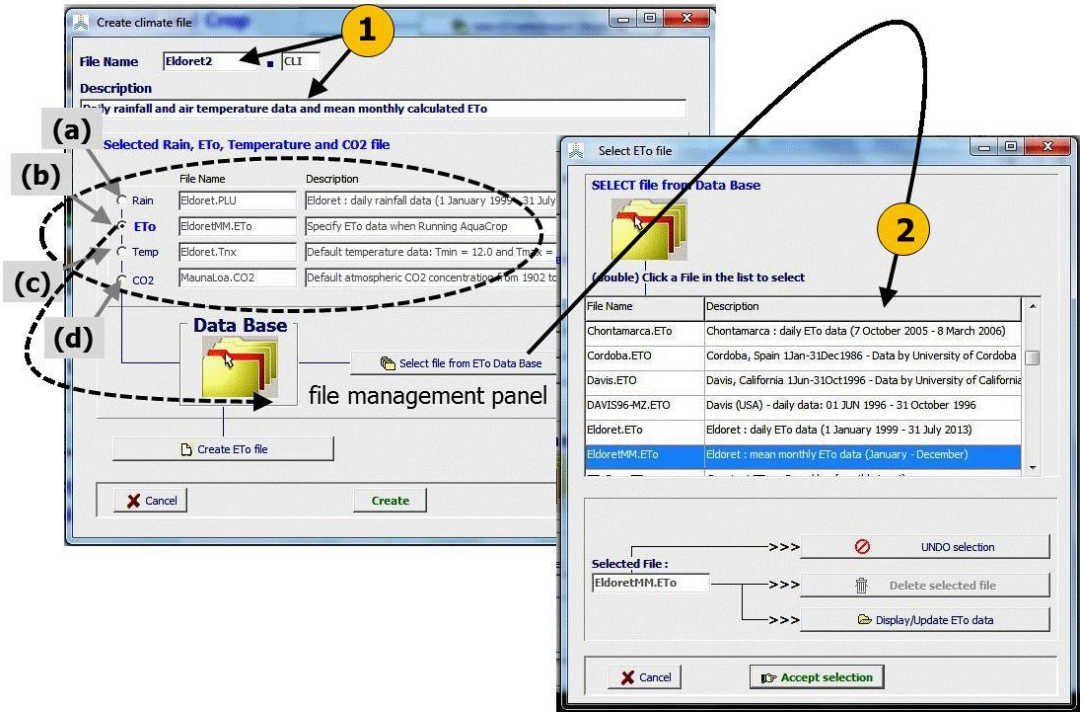


الشكل c9.2: مخططات تركيز CO2 حسب أربعة سيناريوهات مختلفة (RCP) و(SRES) موجودة في قاعدة بيانات AquaCrop.

4.9.2 إنشاء ملف مناخي

يمكن إنشاء ملف مناخي (بلاحقة CLI) من البيانات المناخية المحفوظة في الملفات ذات اللواحق Tnx, ETo, CO2 PLU:

- باختيار الخيار إنشاء ملف مناخي 'Create climate file' في قائمة اختر ملف مناخي *Select climatic file* menu (شكل 6b9.2). باختيار الأمر إنشاء ملف مناخي <Create climate file> حيث يتم إنشاء ملف مناخ في قائمة إنشاء ملف مناخ *Create climate file* (شكل d9.2).

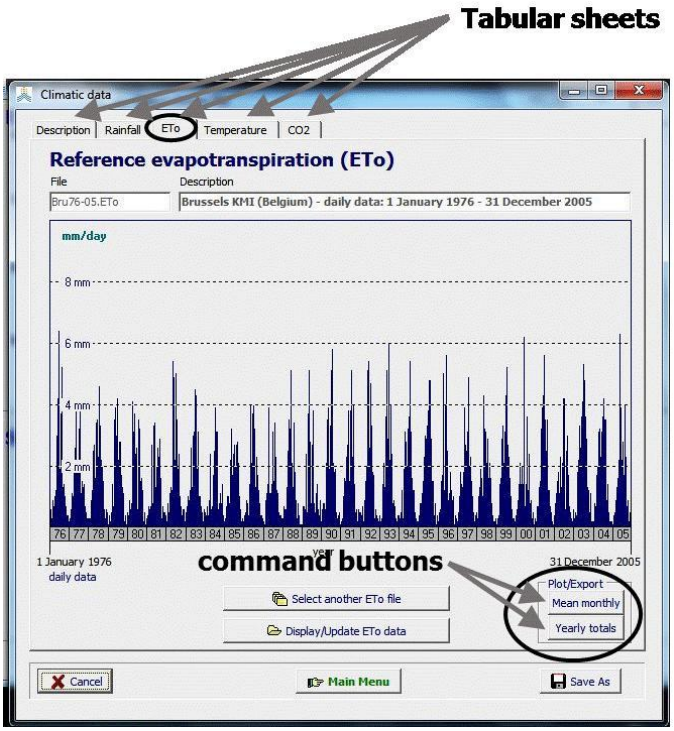


الشكل d9.2: قائمة إنشاء ملف مناخي Create climate file حيث يقوم المستخدم بتشكيل الملف المناخي ب (1) تحديد اسمه وتوصيفه (2) باختيار ملفات (a) مجموع الهطول المطري و (b) التبخر-نتح المرجعي اليومي. (c) درجة حرارة الهواء (d) CO2 من قاعدة البيانات.

5.9.2 استعراض وتعديل البيانات المناخية وتصدير البيانات المجمعة Display and update of climatic data and export of aggregated data

يتم عرض وتجميع البيانات المناخية المدخلة في واجهات مختلفة (شكل 1e9.2) في قائمة البيانات المناخية *Climatic data* وقائمة استعراض خصائص المناخ *Display of climate characteristics*. تتوافر في هذه الواجهات خيارات مختلفة للقيام بما يلي:

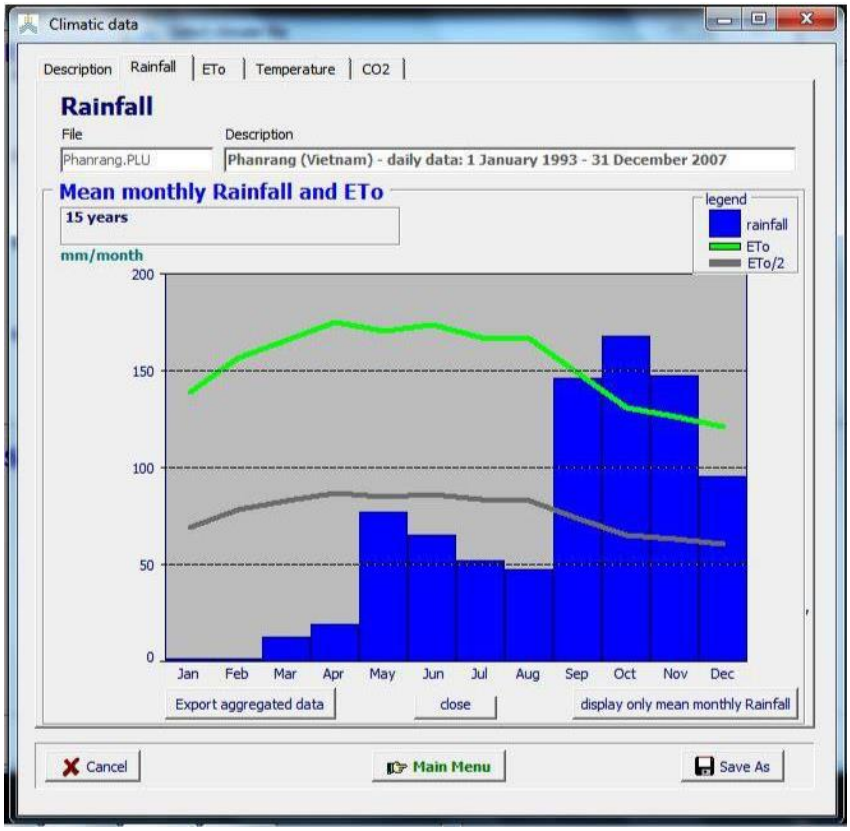
- تعديل البيانات المناخية باختيار ملف هطول مطري أو حرارة أو تبخر-نتح مرجعي جديد أو بتعديل البيانات المناخية مباشرة في أحد الملفات.
- التمثيل البياني للمتوسط الشهري أو المجموع السنوي للبيانات المناخية (جدول e9.2). تساعد هذه البيانات في تقييم الظروف المناخية التي يزرع فيها المحصول.



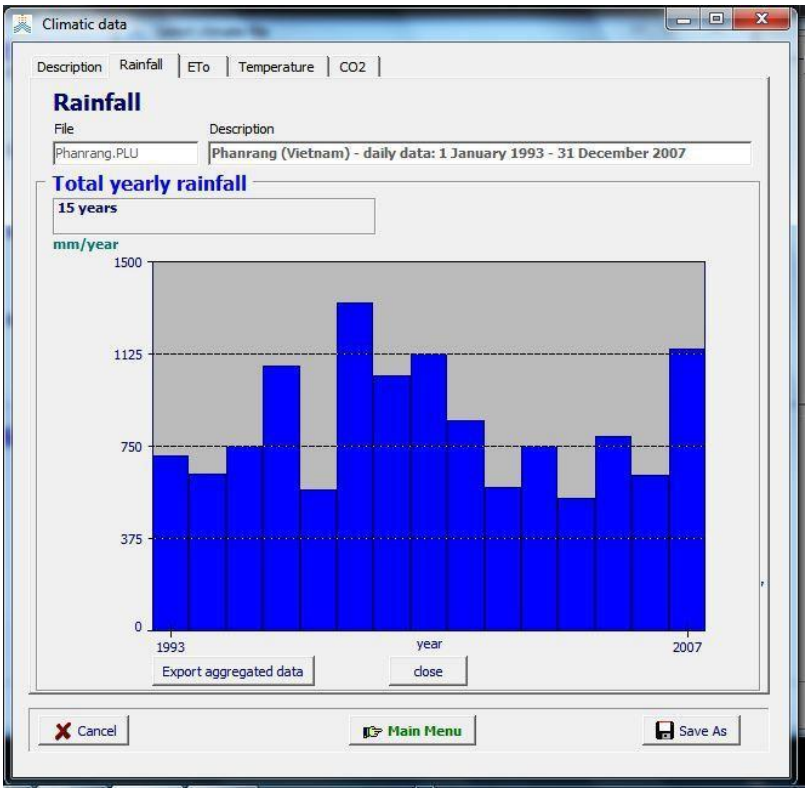
الشكل 1e9.2: خيارات أوامر Command buttons في الزاوية السفلية اليمنى من واجهة 'ETo' من قائمة البيانات المناخية *Climatic data* menu لرسم المتوسط الشهري والمجموع السنوي.

جدول e9.2: خيارات الأوامر Command buttons في الزاوية السفلية اليمنى من قائمة البيانات المناخية *Climatic data* menu وقائمة استعراض اختصاص البيانات المناخية *Display of climate characteristics*

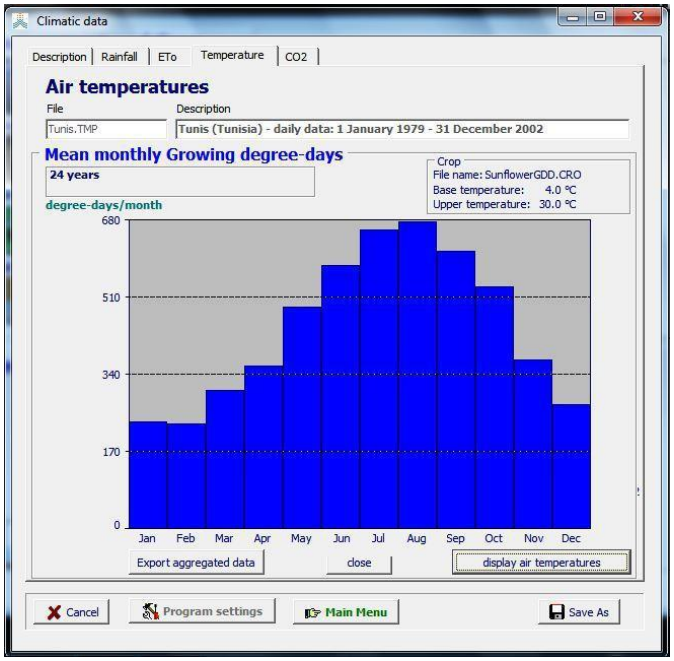
الواجهة **Tabular sheet**	خيارات الأوامر **command Buttons**	الوصف **Description**
Rainfall **الهطول المطري**	متوسط شهري Mean Monthly (مع خيار إظهار الهطول المطري مع أو بدون متوسط التبخر-نتح المرجعي ETo)	تمثيل بياني: - لمتوسط الهطول الشهري. - متوسط الهطول الشهري مع التبخر –نتح المرجعي ونصف التبخر –نتح المرجعي (الشكل 2e9.2).
	إجمالي الهطول السنوي Yearly totals	إجمالي الهطول السنوي (الشكل 3e9.2) ضمن مدة البيانات المناخية المتوفرة.
ETo **تبخر-نتح مرجعي**	متوسط شهري Mean Monthly (مع خيار للإظهار بالمم / يوم أو مم / شهر)	تمثيل بياني لمتوسط التبخر –نتح المرجعي الشهري بالمم / يوم أو بالمم / شهر.
	إجمالي التبخر-نتح المرجعي السنوي Yearly totals	إجمالي التبخر-نتح المرجعي السنوي ضمن مدة البيانات المناخية المتوفرة.
درجة الحرارة **Temperature**	متوسط شهري Mean Monthly (مع خيار الإظهار كدرجة حرارة محصول تراكمية)	تمثيل بياني لمتوسط درجة الحرارة الشهري، درجة حرارة المحصول التراكمية الشهرية (الشكل 4e9.2)
	قيم سنوية Yearly Values (مع خيار الإظهار كدرجة حرارة محصول تراكمية)	متوسط درجة الحرارة السنوي إجمالي درجة حرارة المحصول التراكمية السنوية. ضمن مدة البيانات المناخية المتوفرة. عند إظهار البيانات بشكل درجة حرارة محصول تراكمية، يؤخذ بعين الاعتبار درجتي الحرارة الدنيا والعليا لتطور المحصول للمحصول المختار.



الشكل 2e9.2: متوسط الهطول الشهري والتبخر-نتح المرجعي في Phanrang (Vietnam) للفترة من 1993 حتى 2007 في واجهة الهطول المطري 'Rainfall' في قائمة البيانات المناخية *Climatic data*.

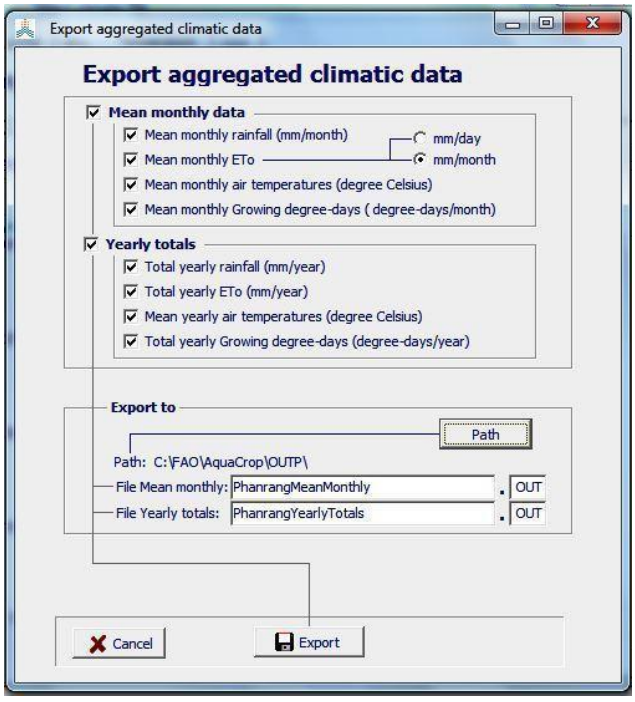


الشكل 3e9.2: إجمالي الهطول المطري السنوي في Phanrang (Vietnam) للفترة من 1993 حتى 2007 في واجهة الهطول المطري 'Rainfall' في قائمة البيانات المناخية *Climatic data*. .



الشكل (4e9.2): المتوسط الشهري لدرجة حرارة نمو المحصول التراكمية لمحصول مع درجة حرارة دنيا لنمو المحصول 4 د^{0}ودرجة حرارة عليا لنمو المحصول 30 د^{0}في مدينة تونس للفترة من 1979 حتى 2002 في واجهة درجة الحرارة 'Temperature' في قائمة البيانات المناخية *Climatic data*.

يمكن تصدير بيانات المتوسط الشهري والإجمالي السنوي للهطول المطري والتبخر-نتح المرجعي ودرجة حرارة الهواء ودرجة الحرارة التراكمية للمحصول من أجل المزيد من المعالجة (كتحليل التكرار مثلا) بواسطة الأمر تصدير بيانات مجمعة 'Export aggregated data' في الزاوية السفلية اليسرى من صندوق عرض بيانات المتوسطات الشهرية والإجمالي السنوي (الاشكال من 2e9.2 حتى 4e9.2). يتم تحديد البيانات التي سيتم تصديرها وأسماء الملفات الحاوية للبيانات المجمعة والمسار في قائمة تصدير البيانات المجمعة (5e9.2). يجري حفظ الملفات افتراضيا في المكتبة OUTP في مجلد AquaCrop.



الشكل 5e9.2: قائمة تصدير بيانات مناخية مجمعة Export aggregated climatic data

6.9.2 إعدادات البرنامج Program Settings

من قائمة البيانات المناخية، يمكن للمستخدم الوصول إلى إعدادات البرنامج الظاهرة في الجدول f9.2 يتم التمييز في إعدادات البرنامج من أجل الهطول المطري في 10-أيام أو الهطول المطري الشهري، وكذلك من أجل بارامترات درجة الحرارة.

الجدول f9.2: إعدادات البرنامج لبارامترات درجة الحرارة والإجراءات عند المحاكاة باستخدام بيانات 10-أيام أو بيانات هطول مطري شهري.

الرمز	بارامترات البرنامج	الافتراضي
	بارامترات درجة الحرارة ▪ طريقة تقدير (درجات حرارة النمو التراكمية) -(انظر الفصل 3). ▪ افتراضي الحد الأدنى (T_n) والحد الأقصى (T_x) لدرجة حرارة الهواء في حال عدم وجود ملف درجات الحرارة.	الطريقة Method 3 Tn = 12 °C Tx = 28 °C
	الهطول المطري 10-أيام أو الشهري إجراءات لتقدير الأمطار الفعالة والجريان السطحي والتبخر من التربة عندما تكون بيانات الهطول المطري مؤلفة من مجاميع لـ 10-أيام أو مجاميع شهرية (انظر الفصل 3). ▪ الأمطار الفعالة (effective rainfall): طريقة الحساب ▪ الأمطار الفعالة: نسبة مئوية (جزء من الهطول المطري) ▪ الجريان السطحي: وابل من الهطول المطري في كل 10-أيام ▪ التبخر من التربة: عدد الجذر root number	▪ USDA-SCS ▪ 70 ▪ 2 ▪ 5

10.2 خصائص المحصول Crop Characteristics

1.10.2 بارامترات المحصول Crop Parameters

- **نوع المحصول Crop Type**

يختلف عدد ونوع بارامترات المحصول قليلاً مع اختلاف نوع المحصول المختار عند إنشاء محصول جديد في برنامج AquaCrop (الفقرة 3.6.2). يتم التمييز بين:

- المحاصيل المنتجة للثمار أو الحبوب fruit/grain producing crops(مع فترة تشكيل الغلة، ابتداءً من الإزهار flowering التي خلالها يتم بناء مؤشر الحصاد Harvest Index).
- محاصيل الخضار الورقية leafy vegetable cropsحيث لا تؤخذ معلومات الإزهار بعين الاعتبار، ويبنى مؤشر الحصاد بدءاً من الإنبات).
- المحاصيل الجذرية والدرنية root and tuber crops (مع فترة تشكيل الغلة، بدءاً من تكوين الدرنات أو تضخم الجذر، التي يبنى خلالها مؤشر الحصاد).
- المحاصيل العلفية forage crops(المحاصيل الخاضعة للقص (القطع) أكثر من مرة بالسنة ربما تسبب في تغيير بعض خصائص المحصول بعد القص).

- **المحاصيل المعايرة Calibrated Crops**

تحتوي قاعدة بيانات AquaCrop على بارامترات تمت معايرتها والتحقق منها للمحاصيل التالية: الشعير، القطن، الذرة، البطاطا، كينوا، الأرز، السرغوم (الذرة الرفيعة)، فول الصويا، الشوندر السكري، قصب السكر، عباد الشمس، التيف, البندورة, والقمح. يوجد في المنشورات ملفات محاصيل أخرى. قد تكون هذه الملفات صالحة للبيئات التي تصفها فقط، وقد تحتاج إلى المزيد من المعايرة عند تغير الشروط البيئية عن تلك المذكورة في المنشورات. يمكن الوصول إلى مكتبة رقمية لمراجع لجميع منشورات AquaCrop في: https://www.zotero.org/groups/aquacrop_publication .

- **بارامترات المحاصيل المحافظة والمتعلقة بالصنف وغير المحافظة Conservative, cultivar specific and non-conservative crop parameters**

يتم التمييز بين (جدول a10.2):

- **بارامترات المحاصيل المحافظة:** لا تتغير بشكل جوهري مع مرور الزمن أو الممارسات الإدارية أو الموقع الجغرافي أو المناخ. ومن المفترض أيضاً أن هذه البارامترات لا تتغير مع الأصناف ما لم يظهر خلاف ذلك. مثل عتبات الإجهادات وإنتاجية المياه المعدلة للكتلة الحيوية (*WP).
- **بارامترات المحاصيل المتعلقة بالصنف وغير المحافظة**: قد تحتاج هذه البارامترات إلى تعديل عند اختيار صنف مختلف عن الصنف المأخوذ لمعايرة المحصول، أو عندما تختلف الشروط البيئية عن الظروف المفروضة عند المعايرة (إدارة الحقل أو الشروط في مقطع التربة) أو عند تبديل طريقة الغرس.

جدول a10.2: قائمة بارامترات المحصول وأنواعها

1.فينولوجيا المحصول. Crop Phenology

Symbol الرمز	Description الوصف	Type 1, 2,3,4 النوع 1أو2 أو3 أو4
1.1 Threshold air temperatures for growing degree days 1.1درجات حرارة العتبات لدرجة حرارة نمو المحصول		
T_{base}	Base temperature (°C) درجة الحرارة الدنيا	Conservative (1)
T_{upper}	Upper temperature (°C) درجة الحرارة العليا	Conservative (1)
1.2 Development of green canopy cover 2.1 تطور الغطاء النباتي الأخضر		
cc_o	Canopy size of the average seedling at 90% emergence حجم الغطاء النباتي لمتوسط الشتول عند 90% من الإنبات or canopy size of the transplanted seedling (cm^2) حجم الغطاء النباتي للشتلة المنقولة بالسنتمتر المربع	Conservative (2) Management (3)
	Number of plants per hectare عدد الشتلات في الهكتار	Management (3)
	Time from sowing to emergence (days or GD days) المدة من البذار لغاية الإنبات (أيام أو درجة حرارة نمو) or recovery time (for transplanted seedlings) أو المدة للتعافي (التحسن) بالنسبة للشتول المنقولة	Management (3)
CGC	Canopy growth coefficient (fraction per day or per growing degree day) معامل نمو الغطاء النباتي (جزء من اليوم أو من درجة حرارة نمو)	Conservative (1)
CCx	Maximum canopy cover (fraction soil cover) الغطاء النباتي الأعظمي (جزء تغطية التربة)	Management (3)
	Time from sowing to start senescence (days or GD days) المدة من البذار لغاية بدء شيخوخة الغطاء النباتي	Cultivar (4)
CDC	Canopy decline coefficient (fraction per day or per growing degree day) معامل نقصان الغطاء النباتي (جزء من اليوم أو درجة حرارة نمو)	Conservative (1)
	Time from sowing to maturity, i.e. length of crop cycle (days or GD days) المدة من البذار لغاية النضج أي طول دورة المحصول (أيام أو درجة حرارة نمو)	Cultivar (4)
1.3 Flowering or start of yield formation 3.1 الإزهار أو بدء تشكل الغلة		
	Time from sowing to flowering or to the start of yield formation (days or GDD) المدة من البذار حتى الإزهار أو بدء تشكل الغلة (أيام أو درجة حرارة نمو)	Cultivar (4)
	Length of the flowering stage (days or GD days) طول مدة مرحلة الإزهار (أيام أو درجة حرارة نمو)	Cultivar (4)
	Crop determinacy linked/unlinked with flowering ارتباط أو عدم ارتباط تحديد المحصول بالإزهار	Conservative (1)
1.4 Development of root zone 4.1 تطور منطقة الجذور		
Z_n	Minimum effective rooting depth (m) منطقة الجذور الفعالة الصغرى بالمتر	Management (3)
Z_x	Maximum effective rooting depth (m) منطقة الجذور الفعالة العظمى بالمتر	Management (3)
	Shape factor describing root zone expansion عامل الشكل الذي يصف توسع منطقة الجذور	Conservative (1)

1) Conservative generally applicable محافظ بشكل عام
2) Conservative for a given specie but can or may be cultivar specific
محافظ لنوع معين ولكن يمكن أن يكون متعلق بالصنف
3) Dependent on environment and/or management معتمد على البيئة و/أو الإدارة
4) Cultivar specific متعلق بالصنف

تابع جدول 10.2a: **2.نتح المحصول Crop transpiration**

Symbol الرمز	Description الوصف	Type 1, 2,3,4 النوع 1أو2 أو3 أو4
$Kc_{Tr,x}$	Crop coefficient when canopy is complete but prior to senescence معامل المحصول عند اكتمال الغطاء النباتي ولكن قبل الشيخوخة	Conservative (1)
100 $_{fage}$	Decline of crop coefficient (% of CCx per day) as a result of ageing, nitrogen deficiency, etc. نقصان معامل المحصول (نسبة مئوية من الغطاء النباتي الأعظمي / يوم) كنتيجة للهرم او نقص الآزوت الخ...	Conservative (1)
$Sx_{,top}$	Maximum root water extraction (m^3 m^{-3} day^{-1}) in top quarter of root zone استخراج الجذور الأعظمي للماء ($م^3$ /$م^3$/يوم) من الربع الأعلى من منطقة الجذور	Conservative (1)
$jhfSx_{,bot}$	Maximum root water extraction (m^3 m^{-3} day^{-1}) in bottom quarter of root zone) استخراج الجذور الأعظمي للماء ($م^3$ /$م^3$/يوم) من الربع الأدنى من منطقة الجذور	Conservative (1)
	Effect of canopy cover in reducing soil evaporation in late season stage (% reduction in soil evaporation تأثير الغطاء النباتي على إنقاص التبخر من التربة في المرحلة المتأخرة من الموسم (تخفيض نسبة مئوية من التبخر من التربة)	Conservative (1)

3. Biomass production and yield formation 3.انتاج الكتلة الحيوية وتشكل الغلة

	3.1Crop water productivity 1.3 إنتاجية ماء المحصول	
WP*	Water productivity normalized for ETo and CO2 ($gram/m^2$) انتاجية المياه المعدلة للتبخر-نتح المرجعي وثاني أكسيد الكربون ($غ/م^2$)	Conservative (1)
f_{yield}	Reduction coefficient describing the effect of the products synthesized during yield formation on the normalized water productivity معامل تخفيض يصف تأثير منتجات التركيب الضوئي خلال تشكل الغلة على إنتاجية المياه المعدلة	Conservative (1)
	Crop performance under elevated atmospheric CO2 concentration أداء المحصول بتأثير تركيز ثاني أكسيد الكربون المرتفع (%)	Management (3) Cultivar (4)
	3.2 Harvest Index 2.3 مؤشر الحصاد	
HIo	Reference harvest index (%) % مؤشر الحصاد المرجعي	Cultivar (4)
	Excess of potential fruits (%) % الثمار الزائدة الممكنة	Conservative (2)
	Possible increase (%) of HI due to water stress before flowering الزيادة المحتملة % لمؤشر الحصاد بسبب الإجهاد المائي قبل الإزهار	Conservative (1)
	Coefficient describing positive impact of restricted vegetative growth during yield formation on HI معامل يصف التأثير الإيجابي للنمو الخضري المقيد خلال تشكل الغلة على مؤشر الحصاد	Conservative (1)
	Coefficient describing negative impact of stomatal closure during yield formation on HI معامل يصف التأثير السلبي لإغلاق المسامات خلال تشكل الغلة على مؤشر الحصاد	Conservative (1)
	Allowable maximum increase (%) of specified HI الازدياد الأقصى المسموح % لمؤشر حصاد محدد	Conservative (1)

4. Stresses الإجهادات

	4.1 Soil water stresses 1.4 إجهادات ماء التربة	
$p_{exp,lower}$	Soil water depletion threshold for canopy expansion - Upper threshold عتبة استهلاك ماء التربة من أجل توسع الغطاء النباتي-العتبة العليا	Conservative (1)
$p_{exp,upper}$	Soil water depletion threshold for canopy expansion - Lower threshold عتبة استهلاك ماء التربة من أجل توسع الغطاء النباتي-العتبة الدنيا	Conservative (1)
	Shape factor for Water stress coefficient for canopy expansion عامل الشكل لمعامل الإجهاد المائي لتوسع الغطاء النباتي	Conservative (1)
p_{sto}	Soil water depletion threshold for stomatal control – Upper threshold عتبة استهلاك ماء التربة من أجل التحكم بالمسامات-العتبة العليا	Conservative (1)
	Shape factor for Water stress coefficient for stomatal control عامل الشكل من أجل معامل الإجهاد المائي للتحكم بالمسامات	Conservative (1)

p_{sen}	Soil water depletion threshold for canopy senescence – Upper threshold عتبة استهلاك ماء التربة لشيخوخة الغطاء النباتي-العتبة العليا	Conservative (1)
	Shape factor for Water stress coefficient for canopy senescence عامل الشكل لمعامل الإجهاد المائي لشيخوخة الغطاء النباتي	Conservative (1)
	Sum(ETo) during stress period to be exceeded before senescence is triggered مجموع التبخر-نتح المرجعي الواجب تجاوزه خلال فترة الإجهاد لتحريض الشيخوخة	Conservative (1)
p_{pol}	Soil water depletion threshold for failure of pollination – Upper threshold عتبة نضوب ماء التربة لفشل التأبير-العتبة العليا	Conservative (1)
	Vol% at an aerobiotic point (with reference to saturation) الحجم % عند النقطة الهوائية (منسوبة إلى الإشباع)	Cultivar (4) Environment (3)
4.2 Soil fertility stress إجهاد خصوبة التربة 2.4		
	Stress at calibration (%)% الإجهاد عند المعايرة	(calibration)
	Shape factor for the stress coefficient for canopy expansion عامل الشكل لمعامل الإجهاد لتوسع الغطاء النباتي	Management (3)
	Shape factor for the stress coefficient for Maximum Canopy Cover عامل الشكل لمعامل الإجهاد لتوسع الغطاء النباتي الأعظمي	Management (3)
	Shape factor for the stress coefficient for Crop Water Productivity عامل الشكل لمعامل الإجهاد لإنتاجية مياه المحصول	Management (3)
	Shape factor for the response of Decline of Canopy Cover to stress عامل الشكل لاستجابة تناقص الغطاء النباتي للإجهاد	Management (3)
4.3 Air temperature stress إجهاد درجة الحرارة 3.4		
	Minimum air temperature below which pollination starts to fail (cold stress) (°C) درجة الحرارة التي يبدأ تحتها فشل التأبير (إجهاد البرد)	Conservative (1)
	Maximum air temperature above which pollination starts to fail (heat stress) (°C) درجة الحرارة التي يبدأ فوقها فشل التأبير (إجهاد الحر)	Conservative (1)
	Minimum growing degrees required for full crop transpiration (°C - day) درجات حرارة النمو الدنيا المطلوبة لنتح كامل من المحصول (د مئوية-يوم)	Conservative (1)
4.4 Soil salinity stress إجهاد ملوحة التربة 4.4		
EC_{en}	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract: lower threshold (at which soil salinity stress starts to occur) الناقلية الكهربائية لمستخلص معجون التربة المشبعة: العتبة الدنيا (التي يبدأ عندها حدوث إجهاد الملوحة)	Conservative (1)
EC_{ex}	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract: upper threshold (at which soil salinity stress has reached its maximum effect) الناقلية الكهربائية لمستخلص معجون التربة المشبعة: العتبة العليا التي يبلغ عندها إجهاد الملوحة تأثيره الأعظمي)	Conservative (1)
	Shape factor for Soil salinity stress coefficient عامل الشكل لمعامل إجهاد ملوحة التربة	Conservative (1)
	Distortion (%) of Canopy Cover due to salinity stress تشوه الغطاء النباتي % نتيجة إجهاد الملوحة	Management (3)
	Response (%) of stomatal stress to ECsw (Electrical conductivity of the soil water) استجابة إجهاد المسامات % للناقلية الكهربائية لماء التربة	Management (3)

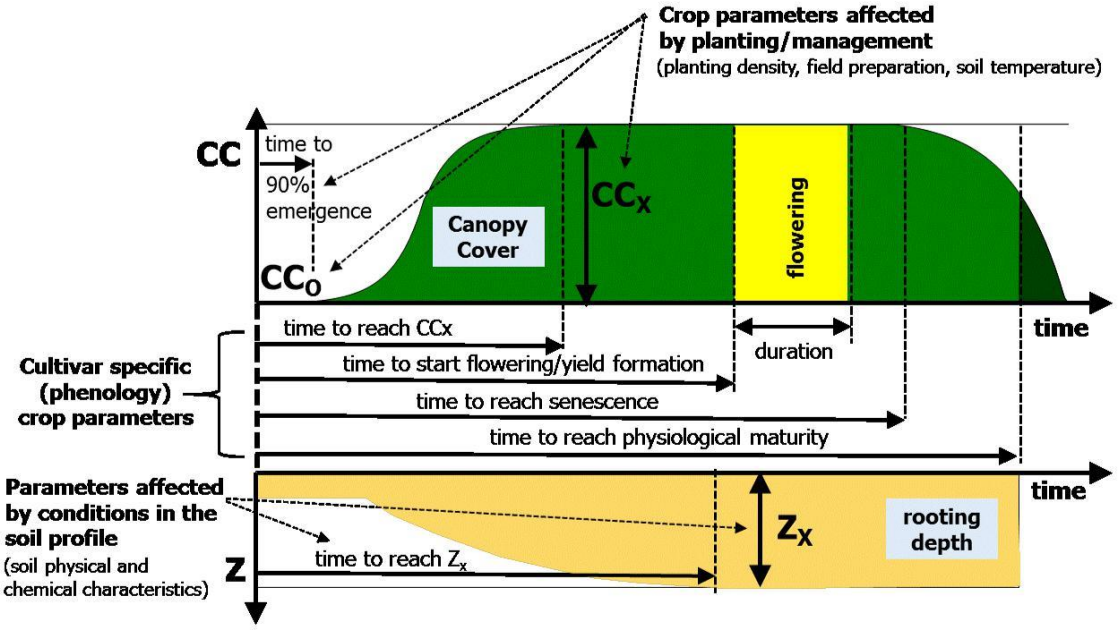
2.10.2 ضبط بارامترات المحصول Tuning of crop parameters

لا تحتاج البارامترات المحافظة إلى تعديل عند إجراء محاكاة لصنف محدد وبيئة محددة (كما هي محددة بملفات المناخ وإدارة الحقل.....الخ). أما بارامترات المحاصيل غير المحافظة أو البارامترات المتعلقة بالصنف فقد تحتاج إلى تعديل، حيث أنها تتغير بتغير الصنف المختار وقد تتأثر بإدارة الحقل أو الشروط في مقطع التربة أو المناخ (شكل1b10.2).

يتناول هذا القسم ضبط بارامترات المحصول:

- التي تتأثر بالزراعة والإدارة مثل طريقة الزراعة، وكثافة الزراعة، والحد الأعظمي للغطاء النباتي والمدة للوصول إلى 90٪ من ظهور الشتلات.
- بارامترات المحصول المتعلقة بالصنف مثل مدة الإزهار والوقت للوصول إلى مراحل مختلفة من نمو المحاصيل: الغطاء النباتي الأعظمي، بدء الشيخوخة للغطاء النباتي، والنضج الفسيولوجي، والإزهار؛
- تتأثر بالظروف في مقطع التربة مثل عمق الجذور الفعال الأعظمي والوقت للوصول إلى هذا العمق.

بالإضافة إلى ذلك، يجب معايرة المحصول لإجهاد خصوبة التربة (القسم 12.10.2من هذا الفصل) وإجهاد ملوحة التربة (القسم 14.10.2).



الشكل 1b10.2: بارامترات المحصول التي يجب ضبطها وفقا للصنف المختار وظروف البيئة.

وتتألف عملية الضبط التي يغطيها هذا القسم من:

1. تحديد البيئة التي يزرع فيها المحصول في القائمة الرئيسية:
   - تحميل ملف المناخ الذي يزرع فيه المحصول؛
   - تحميل ملف المحصول (في وضع التقويم اليومي) الذي يحتاج إلى ضبط.
   - تحديد تاريخ الزراعة للموسم الذي تتوفر فيه بيانات دقيقة للضبط.

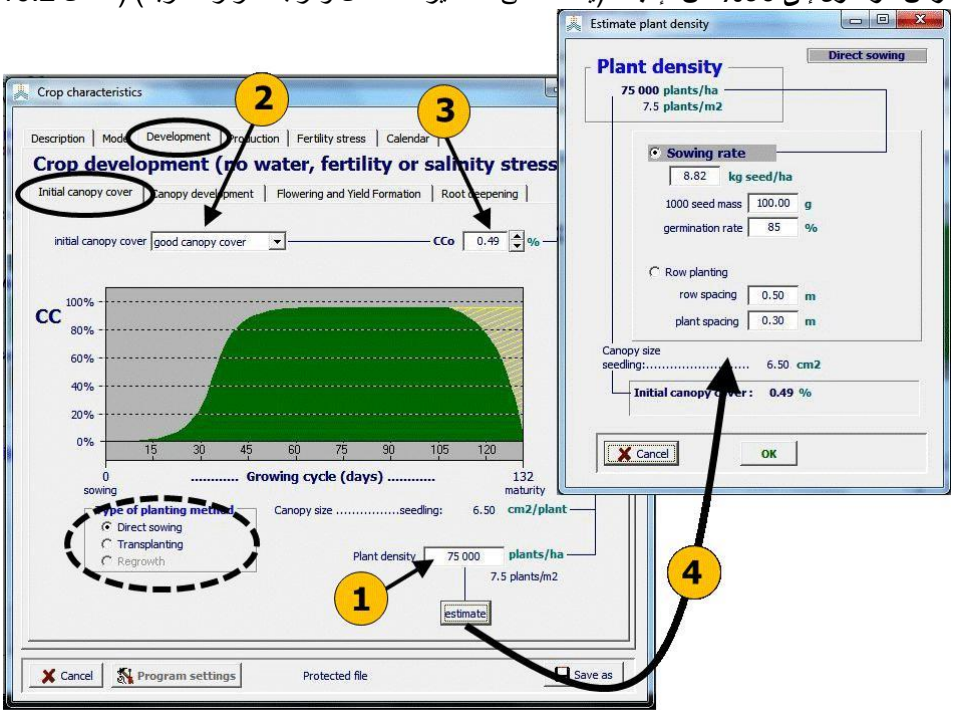
لا تحتاج ملفات الري وإدارة الحقل ومقطع التربة وسطح المياه الجوفية إلى تحميل، حيث يعتبر نمو المحصول في ملف المحصول بدون إجهاد المياه والخصوبة والملوحة،

2. معايرة بارامترات المحصول في قائمة خصائص المحصول

- ضبط (في وضع التقويم اليومي) بارامترات المحصول المتعلقة الصنف (الفينولوجيا)، وبارامترات المحصول التي تتأثر بالزراعة والإدارة وبحسب الشروط في التربة. نحتاج فقط "مجموعة محدودة "limited set" من بارامترات المحصول لإنجاز هذا الضبط؛
- التحويل من وضع التقويم اليومي إلى وضع درجة حرارة نمو المحصول للتأكد من أن طول ومدة مراحل تطور المحصول سيتم تعديلها لنظام درجة الحرارة عند تشغيل المحاكاة لسنوات أخرى؛
- حفظ بارامترات المحصول المضبوط بدقة في ملف جديد.

- البارامترات **التي تتأثر بالزراعة والإدارة Parameters affected by planting and management**

- **طريقة الزراعة** (الشكل 2b10.2,بذار مباشر أو غراس): يميز برنامج AquaCrop بين البذار المباشر والغراس. في حالة البذار المباشر تكون قيمة حجم الغطاء النباتي للشتلة معطاة (وهي من معاملات المحصول المحافظة التي لا تتطلب معايره). من ناحية أخرى يعتمد حجم الغراس المنقولة على عمرها عند الزراعة ويجب على المستخدم تحديد هذا الحجم.
- **كثافة الزراعة:** والذي يحدد الغطاء النباتي الابتدائي (CC_o). تحدد كثافة الزراعة مباشر أو بواسطة (الشكل 2b10.2):
  - اختيار أحد تصنيفات (CC_o) (تتدرج من قيمة صغيرة جدا إلى قيمة عالية جدا للغطاء).
  - تحديد النسبة المئوية ل (CC_o) مباشرة (والتي يمكن أن تكون مفيدة في حالة الشتول المنقولة). تستنتج كثافة الزراعة المتوافقة من قيمتي (CC_o) وحجم الغطاء النباتي للشتلة.
  - اختيار الأمر تقدير <estimate> لتقدير كثافة الزراعة إما من معدل البذار أو من تباعد الغراس.
- **الغطاء النباتي الأعظمي (CCx)** والذي يتم الوصول إليه في منتصف الموسم والذي يكون عادة بحدود 75% إلى 100%. يختلف (CC_x) حسب نوع المحصول ولكنه يتحدد أيضا بكثافة الزراعة. يتحدد (CC_x) باختيار أحد التصنيفات المعرفة مسبقا أو بالإدخال المباشر (الشكل 3b10.2).
- **زمن الوصول إلى 90% من الإنبات** (يعتمد على تحضيرات الحقل ودرجة حرارة التربة) (الشكل 3b10.2)



الشكل 2b10.2: واجهة الغطاء النباتي الابتدائي 'Initial canopy cover' من واجهة التطور 'Development' من قائمة خصائص المحصول *Crop characteristics* حيث يتم تحديد طريقة الزراعة (الخط المنقط) والغطاء النباتي الابتدائي CC_0 1) بتحديد كثافة الزراعة (2) باختيار أحد تصنيفات (CC_o) المعرفة مسبقا (3) بتحديد النسبة المئوية (4) من معدل البذار أو تباعد الغراس.

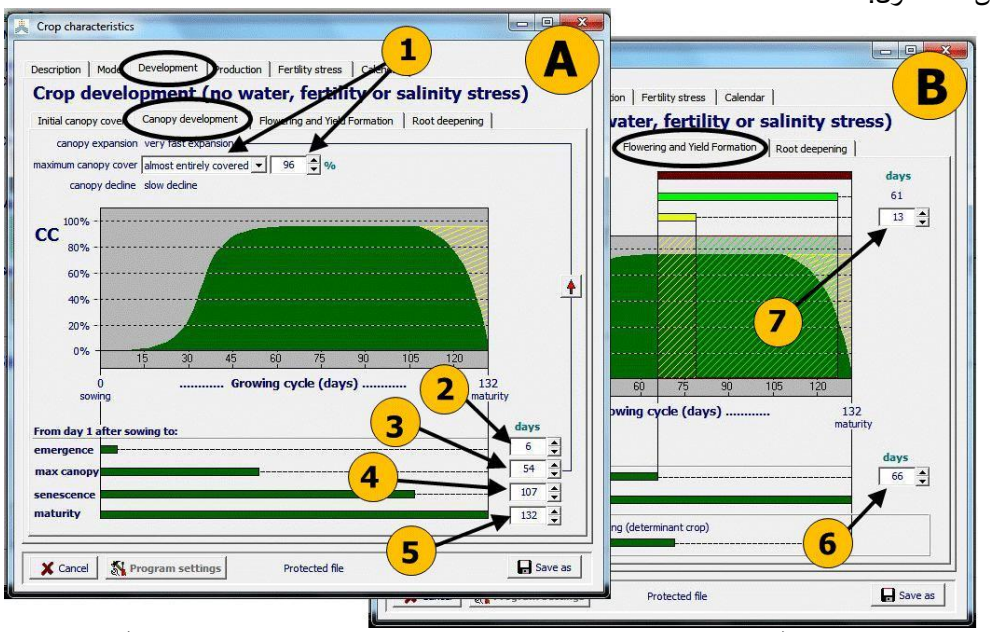
- **معاملات المحصول المتعلقة الصنف Cultivar specific crop parameters**

يوجد عدة فروقات بين أصناف المحاصيل وتعود إلى **توقيت مراحل التطور timing of developmental stages** يحدد الوقت اللازم للوصول إلى مرحلة معينة أو مدة هذه المرحلة في واجهة التطور 'Development' في قائمة خصائص المحصول *Crop characteristics* (الشكل 3b10.2):

- **الزمن اللازم للوصول إلى الغطاء النباتي الأعظمي Time to reach maximum canopy cover (CCx):** يؤدي تعديل الزمن اللازم للوصول إلى (CC_x) إلى ضبط أوتوماتيكي دقيق لمعامل نمو الغطاء النباتي (Canopy Growth Coefficient) CGCليتوافق مع الظروف المحلية.

- **الزمن اللازم لبدء شيخوخة الغطاء النباتي Time to start of canopy senescence:** هو الوقت الذي تبدأ فيه مساحة الغطاء النباتي الأخضر بالتناقص نتيجة لاصفرار أوراق النبات بوجود ظروف مثالية وانعدام أي إجهادات مائية.
- **الزمن اللازم للنضج الفيزيولوجي Time to physiological maturity (طول دورة المحصول):** تتوقف محاكاة تشكل الكتلة الحيوية وتشكل الغلة عند توقيت النضج الفيزيولوجي. وليس بالضرورة أن يتطابق الحصاد مع نضج المحصول
- **توقيت بدء الإزهار Time to start flowering** (أو توقيت بدء تشكل الغلة).
- **مدة الإزهار Duration of flowering**.

دليل الحصاد المرجعي Reference Harvest Index (HIo): HIo هو معامل محافظ إلى حد معتدل ولكن يمكن أن يكون معاملا متعلقا الصنف. وتكون القيمة الممثلة لدليل الحصاد HI، والتي وردت في المنشورات لأنواع محاصيل مختارة في ظروف انعدام الإجهادات، محددة في واجهة دليل الحصاد 'Harvest Index' من واجهة الإنتاجية 'Production' في قائمة خصائص المحصول.



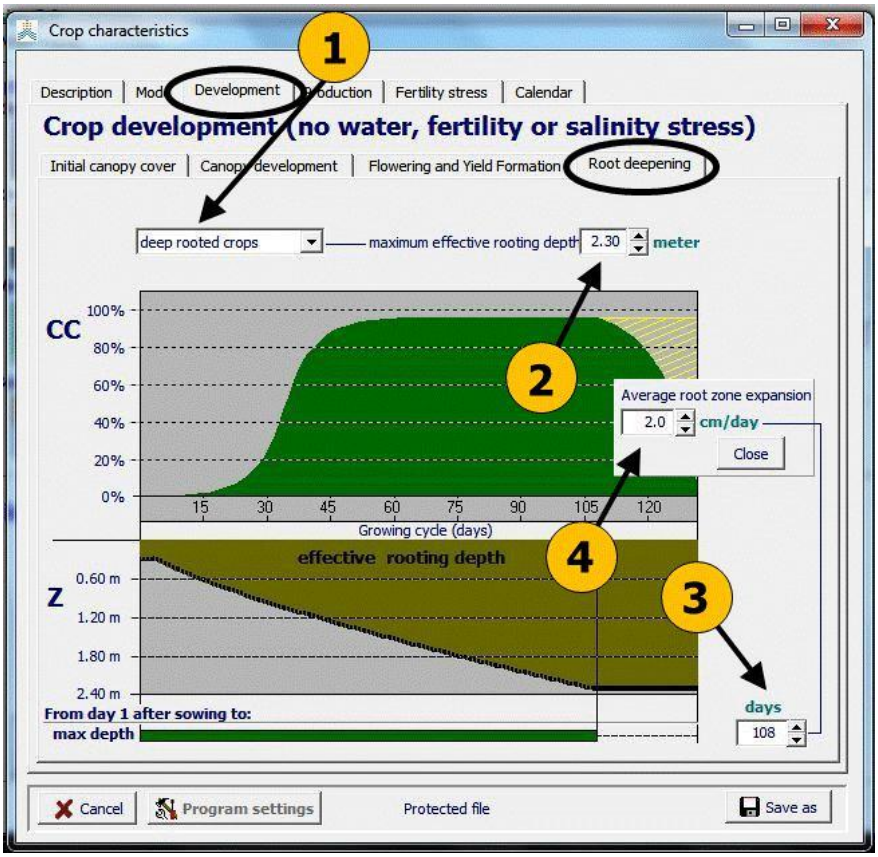
الشكل 3b10.2: (A) واجهة تطور الغطاء النباتي 'Canopy development' و (B) واجهة الإزهار وتشكل الغلة 'Flowering and yield formation' من الواجهة التطور 'Development' من قائمة خصائص المحصول *Crop characteristics* وتتضمن (1) الغطاء النباتي الأعظمي the maximum canopy cover (CCx) وذلك باختيار صنف أو تحديد نسبة مئوية والزمن اللازم للوصول إلى (2) 90% من الإنبات 90% seedling emergence (3) الغطاء النباتي الأعظمي (4) بدء شيخوخة الغطاء النباتي (5) النضج الفيزيولوجي (6). بدء الإزهار أو تشكل الغلة (7) مدة الإزهار.

- **المعاملات التي تتأثر بالشروط في مقطع التربة Parameters affected by conditions in the soil profile**

يتأثر كل من عمق الجذور الفعال الأعظمي (Zx) ومعدل تعمق الجذور (أو الزمن اللازم للوصول إلى Zx) بخصائص التربة الفيزيائية (الحرارة, الممانعة الميكانيكية, التهوية) والكيميائية (درجة الحموضة, الملوحة, مستويات الألمنيوم والمغنيزيوم المرتفعة). يتم تحديد عمق الجذور ومعدل التوسع في الواجهة 'Root deepening' من الواجهة 'Development' من قائمة خصائص المحصول *Crop characteristics* (الشكل 4b10.2).

- **عمق الجذور الفعال الأعظمي Maximum effective rooting depth (Zx):** يمكن تحديده باختيار أحد الأصناف المعرفة مسبقا أو بإدخال قيمته العددية مباشرة بالمتر.

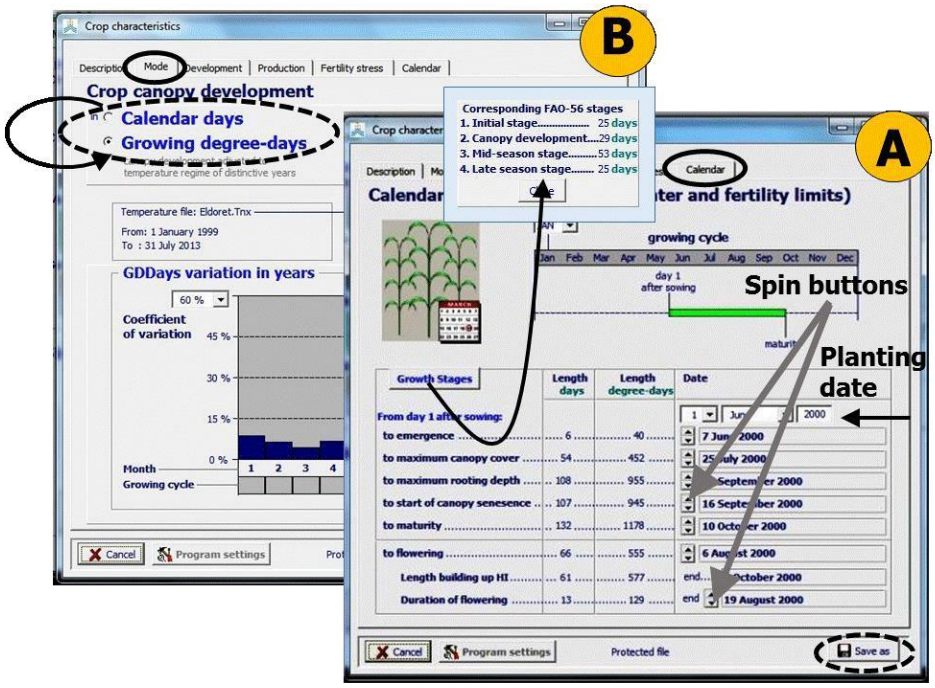
زمن الوصول إلى (Zx): بعد تحديد عمق الجذور الفعال الأعظمي يمكن للمستخدم أن يحدد الزمن اللازم للوصول إلى عمق الجذور الأعظمي بالأيام، فيقوم البرنامج AquaCrop بتحديد معدل توسع منطقة الجذور الوسطي بالتوافق مع تعديل المدة بين البذار والوصول إلى (Zx). أو يمكن للمستخدم تحديد قيمة توسع منطقة الجذور الوسطي لتقدير زمن الوصول إلى عمق الجذور الفعال الأعظمي. يبلغ معدل توسع منطقة الجذور غالبا حوالي 1 cm/day ويمكن أن يصل حتى 2 cm/day إذا كانت بيئة النمو مثالية (التربة ليست باردة وطبقات التربة لاتحد النمو).



الشكل 4b10.2: واجهة عمق الجذور 'Root deepening' من واجهة التطور 'Development' من قائمة خصائص المحصول *Crop characteristics* وتتضمن عمق الجذور الفعال الأعظمي the maximum effective rooting depth (Zx) والذي يتحدد ب (1) اختيار صنف معرف مسبقا أو (2) بإدخال القيمة بالمتر وزمن الوصول إلى عمق الجذور الأعظمي الذي يتحدد (3) بزمن الوصول إلى عمق الجذور الأعظمي (4) أو بمعدل توسع منطقة الجذور الوسطي.

- **تقويم دورة النمو Calendar of the growing cycle**

يتم عرض نظرة عامة لتقويم دورة النمو في الصفحة المبوبة التقويم'Calendar' من قائمة خصائص المحصول (الشكل A 5b10.2). يمكن تعديل تاريخ الزراعة وطول مدة كل مرحلة من مراحل النمو المختلفة. يمكن أيضا عرض طول مراحل FAO56 الموافقة وقد تم تحديد هذه المراحل في منشورات FAO والتي تتضمن أرقاما تأشيريه لأطوال مراحل تطور المحصول لمدد زراعة ومناطق مناخية مختلفة للمحاصيل الزراعية الشائعة. أرقام منشورات FAO المشار إليها هي (Irrigation and Drainage Papers Nr. 24, 33 and 56).



الشكل 5b10.2: (A) واجهة التقويم 'Calendar' لتفحص أو تعديل تقويم دورة النمو(B) واجهة الوضع 'Mode' من قائمة خصائص المحصول للتبديل من التقويم اليومي إلى تقويم الحرارة التراكمية. باستخدام الأمر حفظ باسم <Save as> يمكن حفظ خصائص المحصول المضبوطة بدقة في ملف محصول جديد.

- **تحويل التقويم اليومي إلى تقويم الحرارة التراكمية Converting calendar into thermal time**

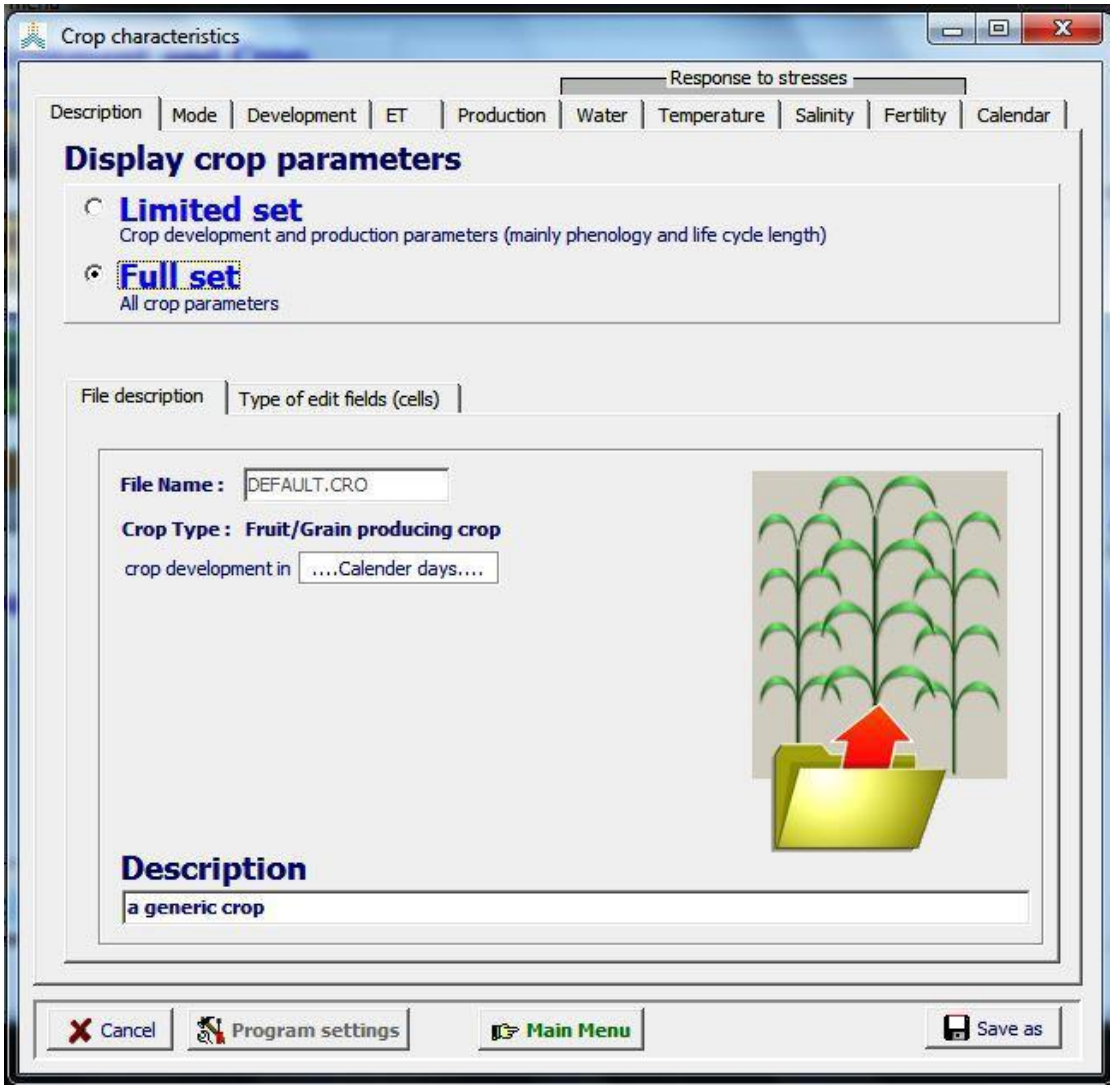
ينصح بتحويل التوقيت التقويمي إلى توقيت الحرارة التراكمية في نهاية عملية الضبط الدقيق. وهكذا سيتم تعديل أطوال مدد مراحل تطور المحصول إلى نظام الحرارة التراكمية للسنوات التي يتم تشغيل المحاكاة ضمنها. يجري هذا التحويل في الصفحة المبوبة الوضع 'Mode' من قائمة خصائص المحصول (الشكل 5b10.2). يجب التأكد من اختيار ملف مناخي ممثل وتاريخ زراعة لإجراء التحويل.

- **حفظ بارامترات ملف المحصول المعدلة في ملف محصول جديد Save the fine-tuned crop parameters in a new crop file**

تحتوي ملفات المحصول التي تأتي مع برنامج AquaCrop المعاملات التي تمت معايرتها والتحقق من صحتها من قبل FAO. بعد تعديل معاملات المحصول و/أو معايرة المحصول لإجهاد خصوبة التربة في قائمة خصائص المحصول، لا يمكن حفظ التعديلات في الملف المحمي، حيث يتم اختيار الأمر حفظ باسم <Save As>لحفظ بارامترات المحصول التي تم تحديثها في ملف محصول جديد (الشكل 5b10.2.A).

3.10.2 قائمة خصائص المحصول Crop characteristics menu

يمكن عرض خصائص المحصول المطلوبة للبرنامج في قائمة عرض / تعديل خصائص المحصول *display/update crop characteristics menu*، كما يمكن تحديثها (الشكل c10.2).



الشكل c10.2: قائمة خصائص المحصول *crop characteristics menu* بواجهاتها العشرة.

تصنف المجموعة الكاملة "full set" لخصائص المحصول في عشرة واجهات مختلفة (الجدول d10.2):

جدول d10.2: قائمة الواجهات في قائمة عرض / تعديل خصائص المحصول display / update crop characteristics menu.

• **Description** – File description – Type of edit fields (cells) – Protected file	• **الوصف** – وصف الملف – نوع حقول التحرير (خلايا) – الملف المحمي (إ ذا كان محميا)	معلومات عامة يمكن اختيار نوعين من طريقة العرض لبارامترات المحصول (الشكل c10.2).
• **Mode**	• **النمط (الطريقة)**	للتحويل من نمط التقويم اليومي إلى نمط درجة حرارة نمو المحصول.
• **Development** - Initial canopy cover. - Canopy development. - Flowering and yield formation or Root/Tuber formation - Root deepening	• **التطور (النمو)** - الغطاء النباتي الأولي - تطور الغطاء النباتي - الإزهار وتشكيل (تكوين) الغلة أو تشكل الجذور والدرنات. - تعمق الجذر	نمو المحصول في غياب إي إجهاد مائي أو إجهاد خصوبة تربة أو إجهاد ملوحة تربة.
• **ET** - Coefficients - Water extraction pattern	• **التبخر- نتح ET** - المعاملات - نمط استخراج المياه	التبخر- نتح في غياب إي إجهاد مائي أو إجهاد خصوبة تربة أو إجهاد ملوحة.

إنتاجية المحصول في غياب إي إجهاد مائي أو إجهاد خصوبة تربة أو إجهاد ملوحة تربة.	• **الإنتاج** - إنتاجية المياه للمحصول - مؤشر الحصاد	• **Production** - Crop water productivity - Harvest Index
الاستجابة للإجهاد المائي	• **الإجهاد المائي** – توسع الغطاء النباتي. – إغلاق المسام – الشيخوخة المبكرة للغطاء النباتي – إجهاد التهوية – مؤشر الحصاد ▪ قبل الإزهار ▪ خلال الإزهار ▪ خلال تكوين الغلة ▪ نظرة عامة	• **Water stress** - Canopy expansion - Stomatal closure - Early canopy senescence - Aeration stress - Harvest Index ▪ Before flowering. ▪ During flowering. ▪ During yield formation. ▪ Overview.
الاستجابة لإجهاد درجة الحرارة	• **إجهاد درجة الحرارة** – تطور(نمو) المحصول. – نتح المحصول. – التلقيح (التأبير).	• **Temperature stress** - crop development. - crop transpiration. - Pollination
لاستجابة لإجهاد ملوحة التربة	• **إجهاد الملوحة** – تحمل الملح. – استجابة المحصول: - توسع الغطاء النباتي. - إغلاق المسام.	• **Salinity stress** - Salt tolerance. - Crop response. - Canopy cover - Stomatal closure
الاستجابة لإجهاد خصوبة التربة	• **إجهاد الخصوبة** - الغطاء النباتي - إنتاجية المياه - النتح - الكتلة الحيوية - العلاقة بين الكتلة الحيوية والإجهاد - منحنيات معامل الإجهاد المائي Ks - بارامترات المحصول	• **Fertility stress** - Canopy - Water productivity - Transpiration - Biomass - Biomass–stress relationship - Ks curves - Crop parameters
تقويم المحصول في غياب أي إجهاد مائي أو إجهاد خصوبة أو ملوحة تربة.	• **التقويم**	• **Calendar**

4.10.2 الوصف Description

- **أنماط عرض بارامترات المحصول**

يمكن اختيار نوعين من أنماط عرض بارامترات المحصول (الشكل c10.2):

مجموعة محدودة :Limited set يتم عرض بارامترات المحصول التي تصف بشكل أساسي الفينولوجيا (علاقة النبات مع المناخ) وطول دورة الحياة life cycle length في خمس واجهات. قد تحتاج هذه البارامترات إلى تعديل عند اختيار صنف مختلف عن الصنف المأخوذ لمعايرة المحصول، أو عندما تختلف الشروط البيئية عن الشروط المفروضة عند المعايرة أو عند تبديل طريقة الغرس (الفقرة 2.10.2).

مجموعة كاملة Full set - يتم فيها عرض جميع بارامترات المحاصيل (الجدول d 10.2).

يمكن أن تحتوي واجهة الوصف ثلاثة واجهات فرعية:

- **وصف الملف File description**

يتم عرض اسم الملف ونوع المحصول ووصف ملف المحصول.

- **أنواع حقول (خلايا) التحرير Type of edit fields (cells)**

تعرض هذه الواجهة فقط في حالة عرض مجموعة كاملة لبارامترات المحصول. يتم عرض بارامترات المحاصيل في حقول تحرير (تعديل)، حيث يختلف لون حقل التحرير بالاعتماد على نوع البارامترات. فالبارامترات المحافظة (conservative) والتي تعرض في الخلايا الفضية تكون متعلقة بالمحصول Crop specificولكن لا تتغير بشكل جوهري مع مرور الزمن

أو إجراءات الإدارة أو الموقع الجغرافي أو المناخ. ومن المفترض أيضاً أن هذه البارامترات لا تتغير مع الأصناف ما لم يظهر خلاف ذلك. أما البارامترات الأخرى (المعروضة في الخلايا البيضاء) فهي متعلقة بالصنف cultivar specificأو أقل تحفظاً وتتأثر بالمناخ أو إدارة الحقل أو الشروط في مقطع التربة. الجدول a.10.2 يبين بارامترات المحاصيل.

- **الملفات المحمية Protected files**

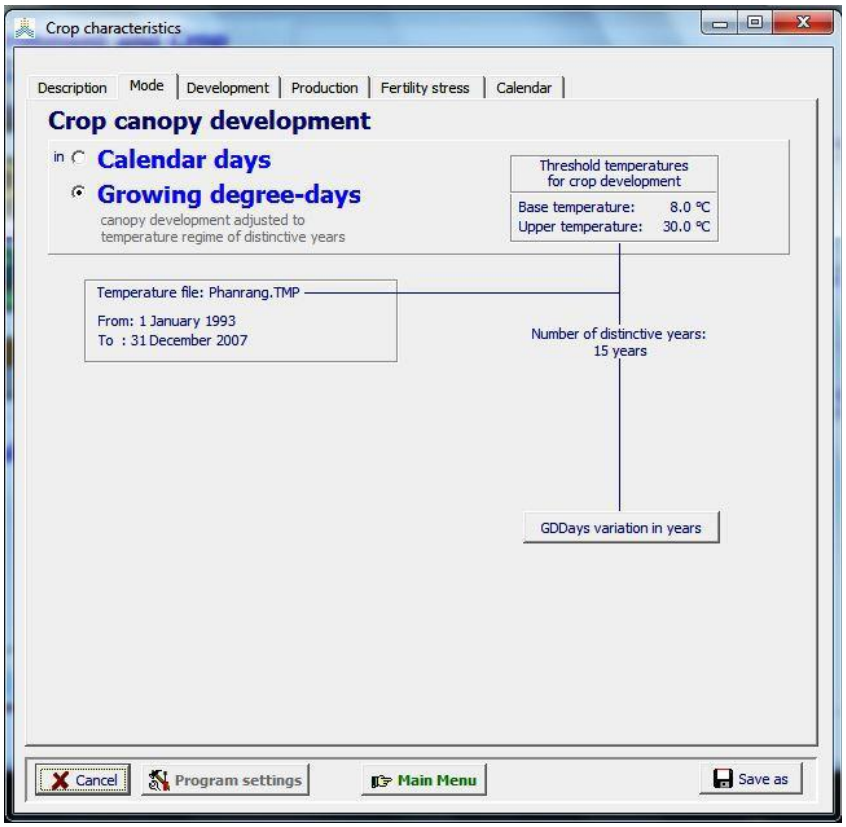
تعرض هذه الواجهة فقط في حالة تحميل ملف محمي. تحتوي ملفات المحصول التي تأتي مع برنامج AquaCrop المعاملات التي تمت معايرتها والتحقق من صحتها من قبل FAO. على الرغم من أنه يمكن للمستخدم تغيير بارامترات المحصول في قائمة خصائص المحصول، إلا أن التعديلات لا يمكن حفظها في الملف المحمي، حيث يتم اختيار الأمر حفظ باســـــم <Save As>لحفظ بارامترات المحصول التي تم تحديثها في ملف محصول جديد.

5.10.2 النمط (الطريقة) Mode

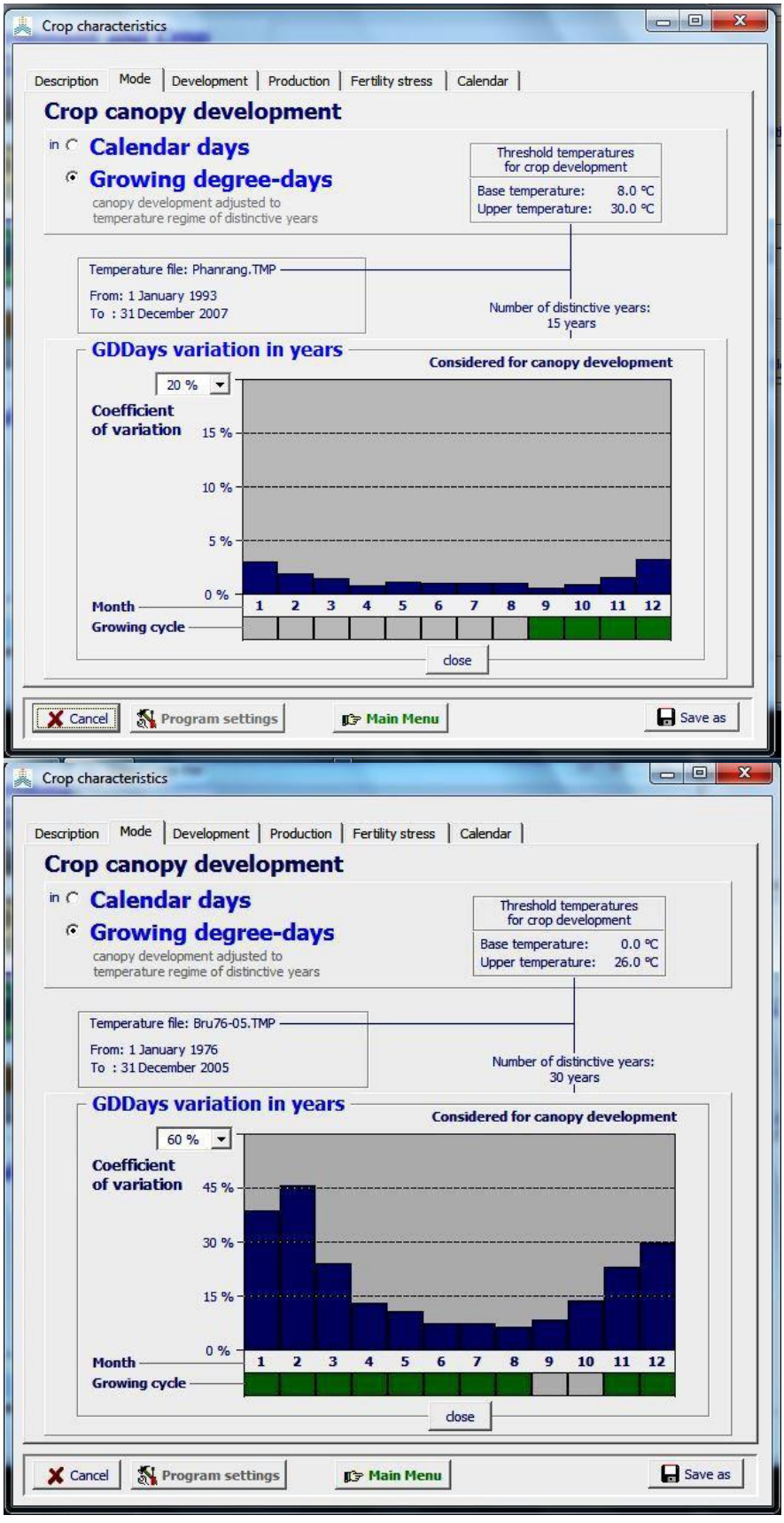
بمكن تغيير نمط تطور المحصول في واجهة النمط (الشكل 1e10.2). ينصح بعد إنهاء الضبط الدقيق للمحصول بالنسبة للبيئة (والذي يجري عادة ضمن نمط التقويم اليومي) وبعد أخذ خصائص صنف المحصول بعين الاعتبار، بتغيير النمط من التقويم اليومي إلى درجة حرارة نمو المحصول GDD (فقرة 2.10.2). عند تشغيل AquaCrop في نمط GDD فإن طول ومدة مراحل نمو المحصول ستعدل أوتوماتيكيا إلى النظام الحراري لسنوات تشغيل المحاكاة.

لتقييم أهمية تشغيل المحاكاة بنمط GDD, يمكن عرض معامل التغير coefficient of variation (CV) للقيم الشهرية ل GDD (لكامل الأعوام الموجودة في ملف الحرارة) في صفحة Mode (شكل 2e10.2). يحدد CV نسبة الانحراف المعياري standard deviation إلى المتوسط mean ويعبر عنه كنسبة مئوية. يتم تلوين أشهر درجة حرارة نمو المحصول باللون الأخضر في المخطط. يصبح معامل التغير حساسا للتغيرات البسيطة في المتوسط، عندما يكون متوسط GDD's قريبا من الصفر (عادة في أشهر الشتاء في المناخات المعتدلة).

يحتاج حساب درجة حرارة نمو المحصول GDD إلى قيمة درجة الحرارة الدنيا base temperature (والتي يتوقف نمو المحصول في درجات الحرارة الأدنى منها) وقيمة درجة الحرارة العليا upper temperature (والتي يتوقف نمو المحصول في درجات الحرارة الأعلى منها). تكون درجات الحرارة هذه محافظة لصنف معين ولكن يمكن أن تكون متعلقة بالصنف لسلالات تمت تربيتها في بيئات مختلفة جذريا. تكون درجتا الحرارة الدنيا والعليا محددتان في الواجهة "Temperature (فقرة 10.10.2).



شكل 1e10.2: واجهة النمط Mode في قائمة خصائص المحصول *Crop characteristics*.

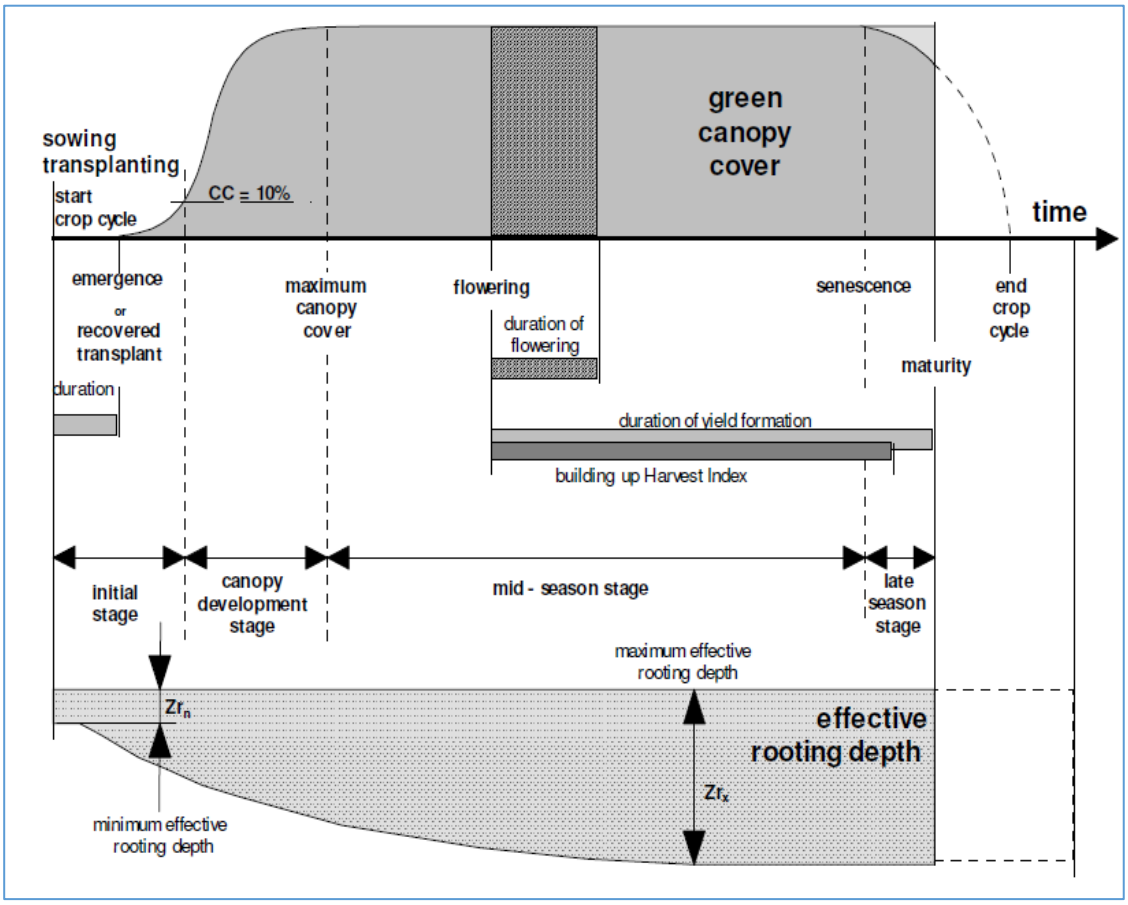


شكل 2e10.2: عرض تغيرات درجة حرارة نمو المحصول في الأشهر المميزة (في ألأعلى) لملف الحرارة لمدة 15 عاما في منطقة Phanrang (Vietnam)، ولملف حرارة لمدة 30 عاما (في الأسفل) لمنطقة Brussels (Belgium) في واجهة النمط Mode. درجتا الحرارة الدنيا والعليا هما للأرز في Phanrangوللقمح في Brussels.

6.10.2 التطور (النمو)Development

يظهر الشكل 1f10.2 تطور محصول منتج للحبوب/الثمار في ظروف غير مقيدة. يستخدم AquaCrop الغطاء النباتي CC, وهو الجزء من سطح التربة المغطى بالغطاء النباتي، بدلا من معامل مساحة الورقة Leaf Area Index (LAI). يمكن أن يحدد تطور المحصول بدرجة حرارة نمو المحصول أو بالتقويم اليومي. تصنف بارامترات نمو المحصول في أربعة مجلدات:

- الغطاء النباتي الأولي (عند 90% من الإنبات) Initial canopy cover
- تطور الغطاء النباتي (توسع أو تقلص الغطاء النباتي) Canopy development
- الإزهار وتكوين الغلة (أو تشكيل الجذر/ الدرنة) flowering and yield formation
- تعميق الجذر Root deepening



الشكل 1f10.2: التمثيل التخطيطي لتطور (نمو) المحصول من أجل المحاصيل المنتجة للثمار أو الحبوب.

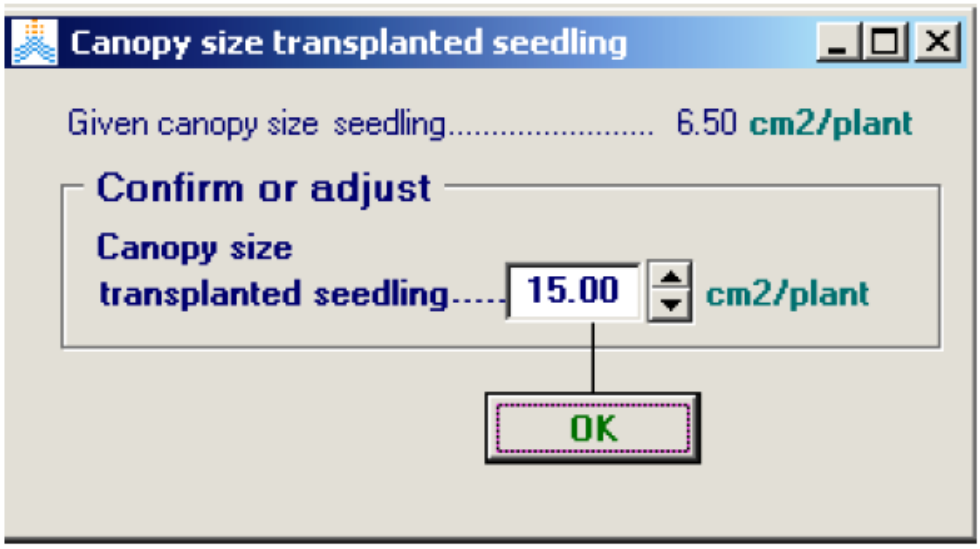
- **الغطاء النباتي الأولي Initial canopy cover**

هناك حاجة للغطاء النباتي الأولي (CC_0) من أجل توصيف نمو (توسع) الغطاء النباتي canopy expansion (الفصل 3 – القسم 1.4.3 تطور الغطاء النباتي خلال دورة المحصول). وهو نتيجة ضرب الكثافة النباتية (عدد النباتات في الهكتار الواحد) وحجم الغطاء النباتي للشتلات (CC_0).

طريقة الزراعة Type of planting method

- البذار المباشر: Direct sowing هنا يشير حجم الغطاء النباتي الأولي (CC_0) إلى الغطاء النباتي عند 90% من الإنبات ويتم الحصول عليه من خلال ضرب الكثافة النباتية plant density بحجم الغطاء النباتي canopy size لمتوسط الشتلات عند 90% من الإنبات (CC_0).
- الغرس: Transplanting هنا يشير حجم الغطاء النباتي الأولي (CC_0) إلى الغطاء النباتي بعد الغرس ويتم الحصول عليه من خلال ضرب الكثافة النباتية بحجم الغطاء النباتي للشتلات المزروعة (CC_0).

نظراً لأنه من المرجح أن يكون حجم الغطاء النباتي للغراس أكبر من حجم الغطاء النباتي للنباتات الناتجة عن البذر المباشر، فيجب على المستخدم أن يؤكد أو يعدل (Confirm or adjust) الحجم الافتراضي المقترح عند تغيير طريقة الزراعة (الشكل f10.2 2).

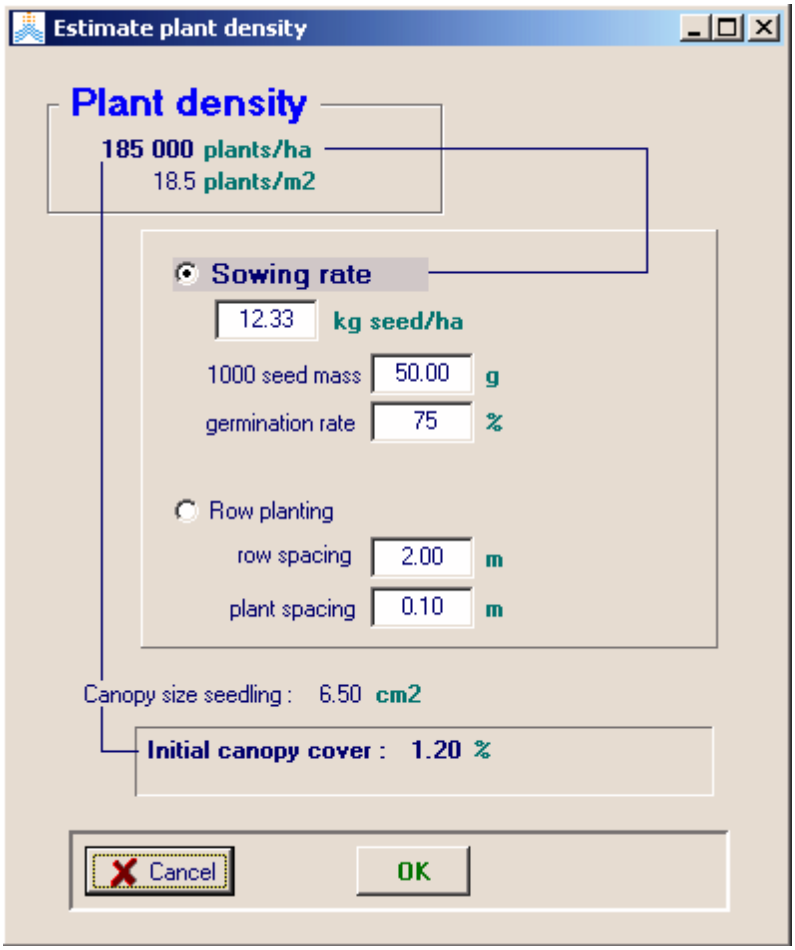


الشكل 2f10.2: تأكيد حجم الغطاء النباتي للغراس المزروعة عند تغيير طريقة الزراعة من البذار المباشر إلى الغراس (النقل) في قائمة حجم الغطاء النباتي للشتلات *Canopy size transplanted seedling*.

تحديد الغطاء النباتي الأولي (CC$_o$) Specifying the initial canopy cover

يتم تحديد الغطاء النباتي الأولي عن طريق:

- تحديد الكثافة النباتية plant density في قائمة خصائص المحصول.
- تحديد معدل البذار sowing rate أو التباعد (المسافة) بين النباتات plant spacing، حيث يصبح هذا الخيار متاحاً باختيار الأمر تقدير <estimate> في قائمة خصائص المحصول. يتم حساب الكثافة النباتية (في قائمة تقدير الكثافة النباتية) من معدل البذار المحدد sowing rate والمعدل التقريبي للإنبات germination rate، أو من تباعد الصف row spacing وتباعد النبات plant spacing، الشكل (3f10.2).
- اختيار واحد من الفئات classes التي تتراوح من غطاء صغير جداً إلى عالي جداً (الجدول f10.2 1).
- اختيار النسبة بشكل مباشر من قائمة خصائص المحصول، والتي قد تكون مطلوبة للشتلات المزروعة.



الشكل 3f10.2: تقدير الكثافة النباتية من معدل البذار أو كثافة النبات في قائمة تقدير الكثافة النباتية *Estimate plant density*.

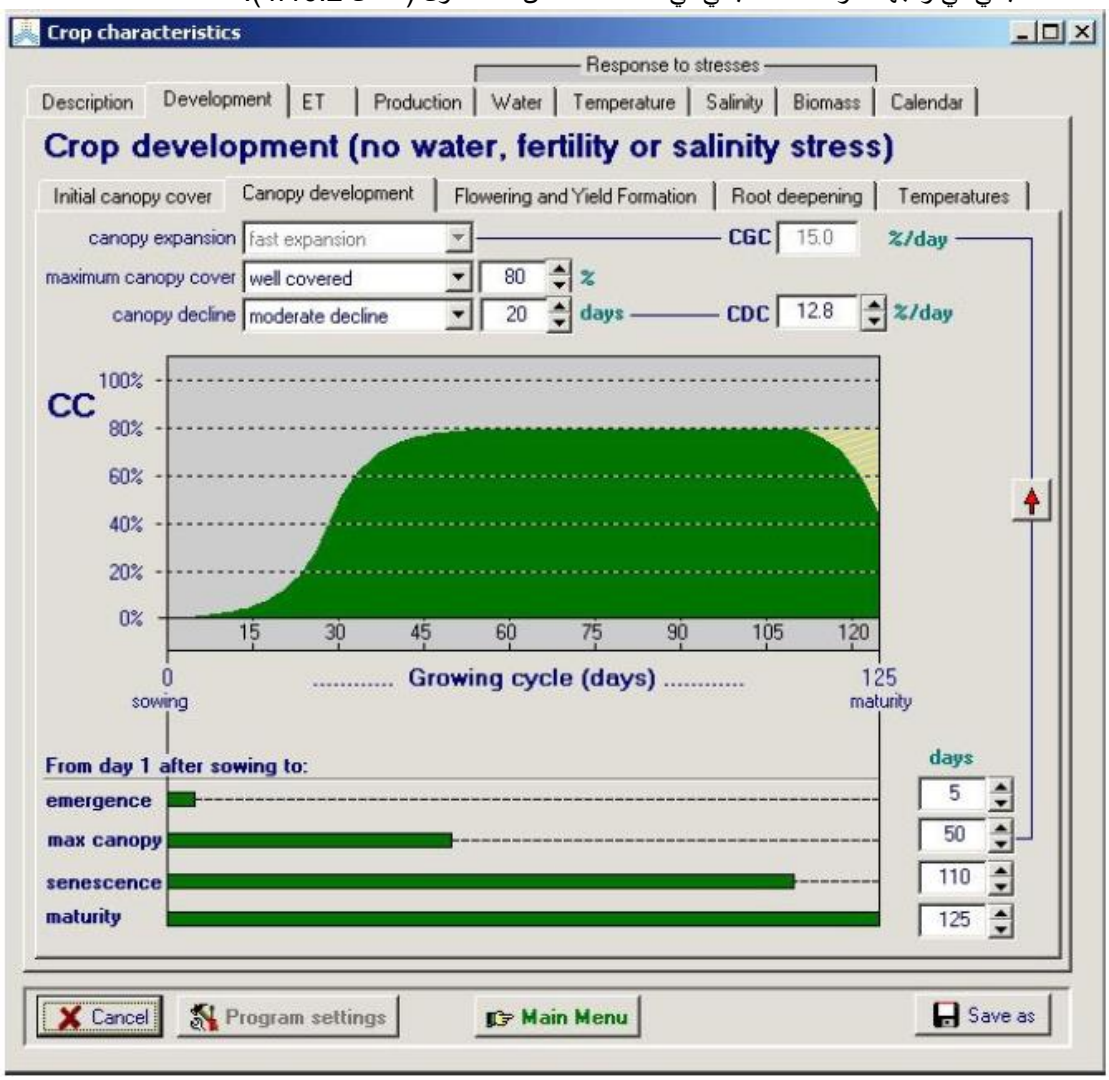
الجدول 1f 10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة لها ومجالات الغطاء النباتي الأولي (CC_o) Initial Canopy Cover.

Class الفئة	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
Very small cover غطاء نباتي صغير جداً	0.10 %	0.10 … 0.12 %
Small canopy cover غطاء نباتي صغير	0.20 %	0.13 … 0.30 %
Good canopy cover غطاء نباتي جيد	0.40 %	0.31 … 0.50 %
High canopy cover غطاء نباتي عالي	0.70 %	0.51 … 0.70 %
Very high cover (mostly for transplants) غطاء نباتي عالي جداً (غالبا للشتلات).	1.50 %	0.71 …10.00 %

- **تطور الغطاء النباتي Canopy development**

يوصف توسع الغطاء النباتي في حالة عدم الإجهاد من خلال معادلتين (انظر الفصل 3 – القسم 1.4.3 تطور الغطاء النباتي) متطلباً معلومات عن (1) الغطاء النباتي الأولي (CC_o) و (2) الحد الأعظمي للغطاء النباتي maximum canopy cover (CC_x) و(3) معامل نمو الغطاء النباتي canopy growth coefficient (CGC). يتراجع الغطاء النباتي (CC) بمجرد أن تبدأ شيخوخة الغطاء النباتي. ولمحاكاة تراجع الغطاء النباتي فإننا بحاجة إلى تحديد

وقت بداية شيخوخة الغطاء النباتي starting time of senescence ومعامل تراجع أو انحسار الغطاء النباتي canopy decline coefficient (CDC) . يتم عرض بارامترات المحصول التي تحكم توسع وتراجع الغطاء النباتي في واجهة نمو الغطاء النباتي في قائمة خصائص المحصول (الشكل 4f10.2).



الشكل 4f10.2: مواصفات نمو الغطاء النباتي في قائمة خصائص المحصول.

الوقت حتى الإنبات: Time to emergence هو الفترة الزمنية المطلوبة من تاريخ البذار sowingحتى الوصول إلى 90% من الإنبات. ونظراً لأن تحضير أو إعداد الحقل ودرجة حرارة التربة ومحتوى الماء يتغير مع كل حالة، فإن الزمن حتى الإنبات يتم تحديده من قبل المستخدم.

معامل نمو الغطاء النباتي والوقت اللازم للوصول إلى الحد الاعظمي للغطاء النباتي Canopy Growth Coefficient (CGC) and the corresponding time to reach maximum canopy:

إن معامل نمو الغطاء النباتي (CGC) هو باراميتر محصول محافظ (conservative لا يتغير). يوفر برنامج AquaCropإجراءً بديلاً لتحديد معامل نمو الغطاء النباتي (CGC) أو الوقت المطلوب للوصول إلى الغطاء النباتي الأعظمي (CC_x):

- إذا كان السهم الأحمر متجهاً نحو الأسفل (الشكل 4f10.2)، فإن الوقت للوصول إلى الغطاء النباتي الأعظمي يكون مشتقاً من معامل نمو الغطاء النباتي المحدد (CGC).
- إذا كان السهم الأحمر متجهاً نحو الأعلى، فإن معامل نمو الغطاء النباتي (CGC) يكون مشتقاً من الزمن المحدد للوصول إلى الغطاء النباتي الأعظمي.
- يمكن أيضاً تحديد معامل نمو الغطاء النباتي عن طريق اختيار واحد من الفئات بدءاً من توسع بطيء جداً إلى سريع جداً (الجدول 2f10.2).

الجدول (2f10.2): الفئات والقيم الافتراضية ومجالات معامل نمو الغطاء النباتي (CGC) المقابلة من أجل ظروف غير مجهدة.

Class الفئة	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
Very slow expansionتوسع بطيء جداً	3 % / day	2.0 ... 4.0 % / day
Slow expansionتوسع بطيء	6 % / day	4.1 ... 8.0 % / day
Moderate expansionتوسع متوسط	10 % / day	8.1 ... 12.0 % / day
Fast expansionتوسع سريع	15 % / day	12.1 ... 16.0 % / day
Very fast expansionتوسع سريع جداً	18 % / day	16.1 ... 40.0 % / day

الغطاء النباتي الأعظمي (CC_x) Maximum canopy cover: يعتمد الغطاء النباتي الأعظمي على الكثافة النباتية والغطاء النباتي (CC) لكل شتلة عند 90% من الإنبات ومعامل نمو الغطاء النباتي (CGC). يقوم المستخدم باختيار واحد من الفئات التي تتراوح بين مغطاة بشكل رقيق (thinly covered) إلى مغطاة بشكل كامل (entirely covered) كما هو واضح في الجدول 3 f10.2. يعرض برنامج AquaCrop غطاء الأرض المقابل ground cover عند الغطاء النباتي الأعظمي maximum canopy. يمكن أيضاً أن يتم تحديد الغطاء النباتي الأعظمي (CC_x) عن طريق إدخال النسبة المئوية مباشرةً.

الجدول (3f10.2): الفئات والقيم الافتراضية ومجالات الغطاء النباتي الأعظمي المتوقعة (CCx) المقابلة من أجل ظروف غير مجهدة.

Class الفئة	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
Very thinly coveredمغطى بشكل رقيق جداً	40 %	11 … 64 %
Fairly covered مغطى بشكل متوسط	70 %	65 … 79 %
Well coveredمغطى بشكل جيد	90 %	80 … 89 %
Almost entirely coveredتقريبا مغطاة تماما	95 %	90 … 98 %
Entirely coveredمغطاة تماماً	99 %	99 … 100 %

وقت بدء شيخوخة الغطاء النباتي :**Senescence starting time** هو الوقت الذي يبدأ عنده اصفرار أوراق الغطاء النباتي في الظروف المثالية، ويعتمد هذا الوقت على الفينولوجيا (علاقة النبات بالمناخ) ويكون متعلقا بالصنف cultivar specific.

معامل تراجع (انحسار) الغطاء النباتي (CDC) Canopy Decline Coefficient: عند اختيار واحدة من فئات تراجع الغطاء النباتي التي تتراوح من بطيئة جداً إلى سريعة جداً (الجدول 4 f10.2)، يتم اشتقاق معامل تراجع الغطاء النباتي من عدد الأيام المطلوبة لتحقيق شيخوخة كاملة للغطاء النباتي. يمكن أيضاً تحديد معامل تراجع الغطاء النباتي بشكل مباشر، ويفترض في هذا المعامل أنه محافظ (لا يتغير) .conservative

الجدول 4f10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة ومجالات تراجع الغطاء النباتي معبراً عنها بعدد الأيام المطلوبة لتحقيق شيخوخة كاملة للغطاء النباتي.

Class الفئة	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال (باليوم)
Very slow declineتراجع (انحسار) بطيء جداً	5 weeks	أكثر من 31 يوماً
Slow decline تراجع بطيء	4 weeks	25...31 يوماً
Moderate decline تراجع متوسط	3 weeks	18...24 يوماً
Fast decline تراجع سريع	2 weeks	13...17 يوماً
Very fast decline تراجع سريع جداً	10 days	أقل من 13 يوماً

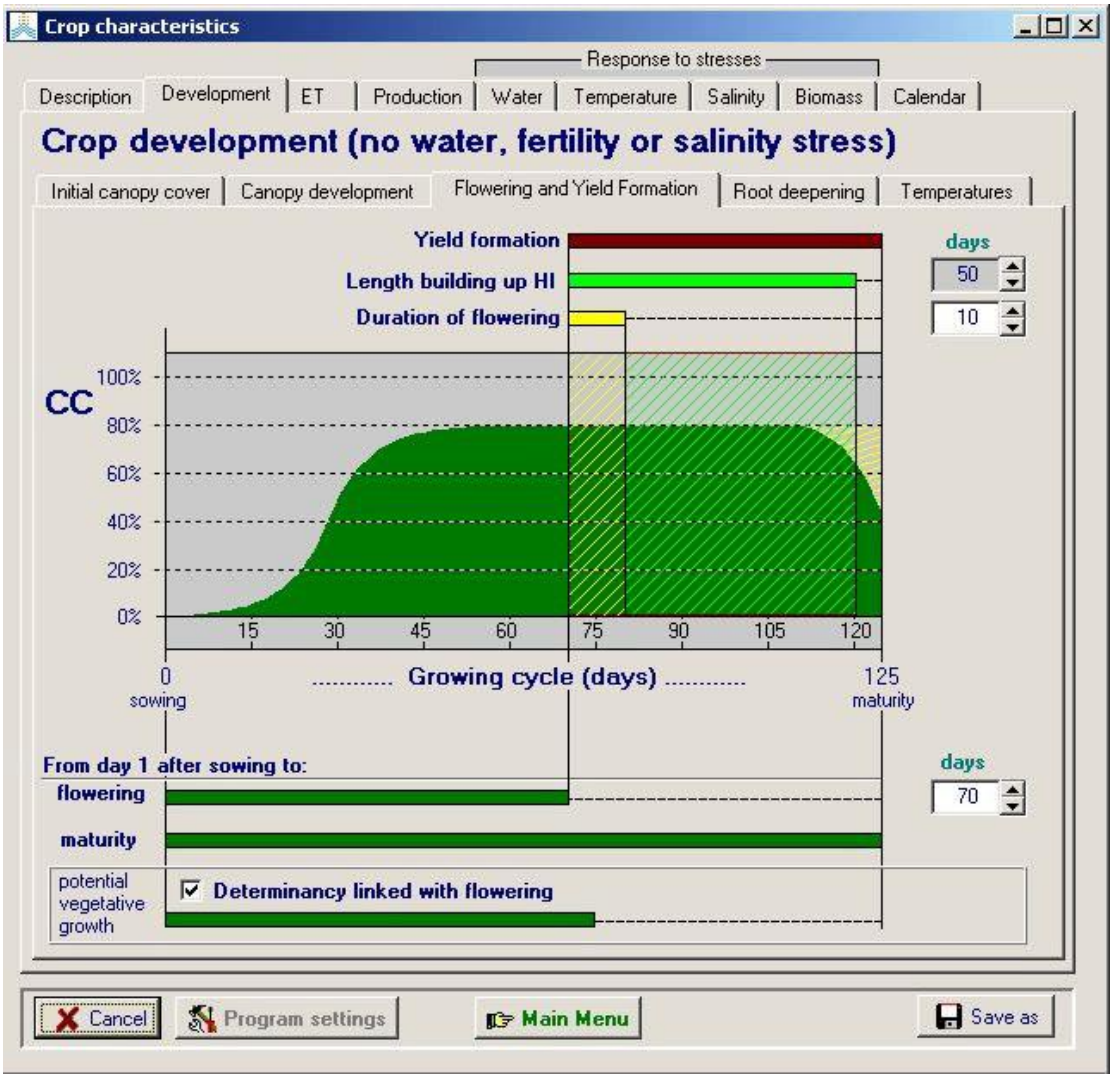
الوقت حتى النضج :Time to maturity يحدد المستخدم الوقت الذي يتم عنده الوصول إلى مرحلة النضج. على الرغم من أنه يمكن حصاد المحصول في وقت لاحق (متأخر)، فإنه من المفترض أن إنتاج المحصول crop production لا يتغير بعد الوصول إلى النضج.

- **الإزهار وتشكيل الغلة (محاصيل منتجة للثمار أو الحبوب) Flowering and yield formation (fruit/grain producing crops)**

يجب تحديد بارامترات المحصول التالية:

1- وقت بداية الإزهار start of flowering
2- مدة الإزهار duration of flowering
3- الوقت اللازم لبناء مؤشر الحصاد length building up Harvest Index (HI)
4- إذا كان التحديد مرتبط مع الإزهار determinancy linked with flowering(الشكل 5f10.2).

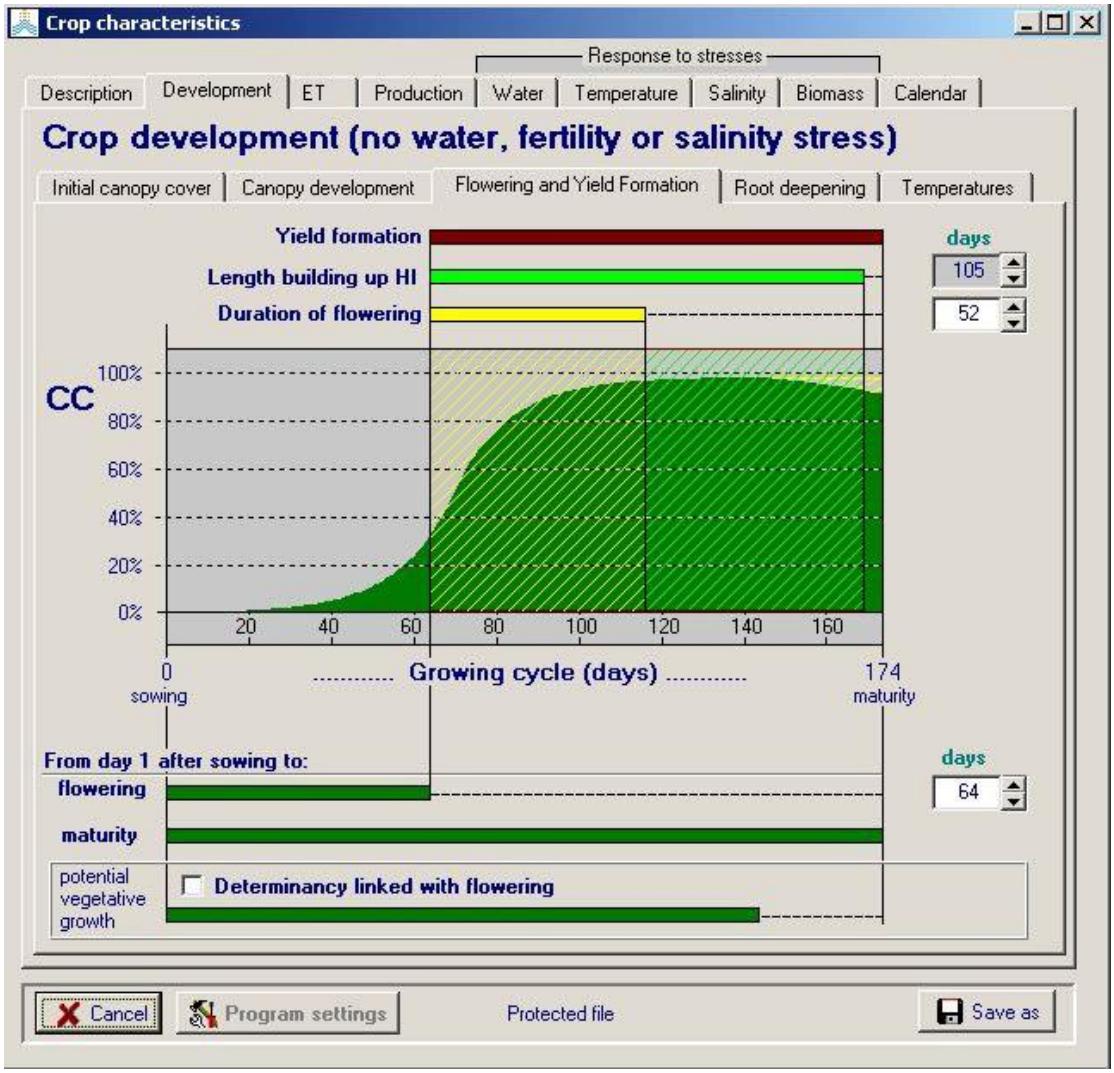
تكون هذه البارامترات بشكل رئيسي متعلقة الصنف cultivar specific.



الشكل 5f10.2: مواصفات الإزهار والوقت المطلوب لبناء مؤشر الحصاد لمحاصيل منتجة للثمار أو الحبوب في قائمة خصائص المحصول من أجل محصول ما وذلك عندما يكون التحديد determinancy مرتبطا مع الإزهار.

إذا تم اختيار خيار "التحديد مرتبط مع الإزهار" <Determinancy linked with flowering> كما هو موضح بالشكل 5f 10.2، فإن المحصول يعتبر محدد determinant ويفترض بأن الغطاء النباتي لديه إمكانية للنمو (if CC < CC_x) حتى ذروة الإزهار (منتصف فترة الإزهار) ولكن ليس لديه إمكانية للنمو بعد ذلك. إذا لم يكن ممكنا الوصول إلى CC_x عند ذروة الإزهار بسبب توقيت الإزهار الذي تم اختياره، يقوم برنامج AquaCrop بتعديل مدة الإزهار في قائمة خصائص المحصول حتى يمكن الوصول إلى CC_x.

أما إذا لم يتم اختيار خيار التحديد Determinancy(الشكل 6f10.2)، فإن نمو الغطاء النباتي يمكن أن يمتد حتى الوصول إلى شيخوخة الغطاء النباتي. يتم هنا عرض فترة النمو الخضري المحتملة المقابلة.



الشكل 6f10.2: مواصفات الإزهار والوقت اللازم لبناء مؤشر الحصاد لمحاصيل منتجة للثمار أو الحبوب في قائمة خصائص المحصول من أجل محصول ما وذلك عندما لا يكون التحديد determinancy مرتبطا مع الإزهار، مثل القطن.

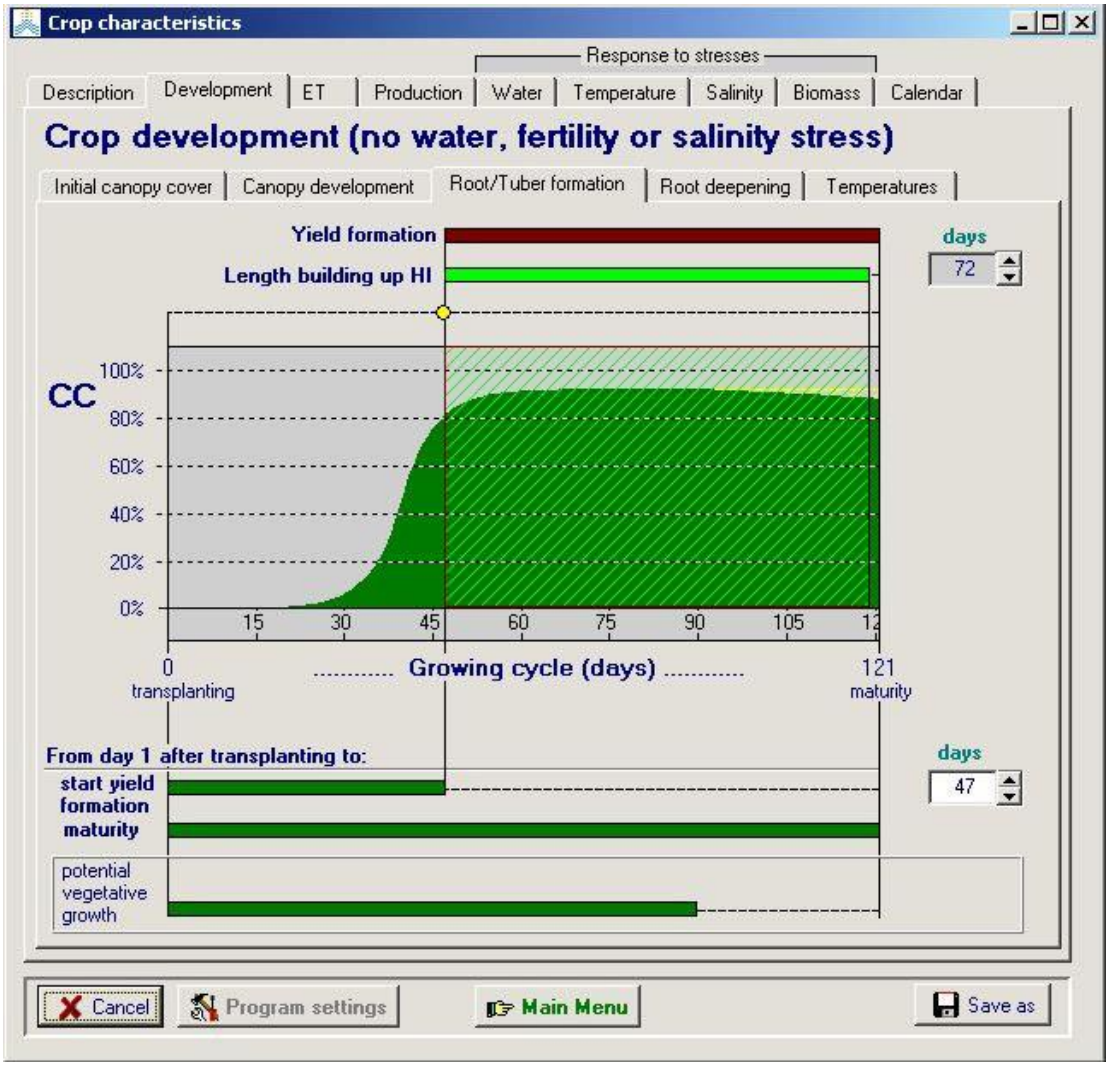
إن الوقت اللازم لمؤشر الحصاد Harvest Index (HI) للزيادة من 0 (عند الإزهار) إلى قيمته المرجعية reference values (HI_o) في الظروف المثالية هو مدة بناء مؤشر الحصاد duration for building up HI. يجب أن يصل مؤشر الحصاد إلى قيمته المرجعية عند النضج maturity أو قبل ذلك بوقت قصير.

- **تشكيل الجذر أو الدرنة (المحاصيل الجذرية أو الدرنية) Root/Tuber formation (root/tuber crops)**

لا بد من تحديد بارامترات المحصول التالية:

1. بداية تشكيل الدرنة أو تضخم الجذر start of tuber formation or root enlargement
2. الوقت اللازم لبناء مؤشر الحصاد time required to build up the Harvest Index (HI)، انظر الشكل 7f10.2.

تعتبر هذه البارامترات متعلقة بالصنف cultivar specific.



الشكل 7f10.2: مواصفات بداية تشكيل الغلة والوقت اللازم لبناء مؤشر الحصاد للمحاصيل الجذرية أو الدرنية في قائمة خصائص المحصول.

يفترض في المحاصيل الجذرية أو الدرنية أن تكون غير محددة .indeterminant وبالتالي فإن نمو الغطاء النباتي يمكن أن يمتد حتى شيخوخة الغطاء النباتي. يتم هنا أيضا عرض فترة النمو الخضري المقابلة في القائمة.

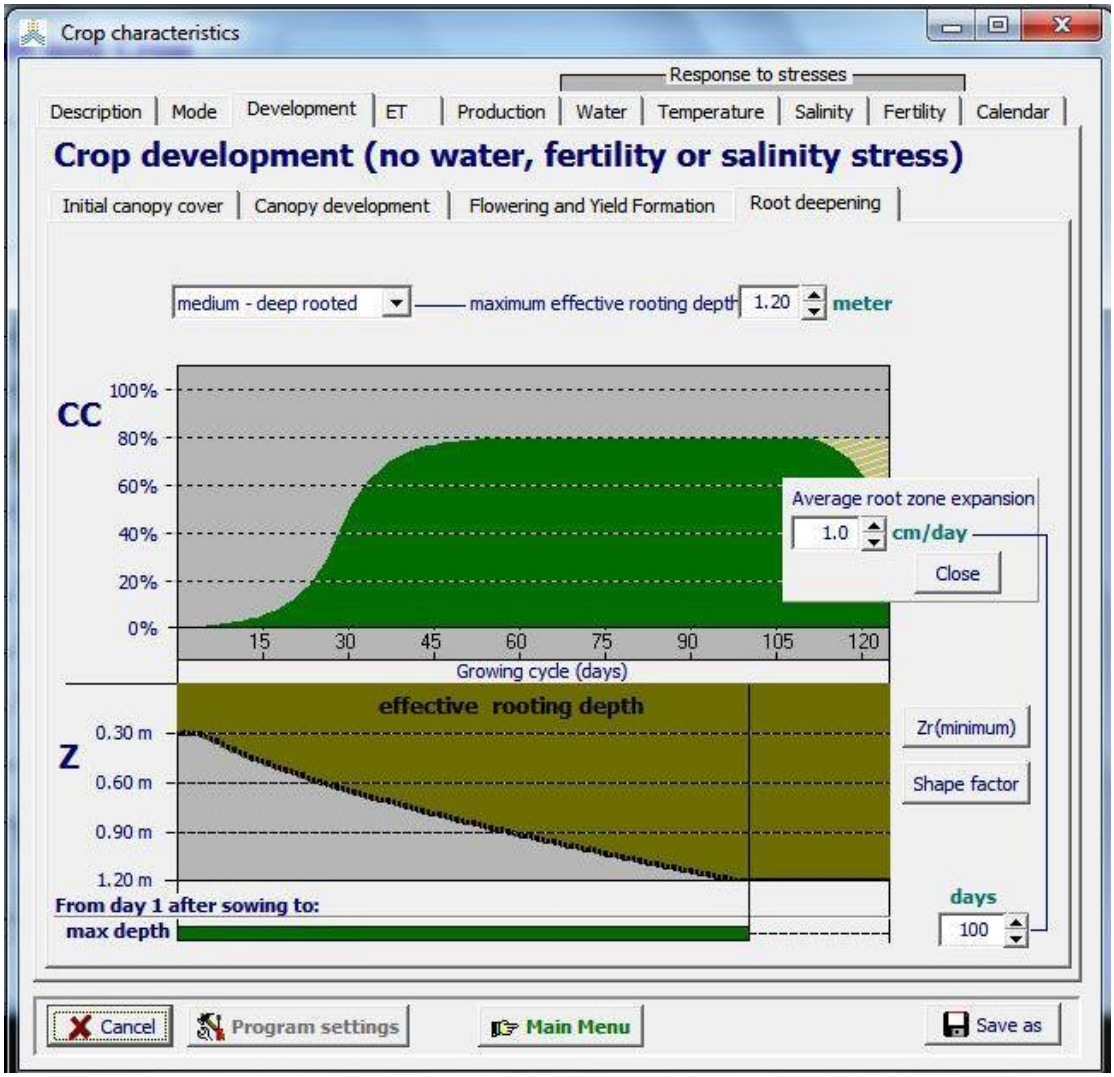
إن الوقت اللازم لمؤشر الحصاد Harvest Index (HI) للزيادة من 0 (بداية تشكيل الدرنة أو تمدد الجذر) إلى قيمته المرجعية (HI_o) reference values في الظروف المثالية هو مدة بناء مؤشر الحصاد duration for building up HI. يجب أن يكون مؤشر الحصاد قادراً على الوصول إلى قيمته المرجعية عند النضج maturity أو قبل ذلك بوقت قصير.

- **تعميق الجذر Root deepening**

لابد من تحديد البارامترات التالية:

1. عمق التجذر الفعال الأعظمي .maximum effective rooting depth
2. الوقت اللازم للوصول إليه time reached
3. الحد الأدنى لعمق التجذر الفعال minimum effective rooting depth
4. عامل شكل منحني تعمق الجذر مع الزمن shape factor for the rooting depth (Z) time curve، (الشكل 8f10.2).

يتم تحديد هذا البارامترات من قبل المستخدم، حيث أن نمو الجذر يتأثر بشدة بظروف التربة المحلية وطول دورة حياة المحصول.



الشكل 8f10.2: مواصفات تعميق الجذر في قائمة خصائص المحصول.

يمكن تحديد **عمق التجذر الفعال الأعظمي maximum effective rooting depth** من خلال اختيار واحدة من الفئات التي تتراوح بين محاصيل ضحلة الجذور إلى محاصيل ذات جذور عميقة جداً (الجدول 5f10.2). إن فئة المحاصيل ضحلة الجذور لا تنطبق إلا على الأرز rice والمحاصيل ذات دورة الحياة القصيرة جداً مثل الفجل radish. يقوم برنامج AquaCrop بعرض عمق التجذر الفعال الأعظمي المقابل. يمكن أيضاً تحديد عمق التجذر rooting depth من خلال الإدخال المباشر للقيمة مقاسة بالمتر.

الجدول 5f10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة ومجالات عمق التجذر الفعال الأعظمي لمحصول مكتمل النمو في الظروف المثلى.

Class الفئة	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
Shallow rooted cropsمحاصيل ذات جذور ضحلة	0.40 m	0.10 … 0.59
Shallow – medium rootedمحاصيل ذات جذور ضحلة إلى متوسطة	0.80 m	0.60 … 0.99
Medium rooted cropsمحاصيل ذات جذور متوسطة	1.20 m	1.00 … 1.39
Medium – deep rooted محاصيل ذات جذور متوسطة إلى عميقة	1.60 m	1.40 … 1.79
Deep rooted crops محاصيل ذات جذور عميقة	2.00 m	1.80 … 2.19
Very deep-rooted crops (perennial)محاصيل ذات جذور عميقة جداً (معمرة أو دائمة)	2.40 m	2.20…4.00

يمكن تحديد الزمن اللازم للوصول إلى عمق الجذور الفعال الأعظمي *time required to reach the maximum effective rooting depth*باختيار:

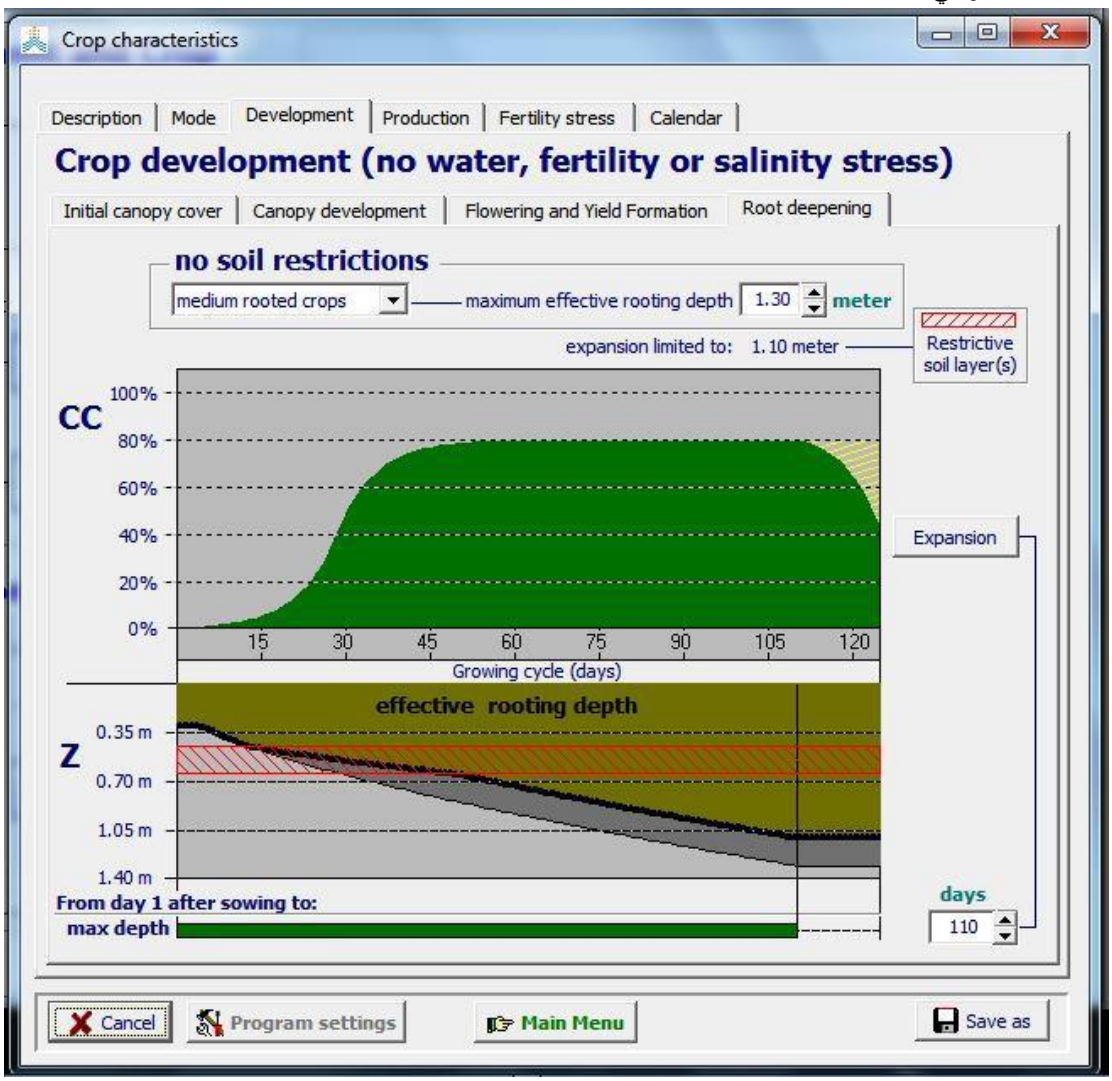
- معدل توسع منطقة الجذور. يمكن بشكل عام وتقريبي القول بأن معدل تعمق الجذور للمحاصيل الحقلية هو حوالي 1سم /يوم ويمكن أن يصل إلى 2 سم/يوم في اليوم وذلك عندما تكون البيئة مثالية للنمو وتكون التربة غير باردة وعند غياب طبقات التربة التي تحد من عملية النمو.
- تحديد عدد الأيام التي يصل عندها الجذر للعمق الأعظمي مباشرة.

يشير الحد الأدنى لعمق التجذر الفعال minimum effective rooting depth إلى العمق الذي تستطيع الشتلات النابتة germinating seedling استخراج المياه منه. بالعموم، تؤخذ قيم عمق تتراوح بين 0.20 إلى 0.30 متر لأغراض المحاكاة.

من خلال تغيير عامل شكل shape factor منحني تعميق الجذر (Z) مع الزمن، يمكن تغيير معدل توسع منطقة الجذر بين وقت الزرع ووقت الوصول إلى عمق التجذر الأعظمي.

قد لا يصل عمق التجذر الفعال إلى قيمته الأعظمية إذا كان هنالك طبقة من التربة غير نفوذه (كتيمة) تعمل على إعاقة نمو الجذر، أو عندما يكون عمق التربة القابل للاستغلال أصغر من عمق التجذر الأعظمي. يوصف معدل تعميق الجذر بواسطة عامل الشكل shape factor، لكن عندما يصل عمق التجذر الفعال إلى طبقة التربة المقيدة للنمو يتباطأ وقد يتوقف امتداد الجذر كليا حسب نفاذية طبقة التربة. (الشكل 9f10.2):

يعود امتداد الجذور طبيعيا تحت الطبقة المقيدة، على أي حال لا يمكن بلوغ عمق الجذر الفعال الأعظمي بسبب التأخر في الامتداد.



الشكل 9f10.2: تأثير طبقة التربة التقييدية على نمو الجذر.

7.10.2 البخر-نتح Evapotranspiration

- **المعاملات Coefficients**

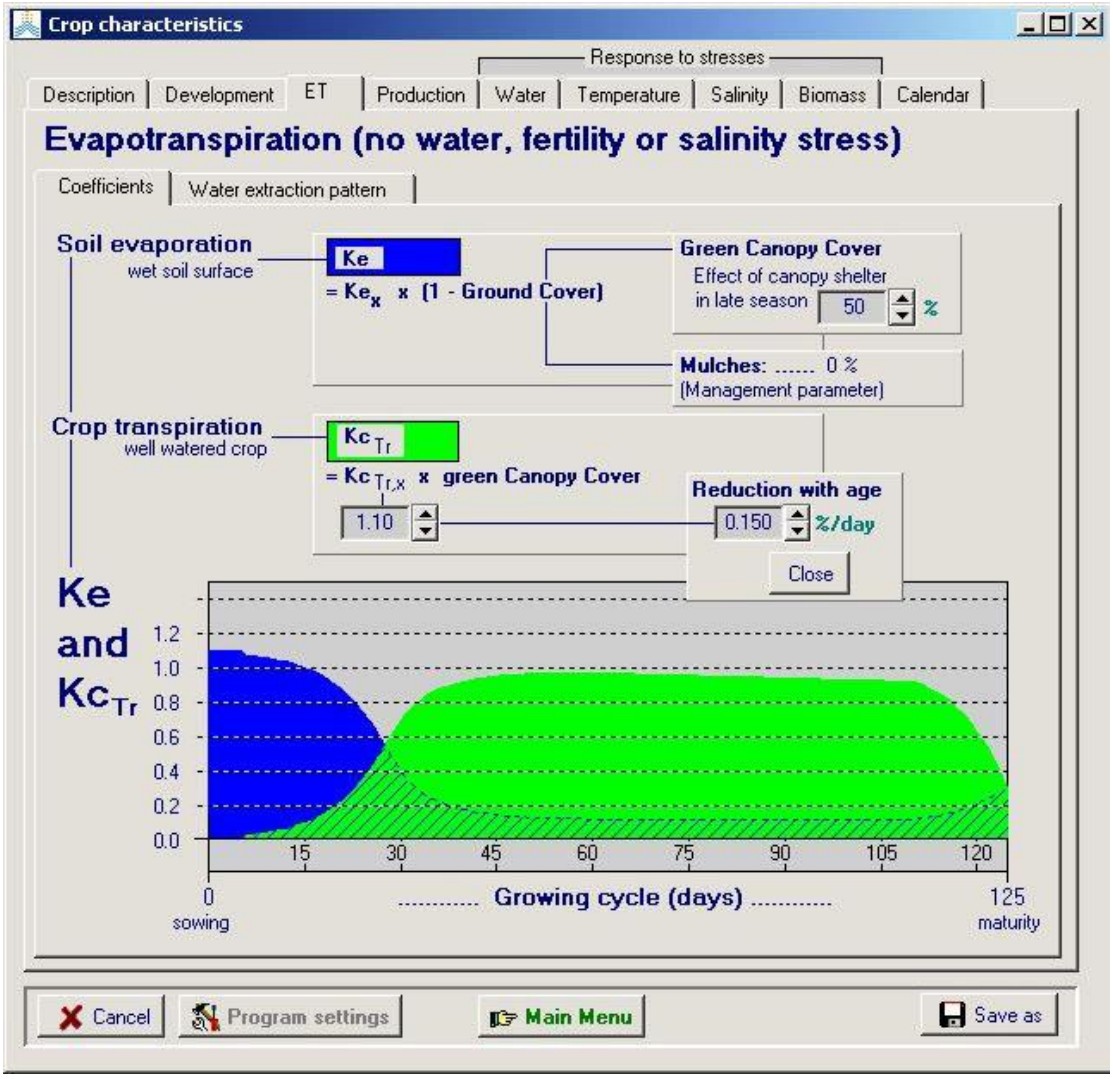
معاملات المحصول للنتح الأعظمي ($Kc_{Tr,x}$)

يكون النتح من المحصول Crop transpiration في تربة حاوية على المياه بشكل جيد متناسباً مع الغطاء النباتي الفعال، وعامل التناسب proportional factor هو معامل نتح المحصول الأعظمي maximum transpiration ($Kc_{Tr,x}$)، وهو معامل المحصول crop coefficientعندما يكون الغطاء النباتي كاملاً (canopy cover CC=1) وبدون إجهادات.

يعتبر معامل نتح المحصول الأعظمي $Kc_{Tr,x}$ معاملاً محافظاً (conservative) ويعادل تقريباً معامل المحصول القاعدي (الذي ينشأ من الساق) basal crop coefficientعند منتصف الموسم ولكن فقط في حالات الغطاء النباتي الكامل (FAO Irrigation and Drainage Paper 56).

بعد الزمن المطلوب للوصول إلى الغطاء النباتي الأعظمي (CC_x) تحت الظروف المثلى وقبل شيخوخة الغطاء النباتي، فإن الغطاء النباتي يهرم (يشيخ) ببطء ويكون خاضعاً للاستمرار على الرغم من الانخفاض الطفيف في النتح والقدرة على التمثيل الضوئي. وتتم محاكاة ذلك عن طريق تخفيض معامل نتح المحصول الأعظمي $Kc_{Tr,x}$بنسبة بسيطة جداً وثابتة في كل يوم (الشكل 1g10.2).

الشكل 1g10.2يمثل رسم تخطيطي لمعامل تبخر مياه التربة The soil water evaporation coefficient (Ke) ومعامل نتج المحصول (Kc_{tr}) من مرحلة البذار sowing حتى مرحلة النضج maturity



الشكل 1g10.2: يوضح استجابة معامل تبخر التربة (Ke)ومعامل نتح المحصول (Kc_{tr}) لنمو وتراجع الغطاء النباتي canopy خلال دورة النمو وذلك من أجل شروط غير مقيدة non limiting conditions

- **معامل تبخر التربة Soil evaporation coefficient (Kex)**

إن النتح من سطح تربة رطبة تماماً يتناسب مع سطح التربة غير المغطى بالغطاء النباتي (CC - 1). و عامل التناسب proportional factor هو معامل تبخر مياه التربة (Ke_x) من أجل سطح تربة رطب تماماً fully wet وغير مظلل unshaded (والذي يعتبر أحد بارامترات البرنامج program parameter (انظر 16.10.2إعدادات البرنامج) وله قيمة افتراضية مساوية إلى 1.1 .
عندما يتراجع الغطاء النباتي في وقت متأخر من الموسم بحسب ما تفرضه الفينولوجيا أو نتيجة إجهادات المياه أو المواد الغذائية أو الملوحة، فإن تبخر التربة يبقى منخفضاً إلى حدٍ ما وذلك نتيجةً لتأثير ظل الغطاء النباتي الأصفر أو الميت. يتم تحديد بارامترات تأثير ظل الغطاء النباتي effect of canopy shelter بناءً على ما إذا كان الغطاء النباتي الهرم يحتفظ بمياه التربة أكثر أو أقل من أوراقه الميتة.
الشكل 1g10.2يمثل رسم تخطيطي لمعامل تبخر مياه التربة The soil water evaporation coefficient (e_e) ومعامل نتج المحصول (Kc_{tr}) من مرحلة البذار sowing حتى مرحلة النضج maturity.

- **نمط استخراج المياه Water extraction pattern**

يخضع استخراج المياه بواسطة الجذور من مقطع التربة إلى محتوى المياه الفعلي في التربة وإلى الكمية الأعظمية من المياه maximum amount of water (Sx) التي يمكن استخراجها بواسطة الجذور لكل وحدة من حجم كتلة التربة bulk volume of soilخلال وحدة الزمن، وتقدر بـ م3 مياه /م3 تربة باليوم ($m^3/m^3.day$).

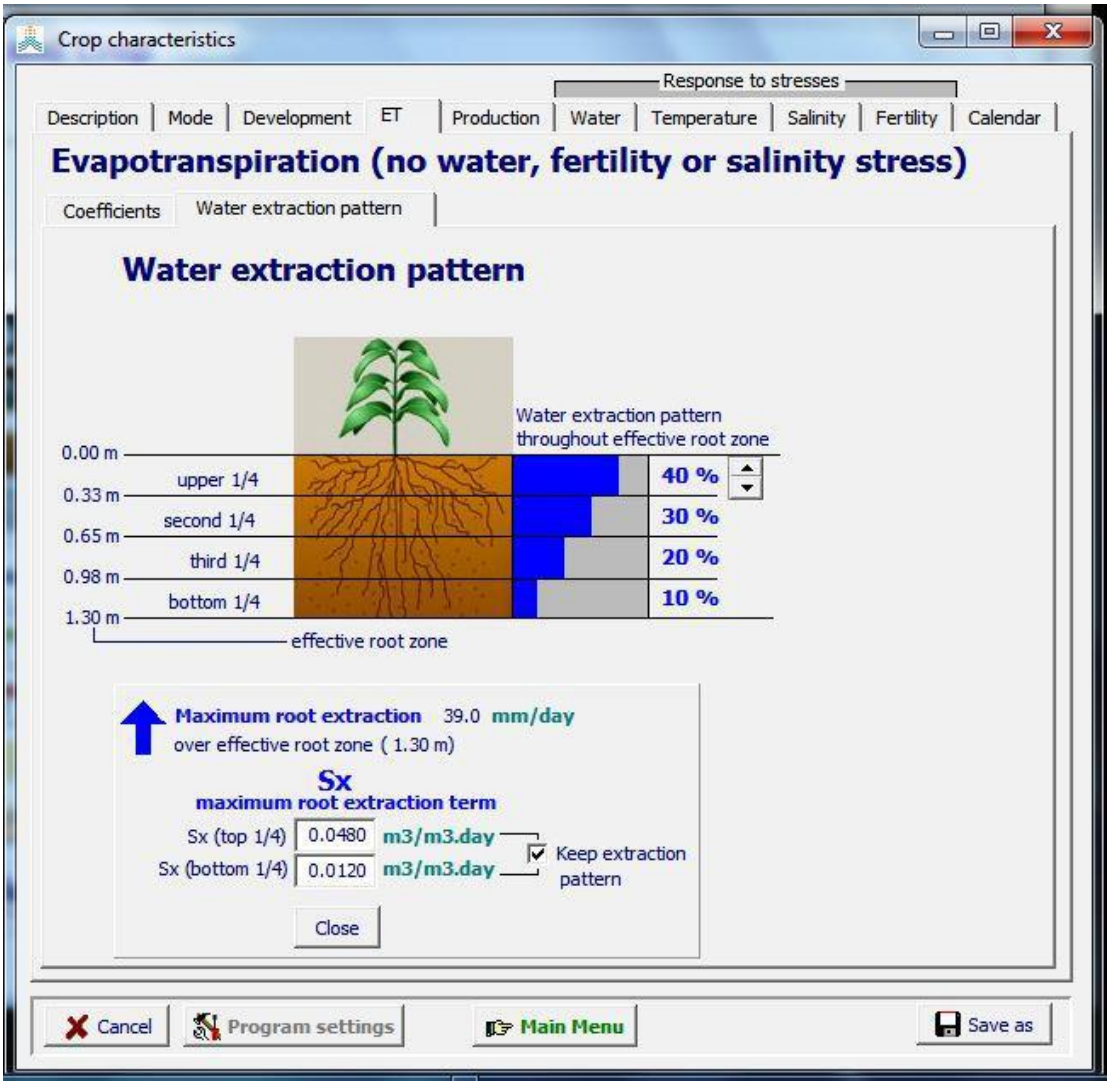
يتم التمييز بين القيمتين التاليتين (شكل 2g10.2):
- استخراج الجذور الأعظمي في الربع الأعلى من منطقة الجذور.
- استخراج الجذور الأعظمي في الربع الأدنى من منطقة الجذور.

ويعتبر الاثنان من معاملات المحصول غير المحافظة ويمكن للمستخدم أن يعدلها. إن قيمة Sx في الجزء العلوي من مقطع التربة تختلف عادة عن قيمتها عند أسفل منطقة الجذر root zone. الجدول g10.2 يعطي المجال والقيم الافتراضية ل Sx.

جدول g10.2: المجال والقيم الافتراضية لاستخراج الجذور الأعظمي في الربع الأعلى والأدنى من منطقة الجذور من أجل قيم مختلفة لعمق الجذور الأعظمي

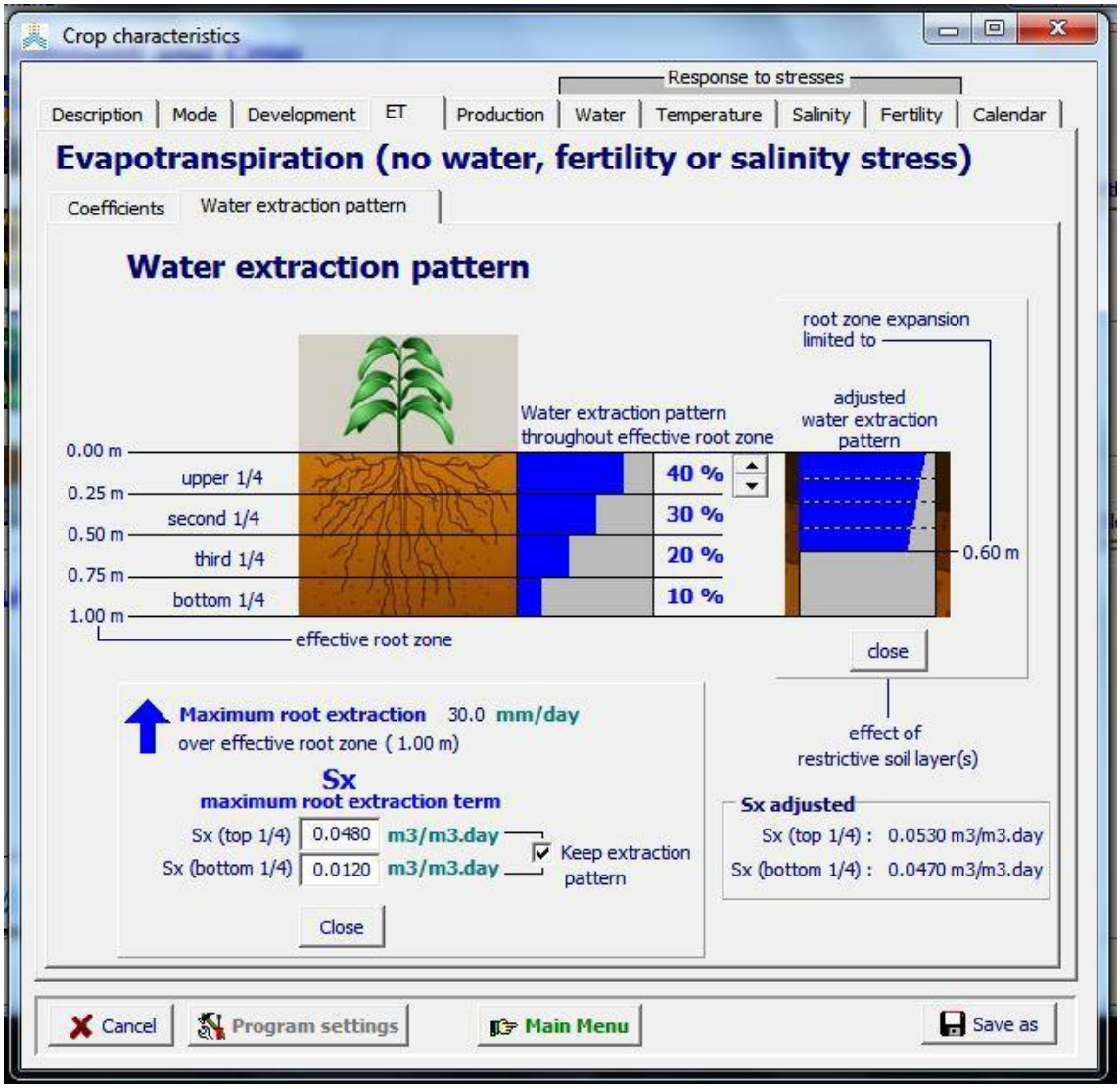
المتحول	مجال Sx	Sx الافتراضي	الاشتراط ل Zx
	م^3 /م^3. يوم	m3(water) per m3(soil) per day	م
$Sx_{(top\ ¼)}$	0.060 – 0.030	0.048	Zx ≤ 2
		$0.030 + 0.018\frac{4 - Zx}{2}$	2 < Zx ≤ 4
Sx(bottom ¼)	0.060 – 0.001	$Sx(top1/4)\frac{p4}{p1}$	

يشتق AquaCrop قيم Sx لأعماق مختلفة من منطقة الجذر من خلال تحديد نمط استخراج المياه ضمن منطقة الجذور، وتحديد استخراج الجذور الأعظمي Sx للربع الأعلى والأدنى لمنطقة الجذور ويعرض معدل استخراج الجذور الأعظمي لمحصول ينمو بشكل جيد (الشكل 2g10.2).



الشكل 2g10.2: يوضح كميات المياه الأعظمية المستخرجة بواسطة الجذور
(maximum root extraction term Sx m^3/m^3.day) عند أعلى وأسفل منطقة الجذر، وذلك بعد تحديد نمط استخراج المياه water extraction pattern
واستخراج الجذر الأعظمي (maximum root extraction mm/day).

في حال وجود طبقة تربة تحجز امتداد (اتساع) منطقة الجذر restrictive soil layer، فإن الحد الأعظمي لاستخراج الجذر عند أسفل منطقة الجذور (Sx bottom) يزداد عندما تستمر الجذور بالنمو، وهذا يحاكي تكثيف (زيادة كثافة أو تركيز) الجذور فوق طبقة التربة المقيدة لامتداد الجذور. يعرض برنامج AquaCrop عند وجود هذه الطبقة المقيدة في مقطع التربة، القيم المعدلة لحدود الاستخراج extraction terms الشكل 10.2 3g.

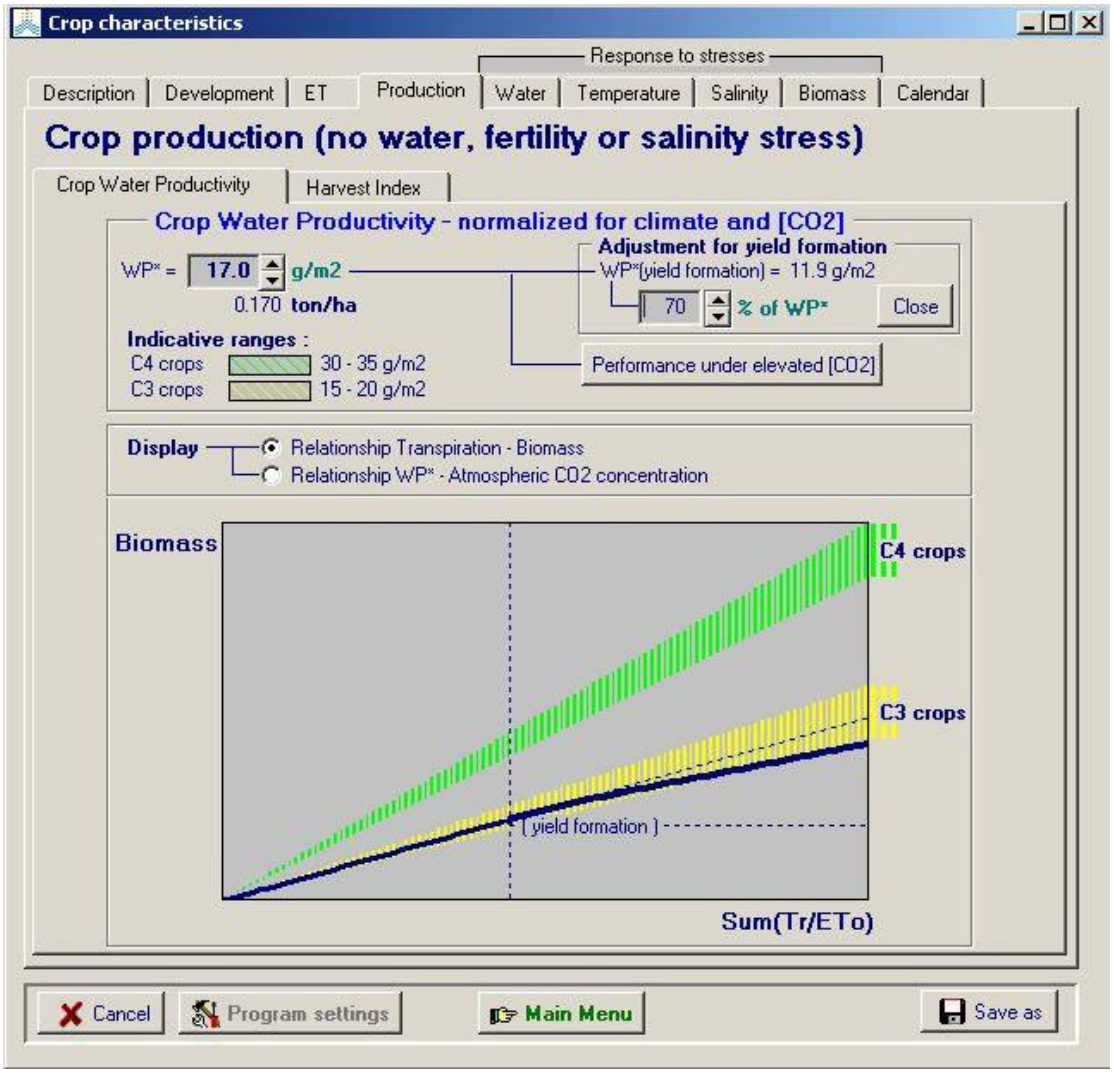


الشكل 3g10.2: نمط استخراج المياه الأعظمي (توزيع الجذور) عند الوصول إلى عمق جذور أعظمي 1 م, والنمط المعدل عند وجود طبقة تربة مقيدة عند عمق 0.6 م تمنع امتداد منطقة الجذور.

8.10.2 الإنتاج Production

- **إنتاجية المياه للمحصول (كفاءة استخدام المياه) المعدلة بالنسبة للمناخ وغاز ثاني أوكسيد الكربون**
  Crop water productivity normalized for climate and CO2(WP*)

إن إنتاجية المياه للمحصول (غلة المحصول الناتجة عن كل متر مكعب من المياه المستهلكة) المعايرة بالنسبة للمناخ وغاز ثاني أوكسيد الكربون WP* مطلوبة من أجل محاكاة الكتلة الحيوية biomassوالغلة yield، وتعتبر باراميتر محافظ conservative. يقدم برنامج AquaCrop مجالات (نطاقات) عامة للأنواع C3 وC4بالنسبة لأنواع المحاصيل crop species التي لم تتم معايرة قيم WP* لها. إذا كان العضو القابل للحصاد غني بالزيت و/أو البروتينات، فإن WP*بعد بداية الإزهار يجب أن تكون منخفضة على مدى فترة تشكيل الغلة، وذلك من خلال ضربها بعامل تعديل adjustment factor يتم إدخاله بواسطة المستخدم (الشكل 1h102).



الشكل 1h10.2: إنتاجية المياه للمحصول water productivity معايرة بالنسبة للمناخ وغاز ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي وتعديلها إذا كانت الأعضاء القابلة للجني غنية بالزيت و/أو البروتينات.

- **الأداء في ظل تركيز مرتفع لغاز ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي Performance under elevated atmospheric CO2 concentration**

يتم تعديل WP* عند تشغيل المحاكاة إذا كان تركيز غاز CO2 مختلف عن القيمة المرجعية (أي 369.41 جزء في المليون ppm المقاس في ماونا لوا - هاواي عام 2000). يتم الحصول على التعديل من خلال ضرب WP* بمعامل تصحيح على النحو الوارد في الفصل 3(القسم 3.11 الكتلة الحيوية فوق الأرض).

إن التعديل النظري ربما لا يكون صالحا تماماً في الحالات التالية:

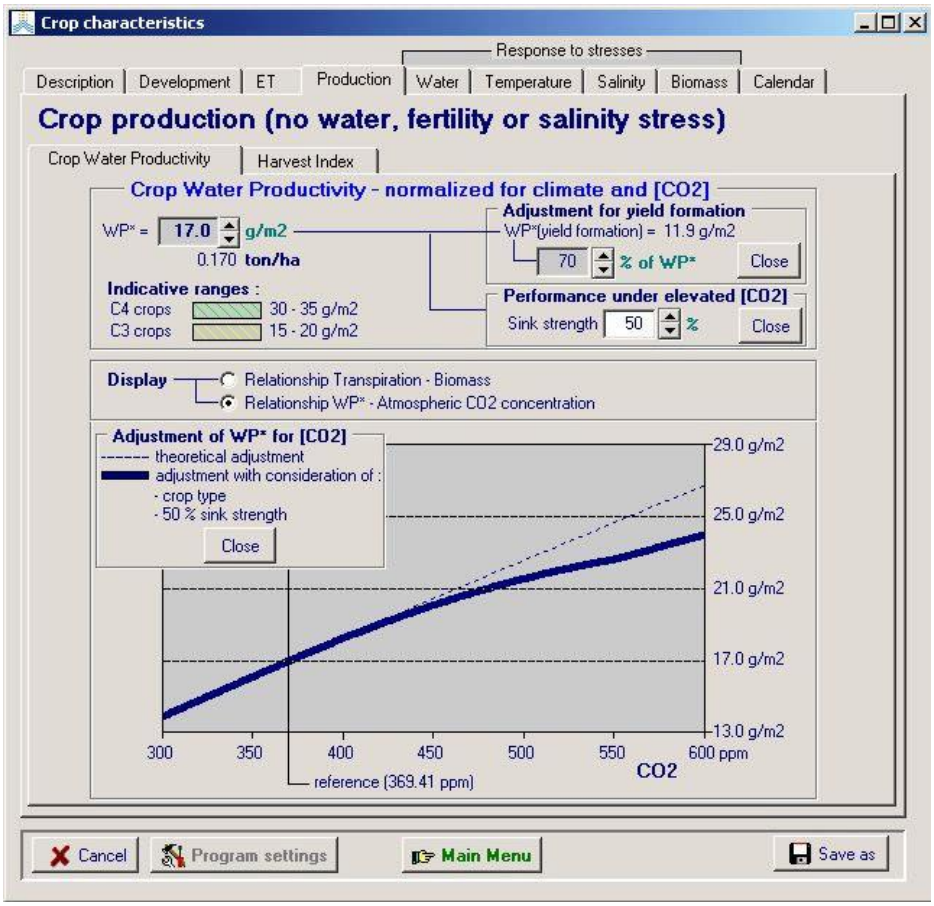
1- خصوبة التربة غير معدلة بشكل صحيح بالنسبة إلى الإنتاجية العالية في ظل تركيز مرتفع لغاز CO2،
2- إذا كانت قوة امتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون sink capacity(strength) لنوع المحصول الحالي غير قادرة بعد على الأخذ بالتركيز المرتفع ل CO2.

يمكن تعديل أداء المحصول تحت تركيز مرتفع لغاز CO2 في الغلاف الجوي من قبل المستخدم من خلال تغيير قوة امتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون sink strength وفقاً لإدارة خصوبة التربة المتوقعة والصنف cultivar (الشكل 2 h10.2).

يعرض الجدول h10.2 مجالات لقيم تأشيريه لقوة الامتصاص.

جدول h10.2: مجال القيم التأشيريه لقوة الامتصاص لعشرة محاصيل موجودة في قاعدة بيانات AquaCrop (Vanuytrecht et al., 2011).

المحصول	التصنيف ومجال القيم التأشيريه لقوى الامتصاص
Cereals: Maize (Z. mays L.), Rice (Oryza sativa L.), Wheat (Triticum aestivum L.) Sunflower (Helianthus annuus L.)	منخفضة Low (0.20–0.00)
Legumes: Soybean (Glycine max (L.) Merr.)	معتدلة منخفضة Moderate Low (0.20–0.40)
Indeterminate growth habit: Tomato (Solanum lycopersicum L.), Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)	معتدلة منخفضة Moderate Low (0.20–0.40)
Woody species: Cotton (Gossypium hirsutum L.)	معتدلة مرتفعة Moderate High (0.40–0.60)
Root and tuber crops: Potato (S. tuberosum L.), Sugar beet (Beta vulgaris L.)	مرتفعة High (0.60–0.80)



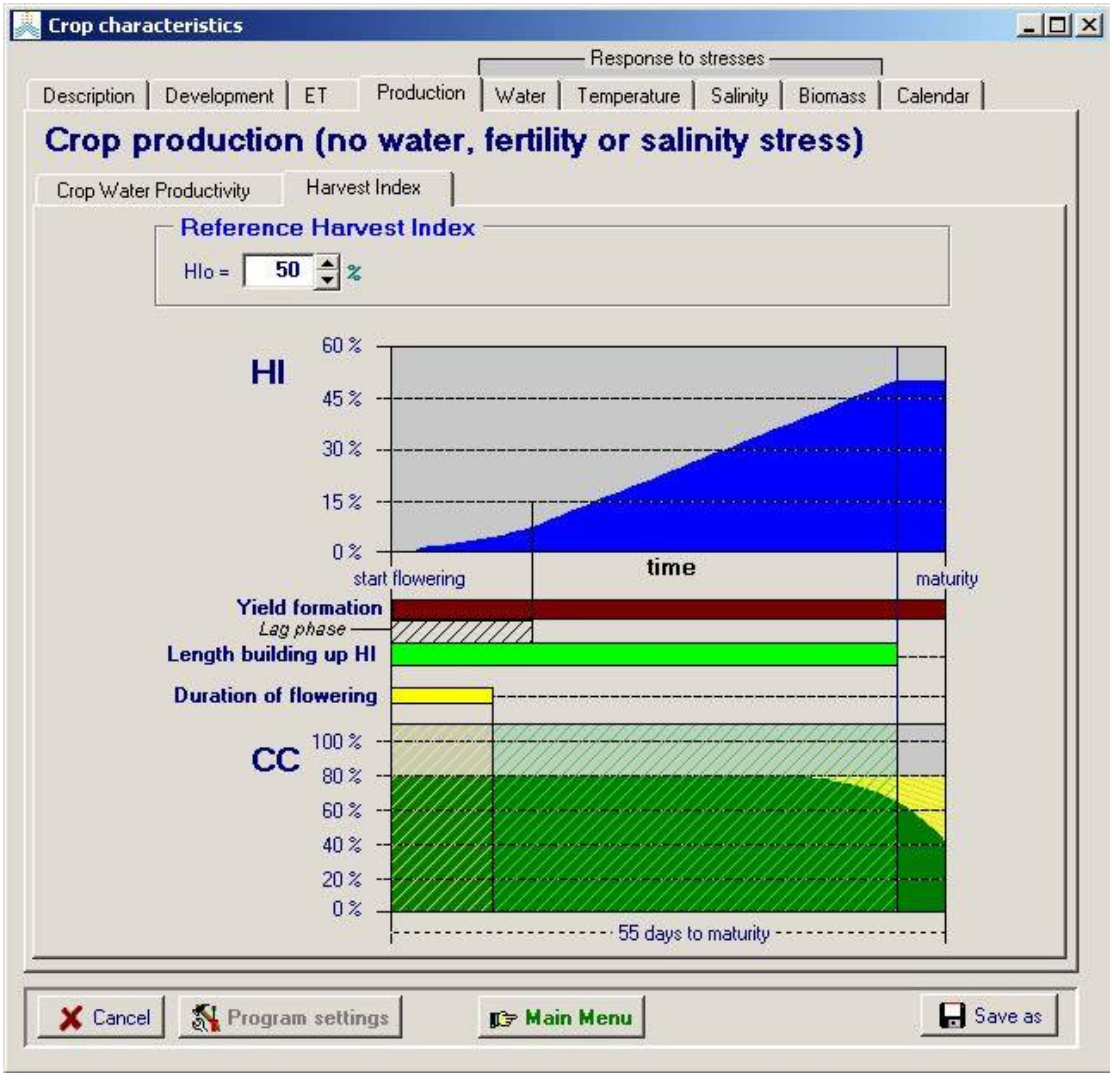
الشكل 2h10.2: إنتاجية المياه المعدلة للمحصول من أجل تركيز غاز CO2 في الغلاف الجوي من خلال النظر في نوع المحصول crop type وقوة امتصاص غاز ثاني أوكسيد الكربون أو ما يدعى قوة امتصاص المحصول crop sink strength.

- **مؤشر الحصاد المرجعي Reference Harvest Index (HI_0)**

إن مؤشر الحصاد المرجعي (HI_0) هو مؤشر الحصاد الممثل المذكور في المراجع من أجل نوع محصول محدد crop species في ظل ظروف عديمة الإجهاد non-stress conditions. ويعتبر HI_0 محافظا conservative إلى حد ما إلا أنه يمكن أن يكون متعلقا بالصنف cultivar specific.

المحاصيل المنتجة للثمار أو الحبوب Fruit or grain producing crops

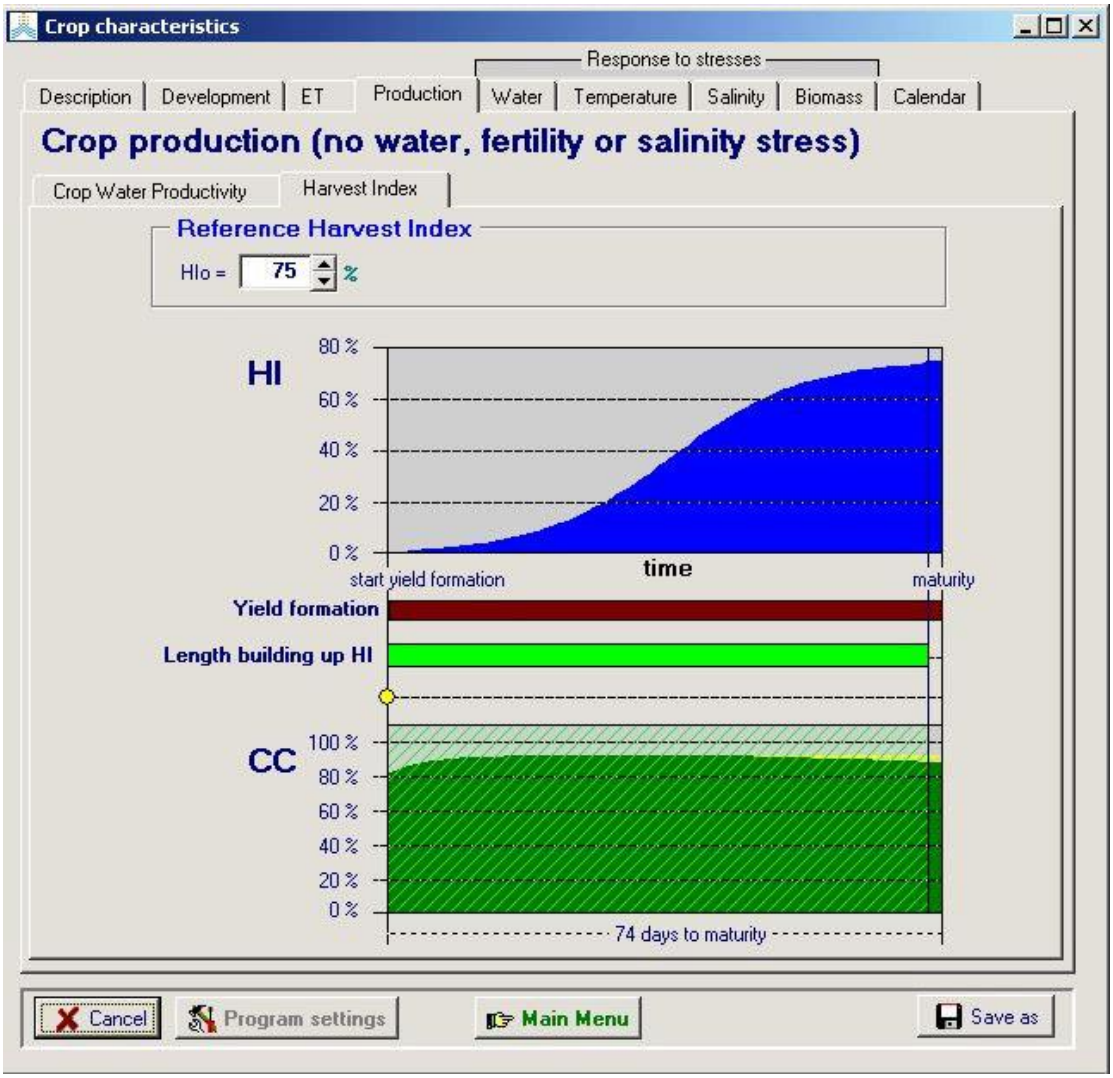
اعتباراً من بداية الإزهار، يزداد مؤشر الحصاد HI بشكل خطي linearly بعد مرحلة تأخر lag phase حتى يتم الوصول إلى مرحلة النضج الفسيولوجي (الشكل 3h10.2). يتم أخذ القيمة التي يتم الوصول إليها عند النضج في ظل ظروف غياب الإجهاد كقيمة لمؤشر الحصاد المرجعي HI_0 لذلك النوع species.



الشكل 3h10.2: مواصفات مؤشر الحصاد المرجعي reference harvest index (HI0) وعرض بناء مؤشر الحصاد building up HI من مرحلة الإزهار حتى مرحلة النضج الفسيولوجي لمحصول منتج للثمار أو الحبوب.

الجذور والدرنات Root and tubers

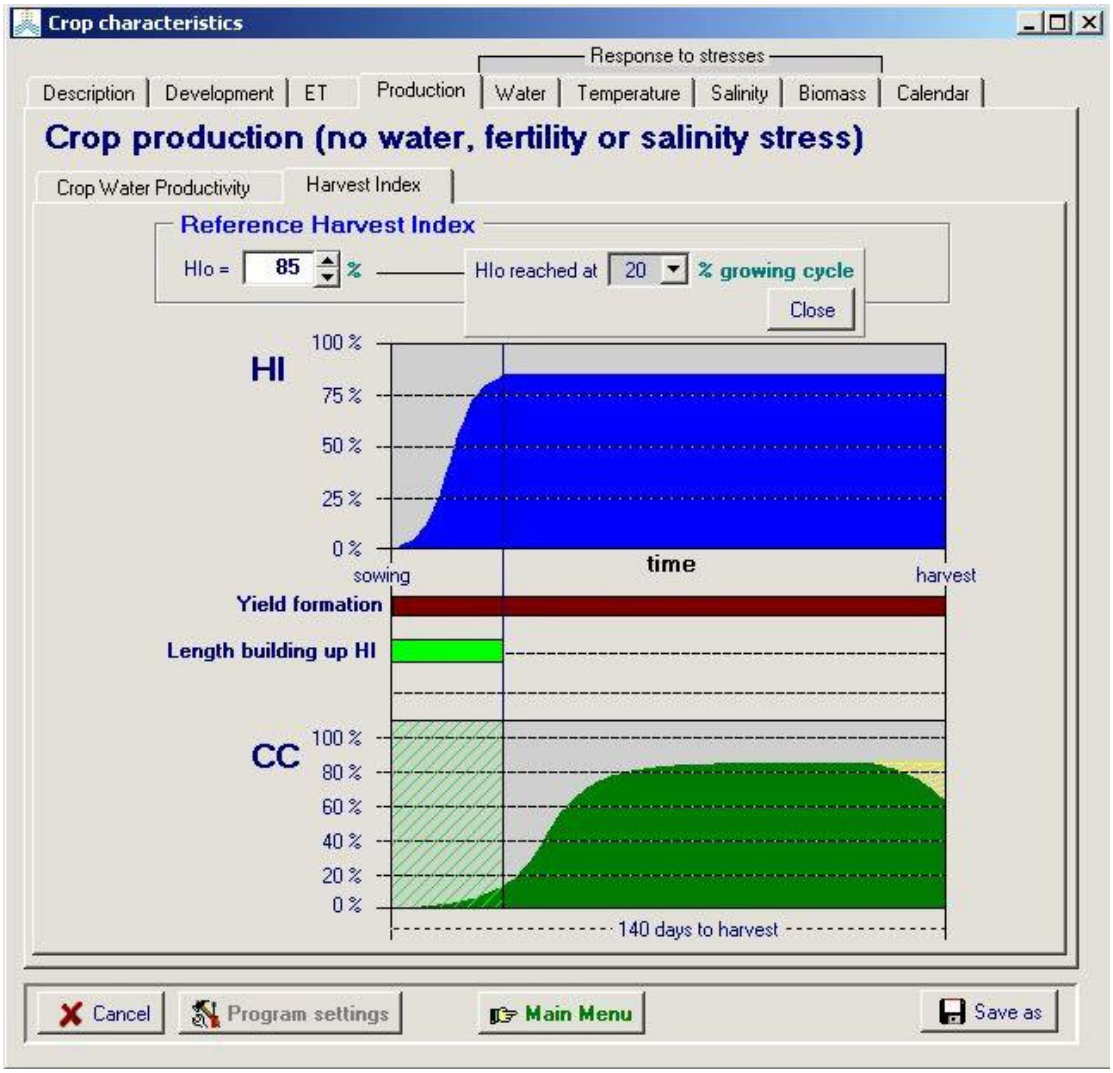
ابتداءً من تشكيل الدرنة tuber formation أو تضخم الجذر root enlargement، يزداد مؤشر الحصاد HI حتى الوصول إلى مرحلة النضج الفسيولوجي (الشكل 4h10.2). يتم وصف بناء مؤشر الحصاد building up HI بواسطة دالة أسية. يتم أخذ القيمة التي يتم الوصول إليها عند النضج في ظل ظروف غياب الإجهاد كقيمة لمؤشر الحصاد المرجعي HI_0 لذلك النوع species.



الشكل 4h10.2.: مواصفات مؤشر الحصاد المرجعي reference harvest index (HI0) وعرض بناء مؤشر الحصاد building up HI من مرحلة تشكيل الدرنة tuber formation أو تضخم الجذر root enlargement حتى مرحلة النضج الفسيولوجي لمحصول الجذور والدرنات.

محاصيل الخضار الورقية Leafy vegetable crops

ابتداءً من الإنبات، يزداد مؤشر الحصاد وفق معادلة أسية حتى الوصول إلى مؤشر الحصاد المرجعي (HI_0) كما هو واضح من الشكل 5h10.2. يتم التعبير عن مؤشر الحصاد المرجعي (HI_0) من أجل محاصيل الخضار الورقية كنسبة مئوية من دورة النمو growing cycle.

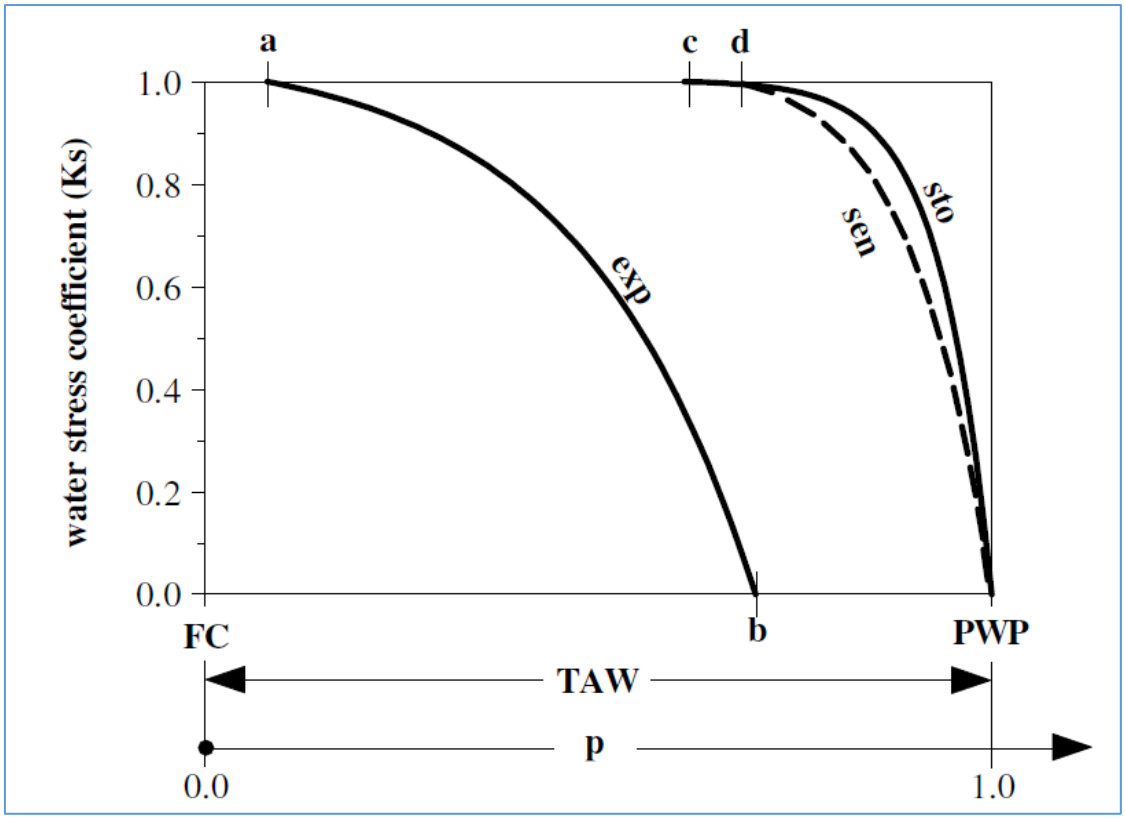


الشكل 5h10.2: مواصفات مؤشر الحصاد والوقت للوصول إلى مؤشر الحصاد المرجعي (HI_0) بالنسبة لمحاصيل الخضار الورقية.

9.10.2 الإجهاد المائي Water stress

- **توسع الغطاء النباتي وتوصيل المسامات وشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة Canopy expansion, stomatal conductance and early canopy senescence**

يتم وصف تأثير الإجهاد المائي على توسع الغطاء النباتي وتوصيل المسامات وشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة بواسطة معاملات الإجهاد المائي Ks water stress coefficients. لا يؤخذ الإجهاد المائي بعين الاعتبار فوق عتبة علوية لمحتوى المياه في التربة وتكون قيمته مساوية للواحد Ks=1 ، بينما يكون الإجهاد تحت عتبة سفلية عند تأثيره الكامل ويكون مساوياً للصفر Ks=0 (الشكل 10.2i 1). يستطيع المستخدم تحديد قيم العتبات threshold values وشكل المنحني curve shape في القوائم المقابلة أو يستطيع اختيار فئة متدرجة للمقاومة النسبية relative resistance للإجهاد المائي.

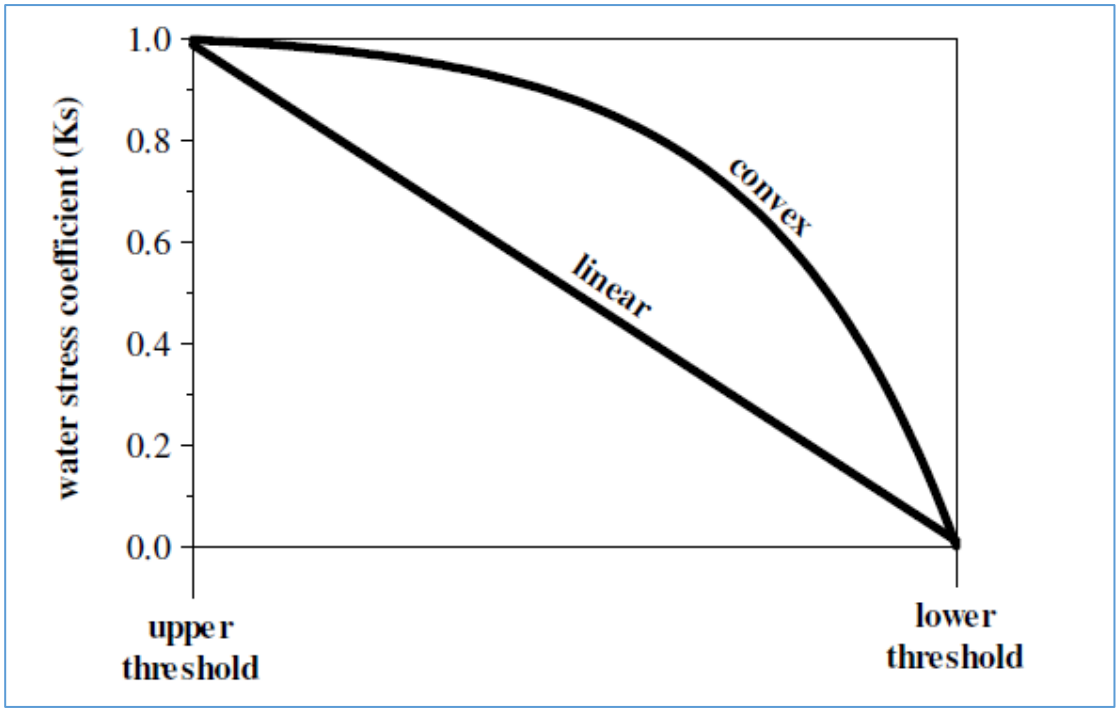


الشكل 1i10.2: أمثلة على تباينات (تغيرات) معامل الإجهاد المائي Water stress coefficient لتوسع الأوراق leaf expansion (exp) وتوصيل المسامات stomatal conductance (sto) شيخوخة الغطاء النباتي canopy senescence (sen) لاستهلاكات مختلفة لمياه التربة في منطقة الجذور.

العتبات Thresholds: يتم التعبير عن العتبات كجزء أو كسر fraction(P) من إجمالي المياه المتاحة في التربة Total Available Soil Water (TAW). إجمالي المياه المتاحة في التربة TAW هو كمية المياه التي يمكن للتربة أن تحتويها (تخزنها) بين السعة الحقلية field capacity (FC) ونقطة الذبول الدائم permanent wilting point(PWP). تكون العتبة الدنيا lower threshold فوق نقطة الذبول الدائم PWP (p<1)، من أجل نمو الورقة leaf growth وبالتالي نمو الغطاء النباتي canopy growth، في حين تكون العتبة الدنيا بالنسبة للمسامات وشيخوخة الغطاء النباتي مثبتة عند PWP(p=1).

شكل منحني معامل الإجهاد المائي Shape of Ks curve:

يحدد شكل منحني معامل الإجهاد المائي Ks curve بين العتبات الدنيا والعليا مقدار تأثير إجهاد مياه التربة على العملية الحيوية المحددة. شكل المنحني يمكن أن يكون خطياً أو محدباً (الشكل 2i 10.2). تشير الاختبارات حتى الآن إلى أن العتبات والأشكال لهذه المنحنيات ربما تكون محافظة conservative، على الأقل إلى درجة متوسطة. يمكن لعامل الشكل shape factor أن يتراوح بين +6 (محدب بقوة) إلى 0 (خطي).



الشكل 10.2 2i: الأشكال الخطية linear والمحدبة convex لمنحني معامل الإجهاد المائي Ks water stress coefficient.

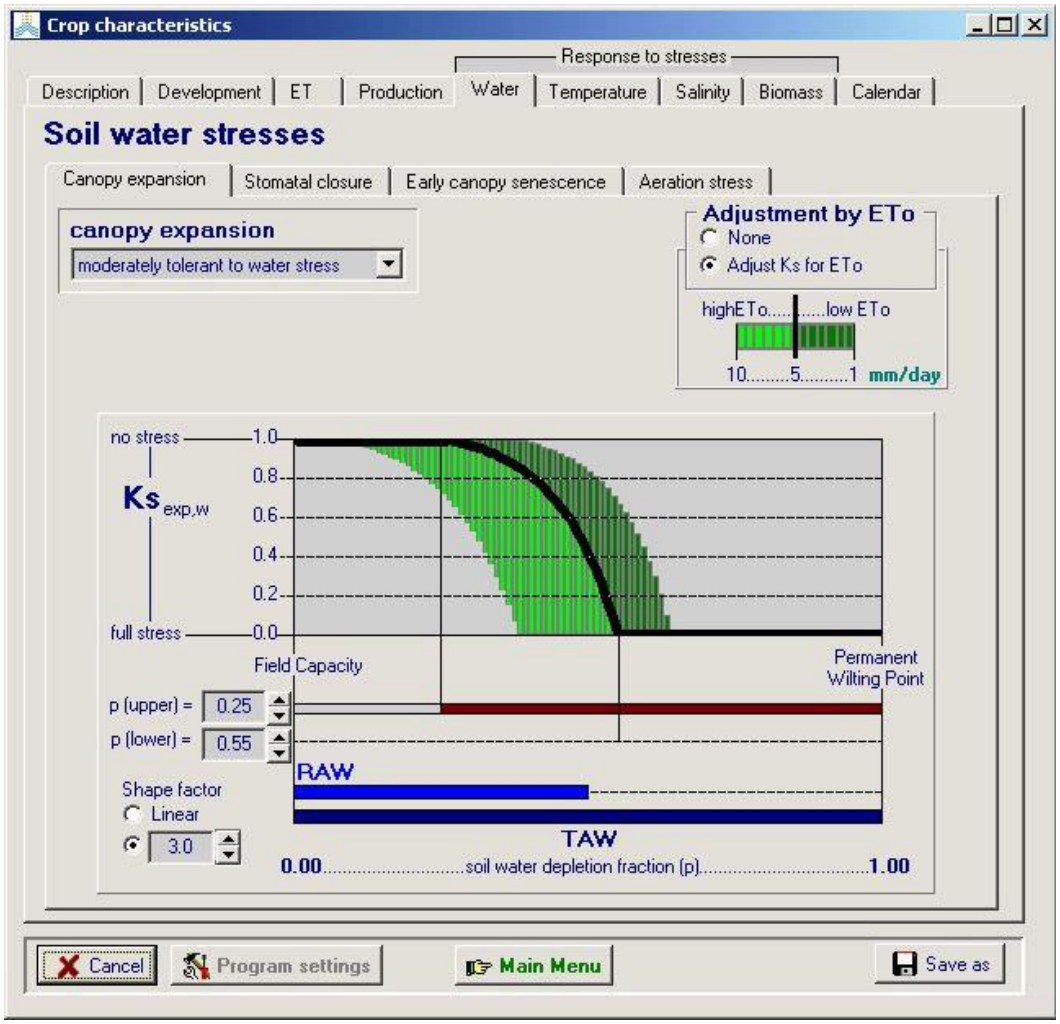
التعديل بواسطة البخر-نتح المرجعي ET_0 Adjustment by: بشكل عام، تعتمد حالة مياه النبات والورقة جزئيا على معدل النتح transpiration rate، بحيث تكون المياه أقل عند معدلات نتح عالية. يقوم برنامج AquaCrop بمحاكاة هذا التأثير بشكل غير مباشر من خلال تعديل منحني Ks وفقا للبخر-نتح المرجعي ET_0. تكون عوامل استهلاك مياه التربة (P) محددة من أجل قيمة بخر-نتح مرجعي مساوية إلى 5 مم/ يوم (ET_0= 5mm/day)، حيث يتم تعديل قيم (P) عند زمن التشغيل من أجل مستويات مختلفة من ET_0. الأشرطة (النطاقات) المظللة في (الشكل 10.2 3i) على جانبي الخط المنحني تشير إلى مجال تعديلات طلب التبخر وفقاً لما يفرضه البخر-نتح المرجعي ET_0. لا يؤخذ التعديل بالاعتبار ما لم يتم اختيار خيار التصحيح من أجل البخر-نتح المرجعي Adjust Ks for ET_0.

توسع الغطاء النباتي :Canopy expansion يعتبر النمو التوسعي expensive growth للأوراق leaf growth وبالتالي نمو الغطاء النباتي canopy development هما الأكثر حساسية إلى الإجهاد المائي من بين كل العمليات الحيوية للنبات الموصوفة من قبل النموذج. يحدد المستخدم تأثير الإجهاد المائي على النمو التوسعي للأوراق عن طريق تحديد فئة حساسية sensitivity classكما هو موضح في الجدول 1i10.2 والشكل 3i10.2، أو عن طريق تحديد قيم لعتبات (P) علوية وسفلية لاستهلاك depletion مياه التربة.

- العتبة العلوية P (upper): جزء من إجمالي مياه التربة المتاح Total Available Soil Water (TAW) الذي يمكن أن يستهلك (يستنفد) من منطقة الجذر قبل أن يصبح توسع الورقةleaf expansion محدوداً limited.
- العتبة السفلية P (lower): يتوقف تماما أي نمو توسعي للأوراق (انخفاض بنسبة 100%)، عند استهلاك هذا الجزء من إجمالي مياه التربة المتاح من منطقة الجذر.

الجدول 1i10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة لأجزاء (نسب) استهلاك مياه التربة soil water depletion fractions بالنسبة لتوسع الغطاء النباتي canopy expansion.

Class الفئة Sensitivity to water stress الحساسية تجاه الإجهاد المائي	Soil water depletion fraction for canopy expansion (p_{exp}) جزء (نسبة) نضوب مياه التربة بالنسبة لتوسع الغطاء النباتي	
	p(upper) العتبة العليا	p(lower) العتبة الدنيا
extremely sensitive to water stress شديد الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.00	0.35
sensitive to water stress حساس تجاه الإجهاد المائي	0.10	0.45
moderately sensitive to water stress متوسط الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.20	0.55
moderately tolerant to water stress متحمل (متسامح) بشكل متوسط للإجهاد المائي	0.25	0.60
tolerant to water stress متحمل للإجهاد المائي	0.30	0.65
extremely tolerant to water stress شديد التحمل للإجهاد المائي	0.35	0.70



الشكل 3i10.2: مواصفات العتبات العلوية والسفلية وشكل منحني Ks لتأثير الإجهاد المائي على توسع الغطاء النباتي ($Ks_{exp,w}$).

إغلاق المسام Stomatal closure: تبين بأن المسام أقل حساسية للإجهاد المائي بالمقارنة مع النمو التوسعي للورقة. يقوم المستخدم بتحديد تأثير الإجهاد المائي على النتح من المحصول عن طريق اختيار فئة حساسية (الجدول 2i10.2) أو عن طريق تحديد قيمة للعتبة العلوية (P) لاستهلاك مياه التربة.

- العتبة العلوية P(upper): التي تحدد مياه التربة السهلة الامتصاص Readily Available soil Water (RAW)، (RAW) هي أكبر كمية من المياه يمكن لمحصول ما أن يستخرجها من منطقة الجذر root zone من دون إحداث إغلاق للمسام أو انخفاض في نتح المحصول.
- العتبة السفلية P(lower): التي تكون مثبتة عند القيمة 1 (أي أنه تم الاستنفاد الكامل لإجمالي ماء التربة المتاح TAW). عندما يتم استهلاك جزء العتبة الدنيا من منطقة الجذر، فإن محتوى مياه التربة يكون عند نقطة الذبول الدائم permanent wilting point ويصبح نتح المحصول مساوٍ للصفر (0).

الجدول 2i10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة لها للعتبة العليا لاستهلاك مياه التربة بالنسبة لإغلاق المسام.

Class الفئة Sensitivity to water stress الحساسية تجاه الإجهاد المائي	Upper threshold of soil water depletion for stomatal closure (psto) العتبة العليا لاستهلاك مياه التربة بالنسبة لإغلاق المسام	
	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
extremely sensitive to water stress شديد الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.25	0.10 … 0.29
sensitive to water stress حساس تجاه الإجهاد المائي	0.45	0.30 … 0.49
moderately sensitive to water stress متوسط الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.55	0.50 … 0.59
moderately tolerant to water stress متحمل بشكل متوسط للإجهاد المائي	0.65	0.60 … 0.67
tolerant to water stress متحمل للإجهاد المائي	0.70	0.68 … 0.72
extremely tolerant to water stress شديد التحمل للإجهاد المائي	0.75	0.73 … 0.90

شيخوخة الغطاء النباتي المبكرة Early canopy senescence: تتسبب ظروف الإجهاد المائي المتوسطة إلى الحادة في شيخوخة الغطاء النباتي وبالتالي تقليص مساحة أوراق النباتات التي تقوم بعملية النتح. يقوم المستخدم بتحديد تأثير الإجهاد المائي على شيخوخة الغطاء النباتي عن طريق اختيار فئة حساسية (الجدول 3i10.2) أو عن طريق تحديد قيمة للعتبة العلوية (P) لاستهلاك مياه التربة.

- العتبة العليا P(upper): جزء من إجمالي مياه التربة المتاح (TAW) التي يمكن أن تستهلك (تنفد) من منطقة الجذر قبل أن تبدأ شيخوخة الغطاء النباتي.

- العتبة السفلية P(lower): التي تكون مثبتة عند القيمة 1 (أي أنه تم الاستنفاد الكامل لإجمالي ماء التربة المتاح TAW). عندما يتم استهلاك جزء العتبة الدنيا من منطقة الجذر، فإن رطوبة التربة تكون عند نقطة الذبول wilting point ويشيخ الغطاء النباتي بالسرعة القصوى.

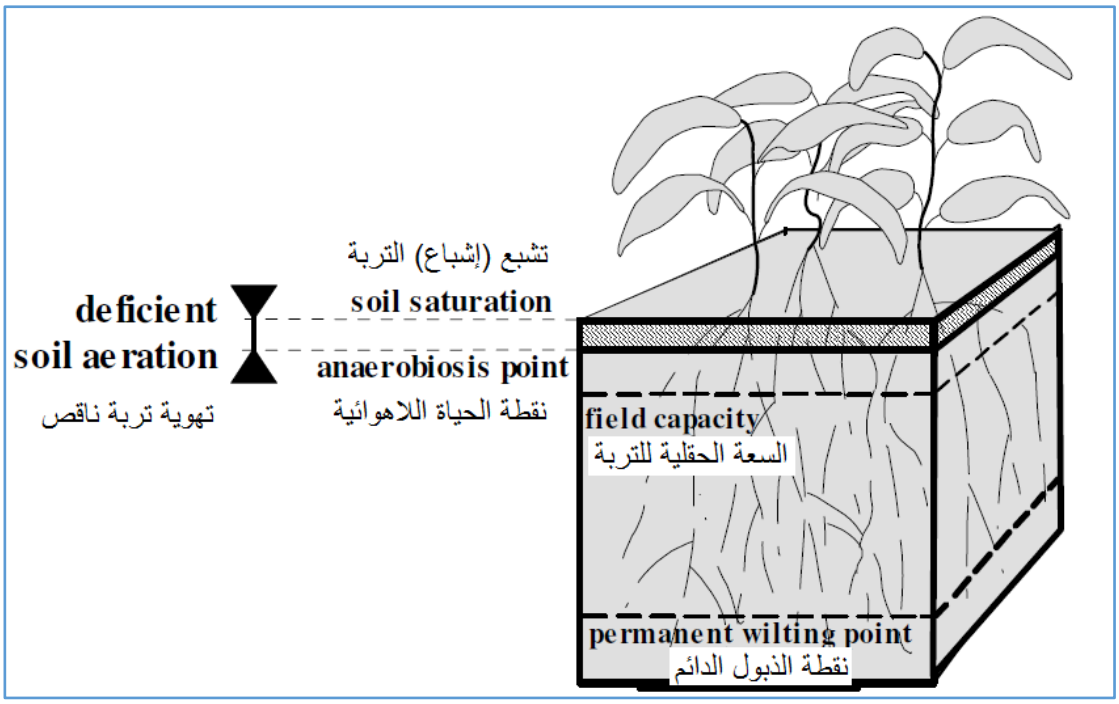
من المرجح أن شيخوخة الغطاء النباتي المبكرة معتمدة على تغذية الآزوت (النتروجين) للمحصول. لذلك من المتوقع أن يكون المحصول أكثر حساسية عندما يكون النتروجين محدودا بشكل أكبر.

الجدول 3i10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة للعتبة العلوية لاستهلاك مياه التربة بالنسبة لشيخوخة الغطاء النباتي.

Class الفئة Sensitivity to water stress الحساسية تجاه الإجهاد المائي	Upper threshold of soil water depletion for canopy senescence(P_{sen}) العتبة العليا لاستهلاك مياه التربة بالنسبة لشيخوخة الغطاء النباتي	
	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
extremely sensitive to water stress شديد الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.35	0.00 ... 0.39
sensitive to water stress حساس تجاه الإجهاد المائي	0.45	0.40 ... 0.49
moderately sensitive to water stress متوسط الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.55	0.50 ... 0.59
moderately tolerant to water stress متحمل بشكل متوسط للإجهاد المائي	0.65	0.60 ... 0.69
tolerant to water stress متحمل للإجهاد المائي	0.75	0.70 ... 0.75
extremely tolerant to water stress شديد التحمل للإجهاد المائي	0.80	0.76 ... 0.98

إجهاد التهوية Aeration stress

يسبب تشبع (إشباع) التربة بالمياه أو ما يدعى water logging إجهادا يؤثر على نمو وتطور المحصول، باستثناء حالة الأنواع المائية aquatic species مثل الأرز rice. تصبح تهوية aeration منطقة الجذر ناقصة، عندما يرتفع المحتوى المائي للتربة في منطقة الجذر فوق نقطة الحياة اللاهوائية anaerobiosis point(الشكل 5i10.2)، مما يؤدي إلى انخفاض نتح المحصول.

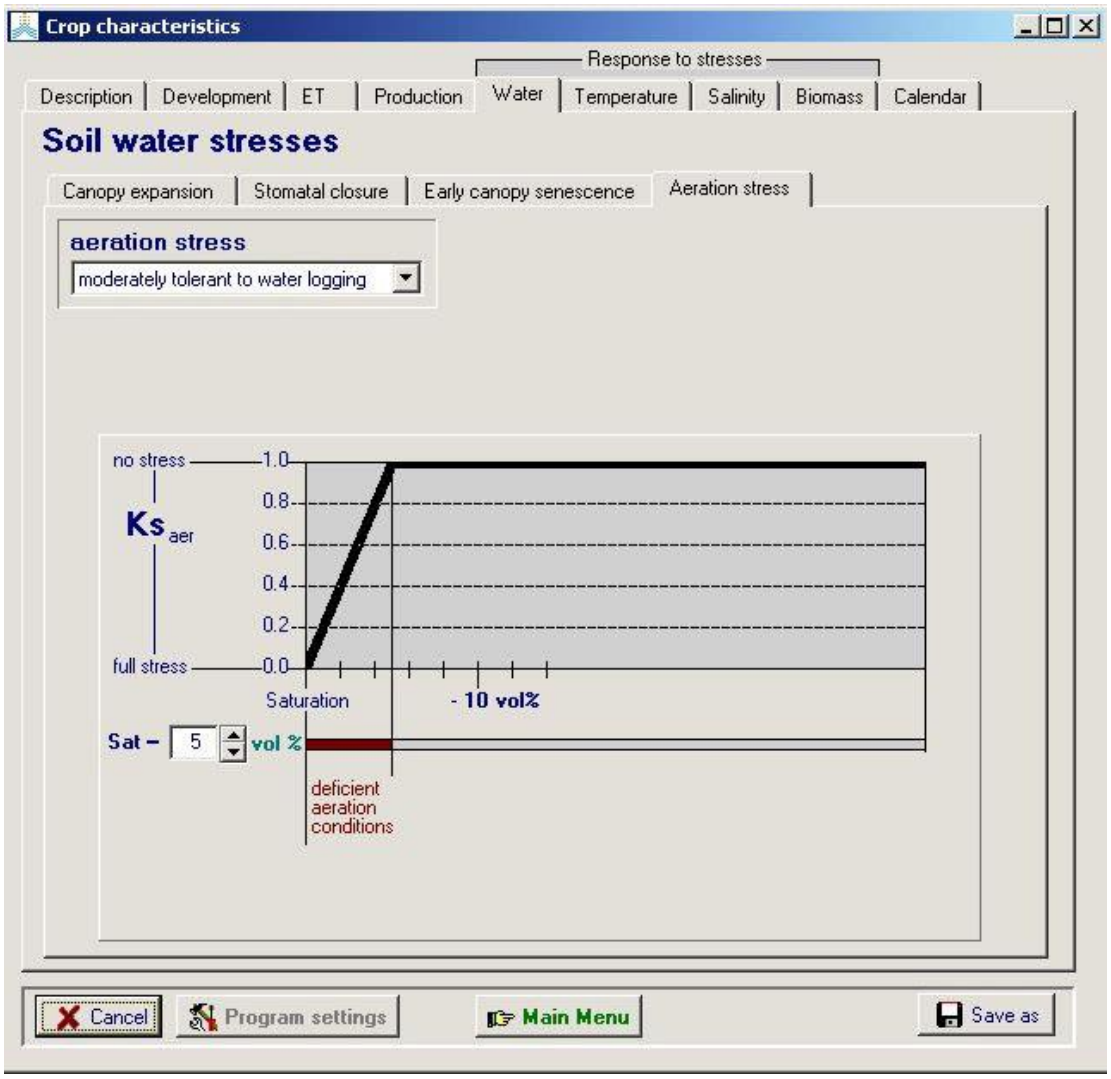


الشكل 10.2 i5: نطاق (المنطقة المظلمة) تقييد استخراج مياه التربة الناتج عن نقص تهوية التربة.

يتم تحديد إجهاد التهوية عن طريق معامل الإجهاد المائي Ks. عندما تكون التربة مشبعة بالماء (العتبة العليا) فإن الإجهاد يكون عند تأثيره الكامل ويكون معامل الإجهاد المائي مساوٍ للصفر(Ks=0). أما تحت العتبة الدنيا لمحتوى الماء في التربة فإن الإجهاد المائي لا يؤخذ بالاعتبار ويكون معامل الإجهاد المائي مساوٍ للواحد (Ks=1). العتبة الدنيا lower threshold هي محتوى مياه التربة تحت الإشباع التي عندها لا تحد التهوية الضعيفة من عملية البخر. يكون منحني معامل الإجهاد المائي Ks curve بين العتبة العليا والعتبة الدنيا مستقيماً linear (الشكل.6i10.2) يقوم المستخدم بتحديد حساسية المحصول تجاه تشبع التربة water logging عن طريق اختيار فئة إجهاد تهوية (الجدول 10.2 4i) أو عن طريق تحديد نقطة الحياة اللاهوائية (الحجم كنسبة مئوية تحت تشبع التربة).

الجدول 4i10.2: الفئات والقيم الافتراضية والمجالات المقابلة لإجهاد التهوية.

الفئة Class	anaerobiosis point (volume % below saturation) نقطة الحياة اللاهوائية (حجم % تحت التشبع)	
	القيمة الافتراضية Default value	المجال Range
not stressed when water logged غير مجهدة عند التشبع بالمياه	0	0
very tolerant to water logging متحملة جداً لتشبع المياه	- 2 vol%	1 … 3
moderately tolerant to water logging	- 5 vol%	4 … 6
sensitive to water logging حساسة تجاه التشبع بالمياه	- 10 vol%	8 … 12
very sensitive to water logging حساسة جداً تجاه التشبع بالمياه	- 15 vol%	13 … 15

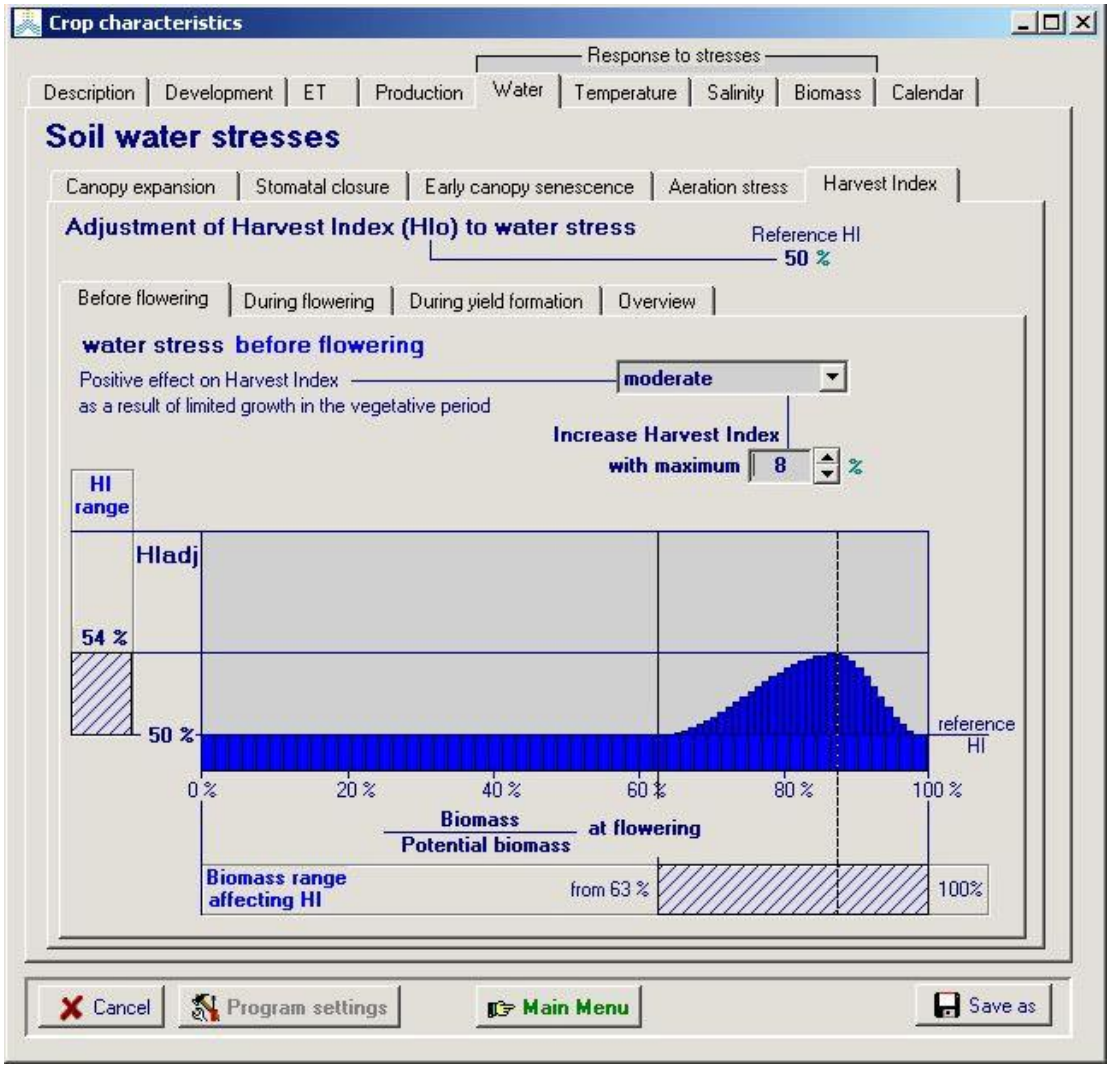


الشكل 6i10.2: مواصفات محتوى مياه التربة تحت الإشباع التي عندها لا تحد التهوية الضعيفة من عملية البخر.

- **مؤشر الحصاد Harvest Index**

قد يغير الإجهاد المائي قيمة مؤشر الحصاد HI، إما سلباً أو أيجاباً، بعدة طرق، بالاعتماد على توقيت وشدة ومدة الإجهاد.

قبل الإزهار Before flowering: قبل تفتح الأزهار Pre-anthesis، قد يكون للإجهاد المائي المقيد للنمو الخضري تأثير إيجابي على مؤشر الحصاد HI. يقوم المستخدم بتحديد الزيادة العظمى التي ينبغي أن تؤخذ بالاعتبار (الشكل 7i10.2) أو اختيار الفئة المصنفة (المتدرجة) لتأثير الإجهاد المائي قبل تفتح الأزهار (الجدول 5i10.2).



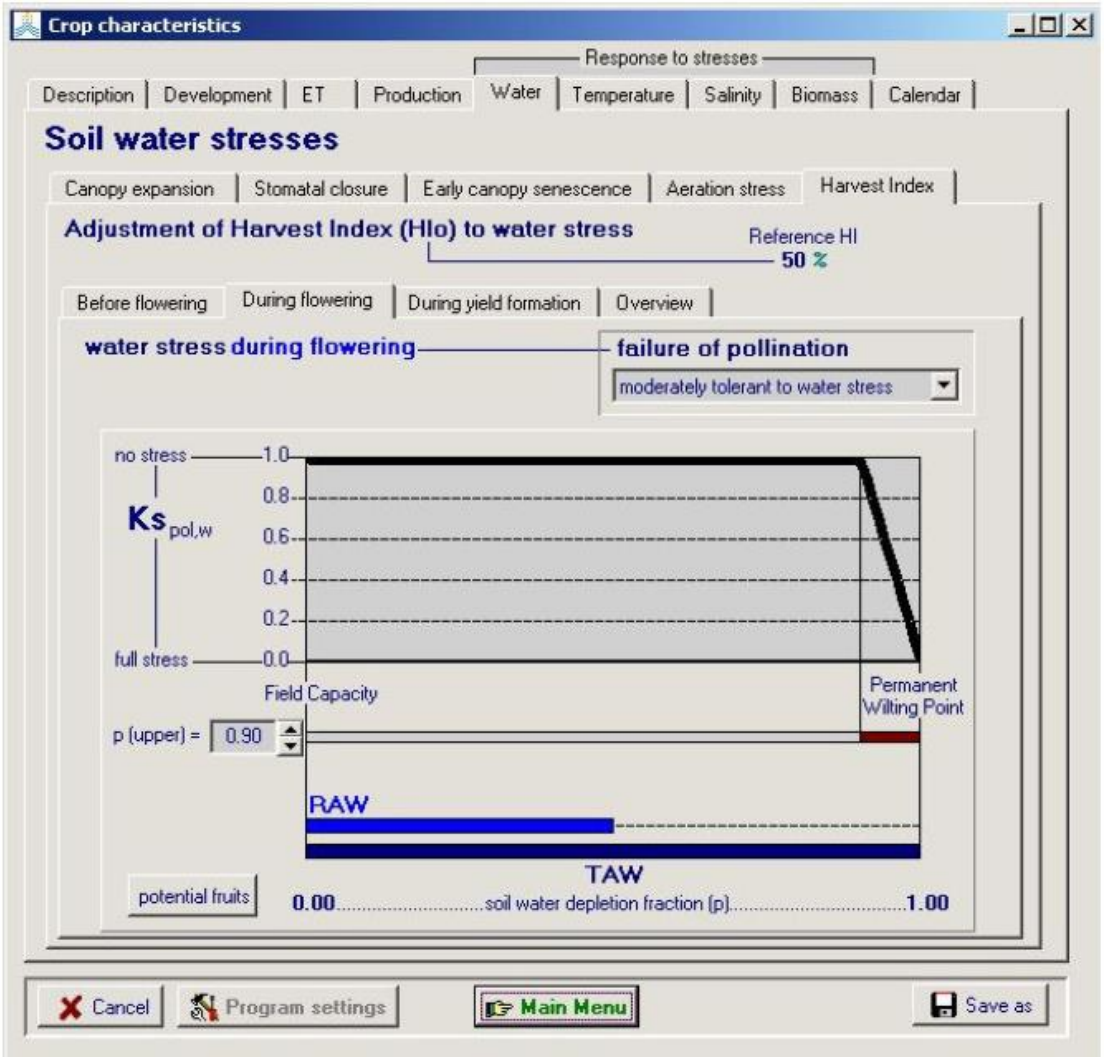
الشكل 7i10.2: التأثير الإيجابي positive effect للإجهاد المائي قبل تفتح الأزهار على مؤشر الحصاد HI الذي يؤثر في إنتاج الكتلة الحيوية biomass production.

الجدول 5i 10.2: فئات متدرجة للتأثير الإيجابي الأعظمي للإجهاد قبل الإزهار على مؤشر الحصاد HI.

Class الفئة	percent increase of HI الزيادة (كنسبة مئوية) في مؤشر الحصاد
None لا شيء	0 %
Smallصغير	4 %
Moderate متوسط	8 %
Strong قوي	12 %
Very strong قوي جداً	16 %

خلال الإزهار During flowering: عندما يكون الإجهاد شديدا للغاية very severe ويمنع التلقيح (التأبير pollination) مباشرة، فإن التأثير على مؤشر الحصاد HI يكون سلبياً لفئة معينة من الثمار الزائدة المحتملة أو الممكنة

(excessive potential fruits)، ويتم تعيين مقدار هذا التأثير عن طريق معامل الإجهاد المائي Ks. تكون عتبة فشل (إخفاق) التلقيح، معبراً عنها كنسبة أو جزء (P) fraction من إجمالي مياه التربة المتوفرة TAW، أدنى من عتبة تأثير إغلاق المسام stomatal closure وبداية الشيخوخة (مستوى إجهاد أقوى). إن معامل الإجهاد المائي Ks_{pol} ينخفض خطياً من القيمة 1 إلى 0 بين العتبة العليا upper threshold (p_{pol}) والعتبة الدنيا (نقطة الذبول الدائم Permanent Wilting Point). يقوم المستخدم بتحديد استهلاك مياه التربة soil water depletion(p) عند العتبة أو يختار فئة متدرجة للمقاومة النسبية للجفاف relative resistance to drought (الشكل 8i10.2 والجدول 6i10.2).



الشكل 8i10.2: مواصفات العتبات العليا لتأثير الإجهاد المائي على فشل التلقيح failure of pollination.

خلال (أثناء) تشكيل الغلة During yield formation: إن تأثير الإجهاد المائي خلال تشكيل الغلة يمكن أن يكون إيجابياً أو سلبياً اعتماداً على شدة الإجهاد.

- أحد التأثيرات هو من أجل المنافسة بين النمو الخضري والتكاثري بعد أن يبدأ الإزهار، والذي يكون مرتبطاً مع Ks من أجل نمو الأوراق leaf growth مع تأثير إيجابي على مؤشر الحصاد HI. يتم تعيين مقدار هذا التأثير كتابع لمعامل الإجهاد المائي Ks عن طريق المعامل " a " ، بحيث يزداد كلما تناقص المعامل " a " ، الجدول 7i10.2.
- عندما يكون الإجهاد شديدا بما يكفي للتسبب بإغلاق المسام وانخفاض في عملية التركيب الضوئي photosynthesis، فيفترض بأن يكون التأثير على مؤشر الحصاد HI سلبياً ومرتبطاً مع معامل الإجهاد المائي Ks للمسام. يتم تعيين مقدار هذا التأثير عن طريق المعامل " b "، حيث يزداد التأثير السلبي على مؤشر الحصاد HI شدة كلما تناقص المعامل " b "، الجدول 8i10.2.

الجدول 6i10.2: الفئات والقيم الافتراضية ومجالات عامل استهلاك مياه التربة (soil water depletion factor (p المقابلة لفشل التلقيح failure of pollination.

Class الفئة Sensitivity to water stress الحساسية تجاه الإجهاد المائي	Soil water depletion fraction (p) for failure of pollination جزء (نسبة) استهلاك مياه التربة لفشل التلقيح	
	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
extremely sensitive to water stress شديد الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.76	0.75 ... 0.77
sensitive to water stress حساس تجاه الإجهاد المائي	0.80	0.78 ... 0.82
moderately sensitive to water stress متوسط الحساسية تجاه الإجهاد المائي	0.85	0.83 ... 0.86
moderately tolerant to water stress متحمل (متسامح) بشكل متوسط للإجهاد المائي	0.88	0.87 ... 0.90
tolerant to water stress متحمل للإجهاد المائي	0.92	0.91 ... 0.93
extremely tolerant to water stress شديد التحمل للإجهاد المائي	0.95	0.94 ... 0.99

الجدول 7i10.2: الفئات والقيم الافتراضية والمجالات المقابلة للمعامل 'a' (تأثير إيجابي للإجهاد على مؤشر الحصاد HI).

Class الفئة Sensitivity to water stress الحساسية تجاه الإجهاد المائي	"a" coefficient المعامل " a "	
	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
None لا شيء	-	-
Small صغير	4	3 ... 40
Moderate متوسط	2	1.5 ... 2.9
Strong قوي	1	0.75 ... 1.40
Very strong قوي جداً	0.7	0.50 ... 0.70

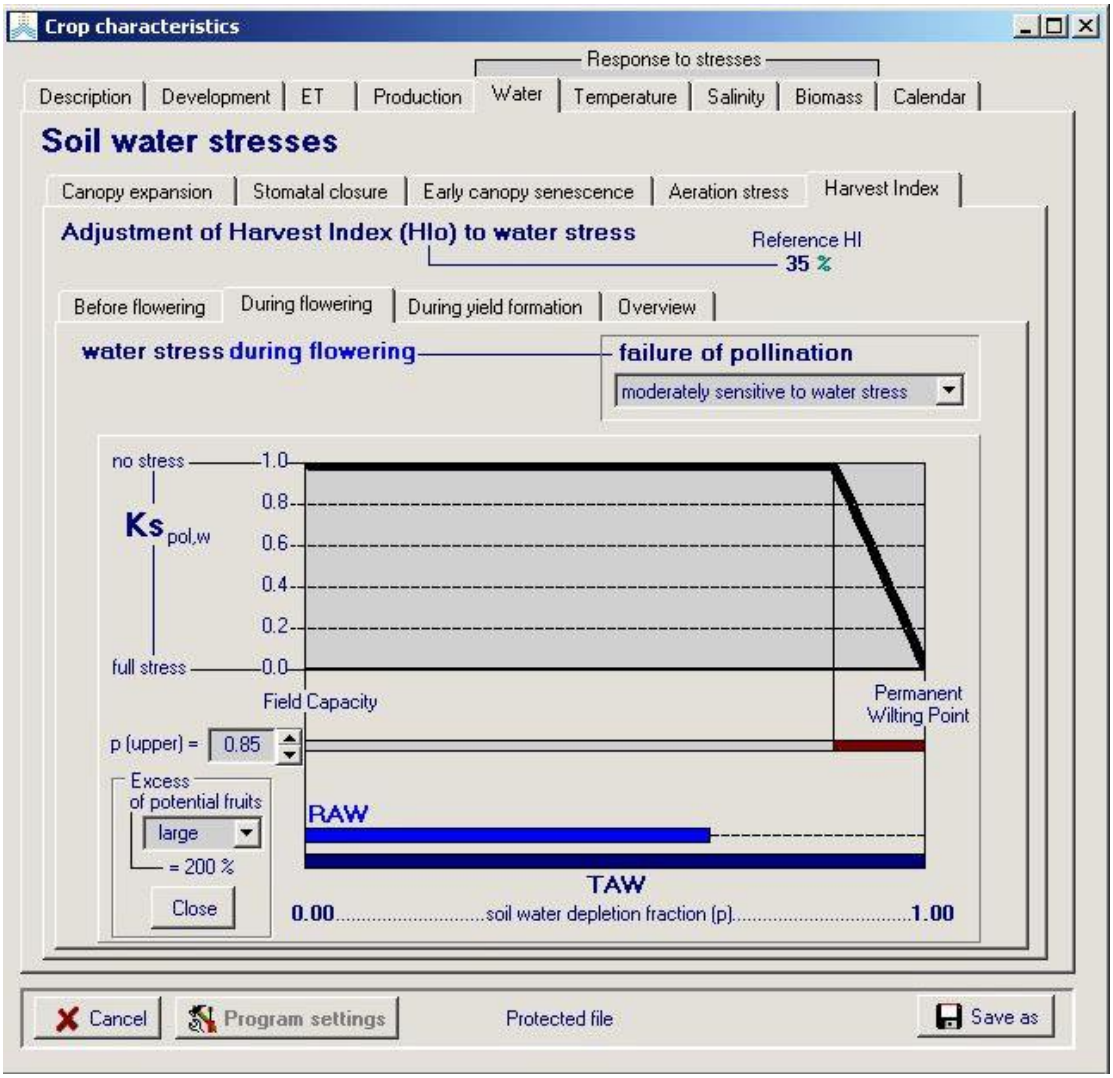
الجدول8i10.2: الفئات والقيم الافتراضية والمجالات المقابلة للمعامل "b" (تأثير سلبي للإجهاد على مؤشر الحصاد HI)

Class الفئة Sensitivity to water stress الحساسية تجاه الإجهاد المائي	"b" coefficient المعامل " b " Default value القيمة الافتراضية	 Range المجال
Noneلا شيء	-	-
Smallصغير	10	7.1 ... 20
Moderate متوسط	5	4.1 ...7.0
Strong قوي	3	1.6 ... 4.0
Very strong قوي جداً	1	1.0 ... 1.5

بالإضافة إلى قيمة معامل الإجهاد المائي Ks، يقوم المستخدم بتحديد مدى الزيادة المحتملة للثمار (the extent of excessive potential fruits)، كما هو موضح في الشكل 9i10.2 عندما تكون الظروف مواتية، تقوم المحاصيل بتلقيح عدد كبير من الأزهار وإنشاء عدد كبير من الثمار أكبر من العدد المطلوب للحصول على غلة أعظمية، حيث يتم إجهاض (إسقاط) الثمار الحديثة الزائدة عندما تكبر الثمار الأقدم. إن مدى الانخفاض في مؤشر الحصاد HI الناجم عن الحرارة الشديدة أو الإجهاد المائي الحاد الذي يحدث خلال فترة التلقيح يعتمد جزئيا على مدى هذه الزيادة extent of this excess في الأجسام التكاثرية المحتملة أو الممكنة in potential reproductive bodies. يتم تحديد الزيادة عن طريق اختيار واحدة من الفئات المتراوحة بين صغير جداً إلى كبير (الجدول.9i10.2).

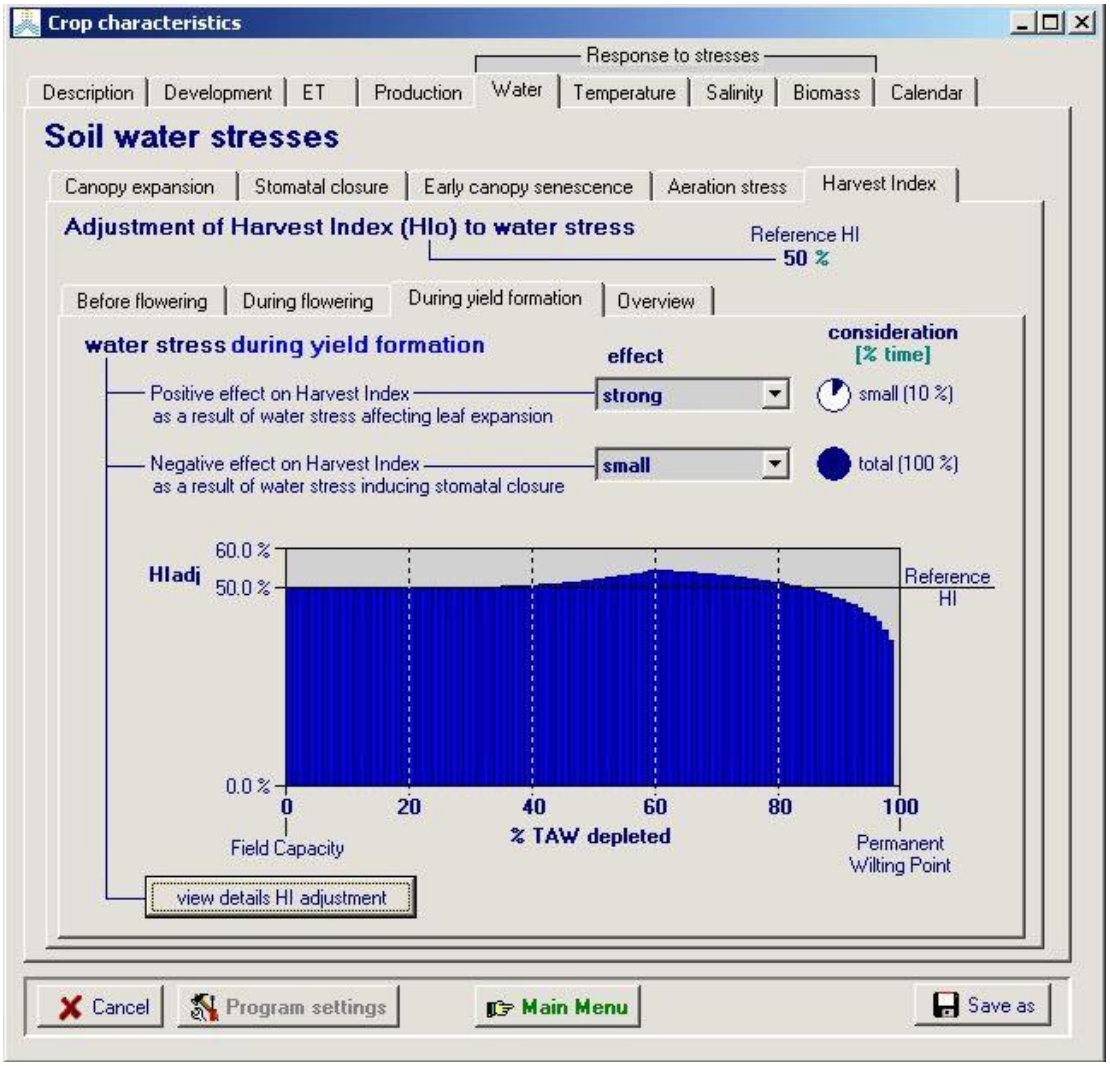
الجدول 9i10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة للفائض (الزيادة) في الثمار الممكنة (المحتملة) excess of potential fruits.

Excess of potential fruits فائض الثمار الممكنة (المحتملة)	Excess of fruits فائض الثمار
Very small صغير جداً	20
Small صغير	50
Medium متوسط	100
Large كبير	200
very large كبير جداً	300



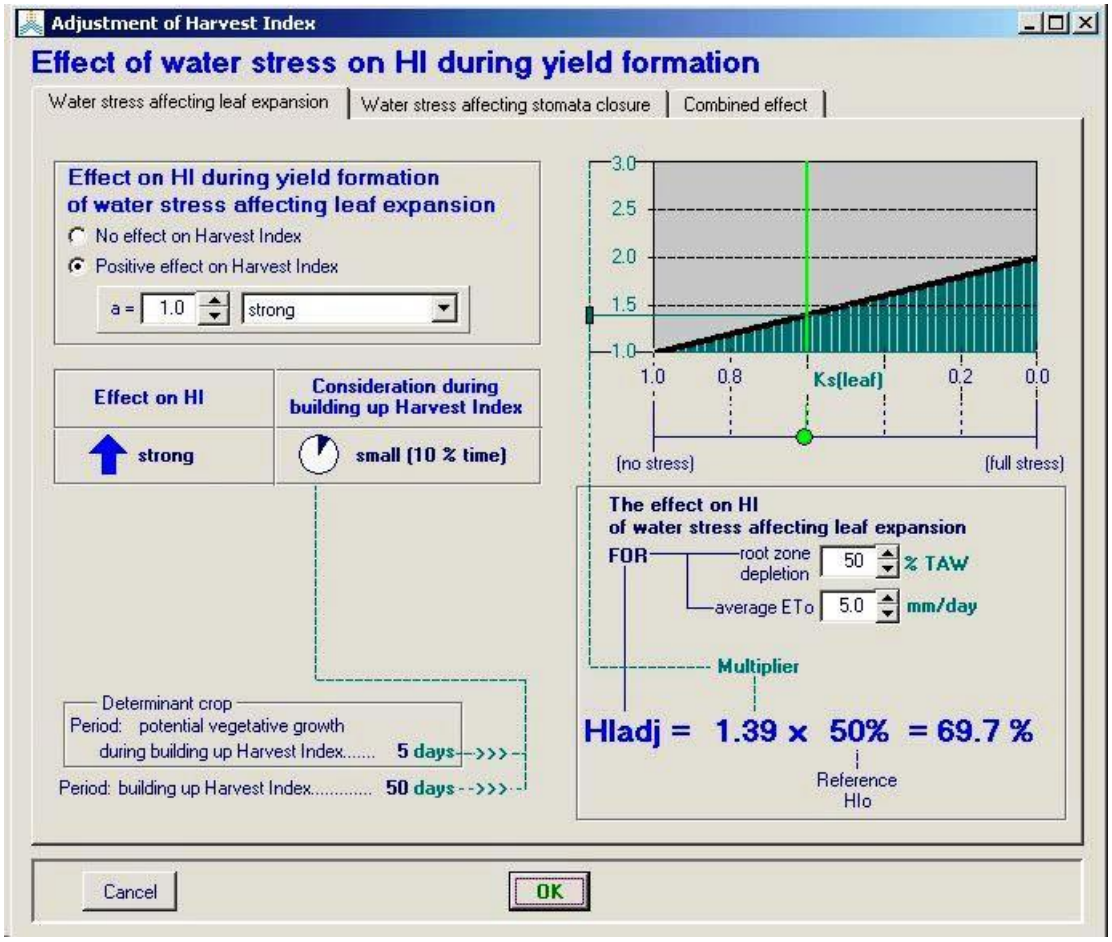
الشكل 9i10.2: مواصفات مدى فائض الثمار الممكن (المحتمل) extent of excessive potential fruits.

يتم عرض التأثير المركب (التأثير الكلي –الإيجابي والسلبي) للإجهاد المائي خلال فترة تشكيل المحصول في واجهة During yield formation (الشكل 10i10.2).



الشكل 10i10.2: تأثير الإجهاد المائي لمرحلة ما بعد الإزهار post-anthesis على مؤشر الحصاد HI وذلك من أجل درجات مختلفة من استهلاك مياه منطقة الجذر (كنسبة مئوية من إجمالي ماء التربة المتاح المستهلك TAW % depleted).

يمكن للمستخدم، عن طريق اختيار الأمر عرض تفاصيل تعديل مؤشر الحصاد <view detail HI adjustment>، دراسة التأثير الفردي والمركب للإجهاد المائي على مؤشر الحصاد HI خلال فترة تشكيل الغلة وذلك في قائمة تعديل مؤشر الحصاد *Adjustment of Harvest Index* (الشكل 11i10.2 و12i10.2). يمكن عرض التأثير الفردي والمركب على مؤشر الحصاد HI من أجل قيم مختلفة لاستهلاك مياه منطقة الجذر وكذلك قيم مختلفة للاحتياجات التبخرية.

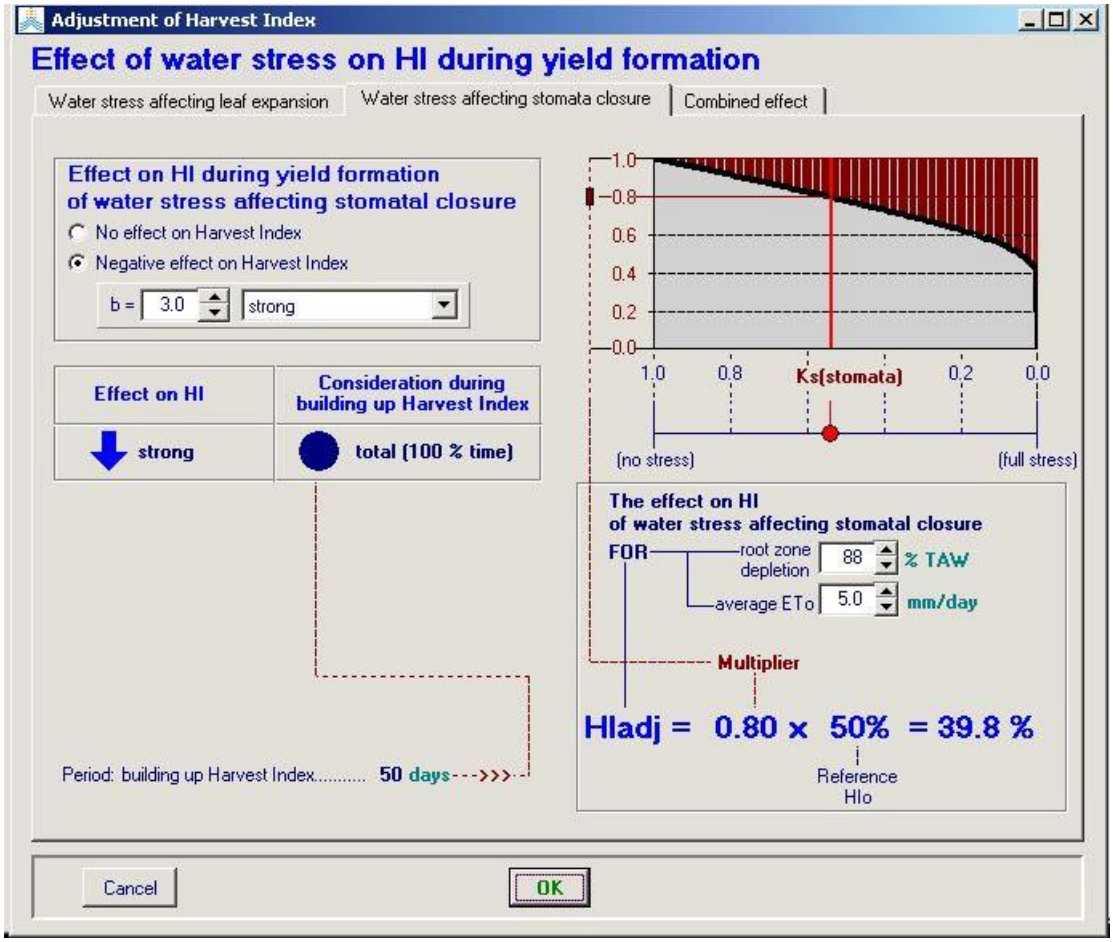


الشكل 11i10.2.: التأثير الإيجابي للإجهاد المائي على مؤشر الحصاد Positive effect on Harvest Index خلال فترة النمو الخضري المحتمل وذلك عند اختيار:

المعامل "a" coefficient،

استهلاك ماء منطقة الجذر root zone depletion،

الطلب (الاحتياج) التبخري evaporative demand.



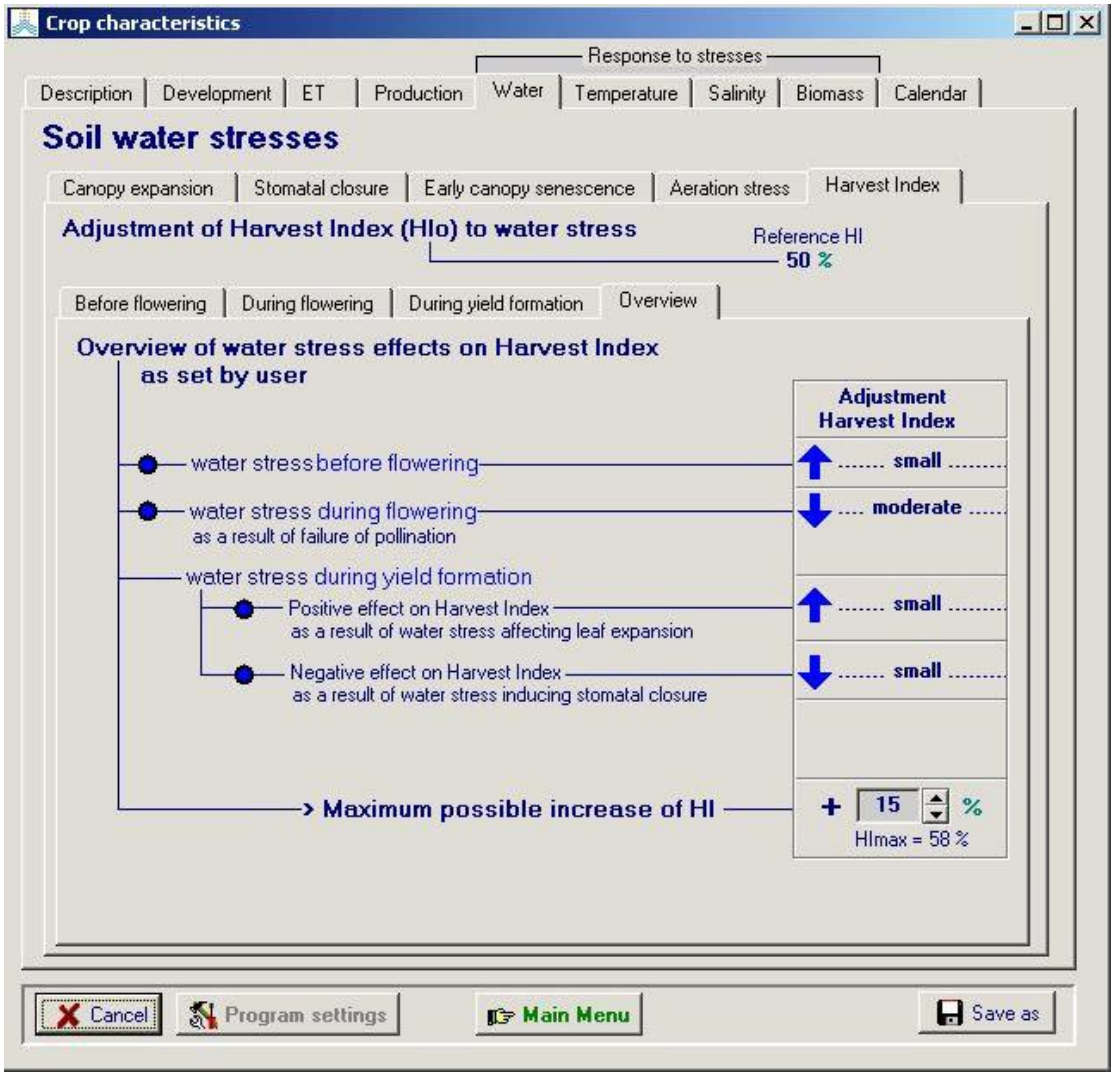
الشكل 12i10.2: التأثير السلبي للإجهاد المائي على مؤشر الحصاد Negative effect on Harvest Index خلال مرحلة بناء مؤشر الحصاد during the building up of the Harvest Index وذلك عند اختيار:

المعامل "b" coefficient،

استهلاك ماء منطقة الجذر root zone depletion،

الطلب (الاحتياج) التبخري evaporative demand.

نظرة عامة Overview: بعد الجمع بين التأثيرات المختلفة للإجهاد المائي على مؤشر الحصاد HI، يجب أن يبقى مؤشر الحصاد المعدل adjusted Harvest Index أصغر من الحد الأعظمي المحدد سلفا. يستطيع المستخدم، من خلال واجهة Overview، أن يعدل الزيادة العظمى الممكنة Maximum possible increase of HI، كما هو موضح في الشكل 13i10.2.



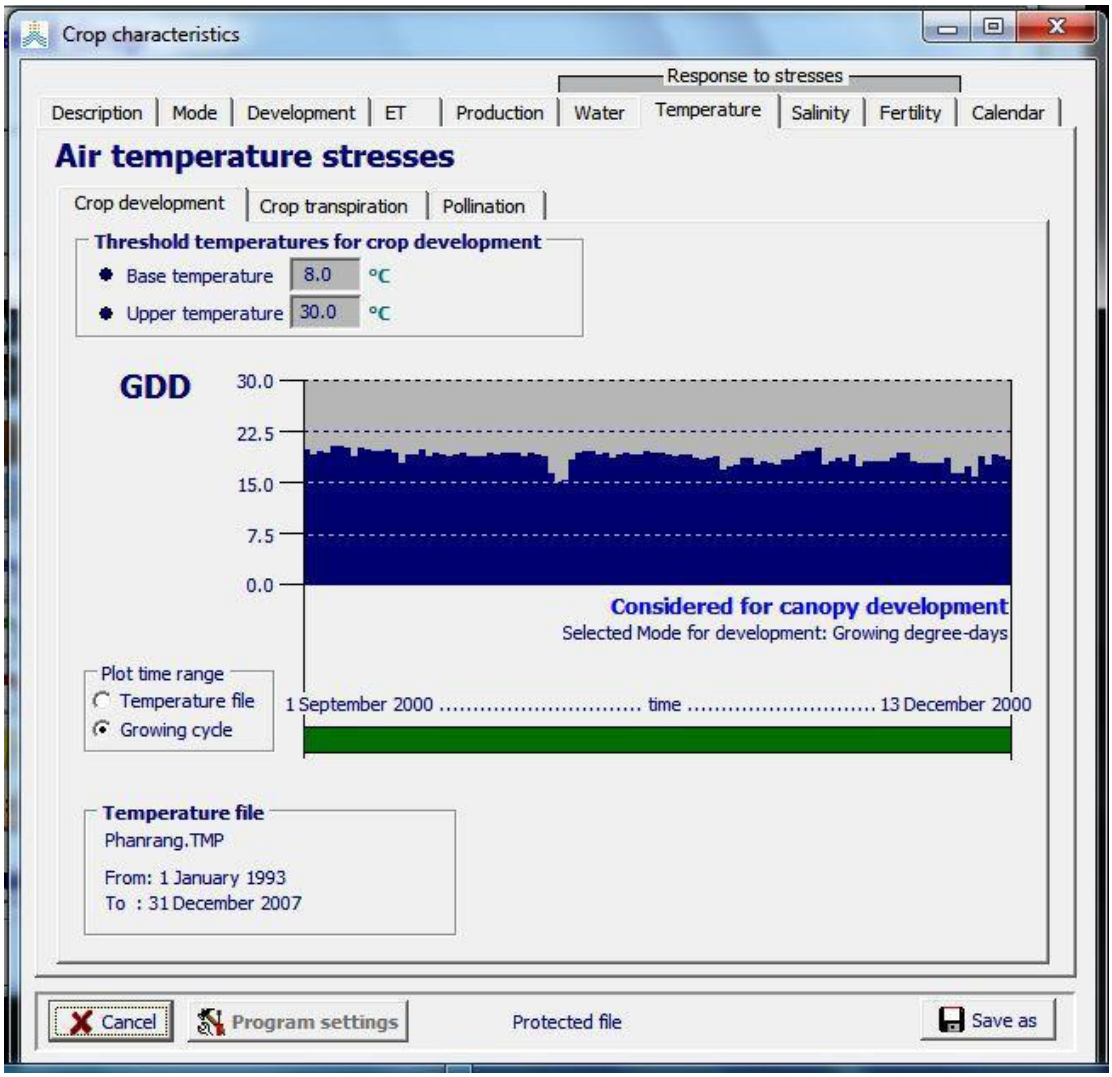
الشكل 13i10.2: التأثير المركب للإجهاد المائي على مؤشر الحصاد Combined effect of water stress on harvest index.

10.10.2 الإجهاد الحراري (إجهاد درجة الحرارة) Temperature stress

يتم أخذ تأثير إجهاد درجة الحرارة على إنتاج الكتلة الحيوية والتلقيح بالاعتبار، في برنامج AquaCrop. يتم وصف التأثيرات عن طريق معاملات إجهاد درجة الحرارة Temperature stress coefficients(Ks) التي تتراوح بين 0 (التأثير الكامل للإجهاد الحراري) و1 (لا يوجد تأثير).

- **تطور المحصول (نمو المحصول):Crop Development**

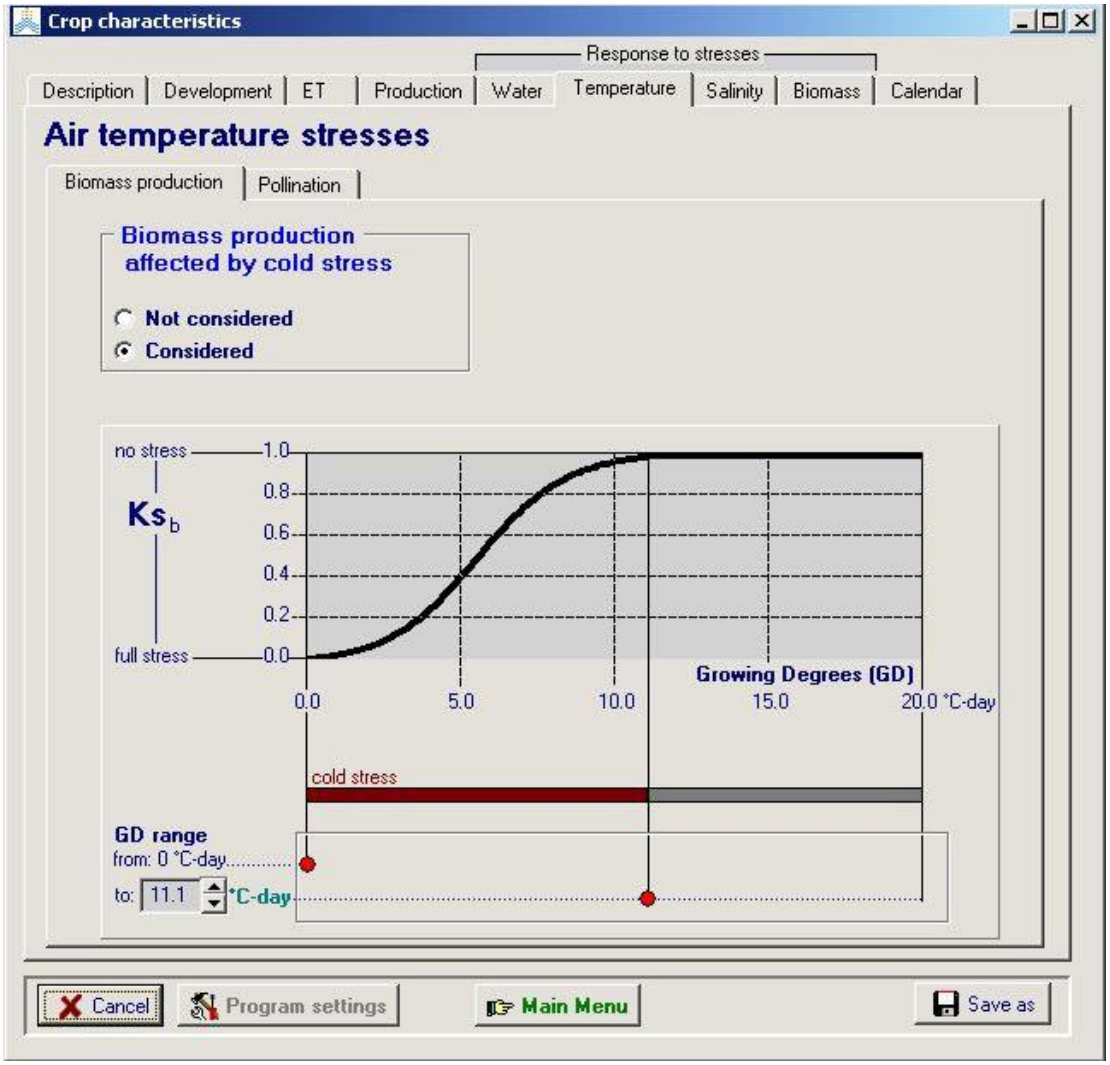
يمكن تعديل درجتي الحرارة للعتبتين الدنيا والعليا لنمو الغطاء النباتي (base and upper thresholds) في واجهة نمو المحصول Crop Development في واجهة إجهاد الحرارة Temperature" Stress" (الشكل 10.2 1j). يتم عرض درجات حرارة النمو لكل يوم من ملف الحرارة أو لكامل طول فترة النمو.



الشكل 1j10.2: درجتي الحرارة للعتبتين الدنيا والعليا لنمو الغطاء النباتي (base and upper thresholds) في واجهة نمو المحصول Crop Development في الواجهة إجهاد الحرارة "Temperature" Stress, ودرجات حرارة نمو المحصول الموافقة في Phanrang (Vietnam).

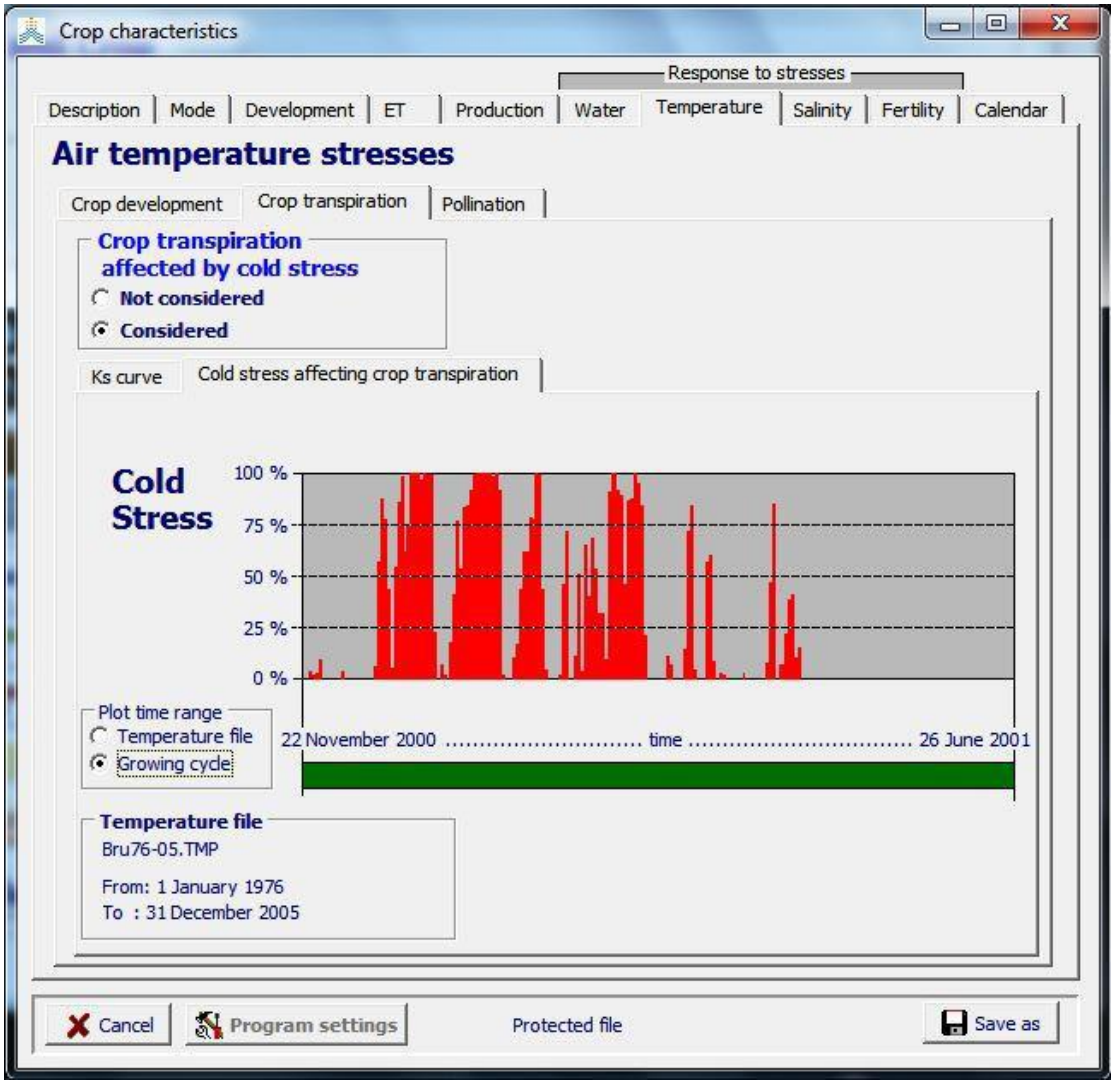
- **نتح المحصول: Crop Transpiration**

يمكن أن تسبب درجات الحرارة المنخفضة إجهادا يؤثر على تطور ونمو المحصول، يتعامل برنامج AquaCrop مع تأثير انخفاض درجة الحرارة بطريقتين. إحداهما عن طريق درجات الحرارة التراكمية Growing Degree Days (GDD) على مدار الساعة، بحيث تمثل التأثيرات على الفينولوجيا واتساع الغطاء النباتي canopy expansion ومعدل التراجع أو الانحسار decline rate. بالإضافة لذلك، من الضروري حساب التأثير المباشر الأكبر لإجهاد البرد cold stress على النتح من المحصول (تخفيض موصلية المسامات في درجات الحرارة المنخفضة)،.حيث يتم تحديد هذا التأثير عن طريق معامل Ks الذي يتراوح بين 1 و0 بين عتبة علوية وعتبة سفلية يتم تحديدها على شكل درجات حرارة تراكمية في اليوم growing degrees per day(الشكل 2j10.2) إن العتبة السفلية مثبتة عند القيمة 0 درجة مئوية باليوم (0 °C-day). يكون شكل منحني Ks بين العتبة العلوية والسفلية أسيا.



الشكل 2j10.2: درجة حرارة العتبة لنتح المحصول (على شكل درجة حرارة نمو تراكمية) في واجهة النتح من المحصول Crop Transpiration في واجهة إجهاد الحرارة Stress "Temperature".

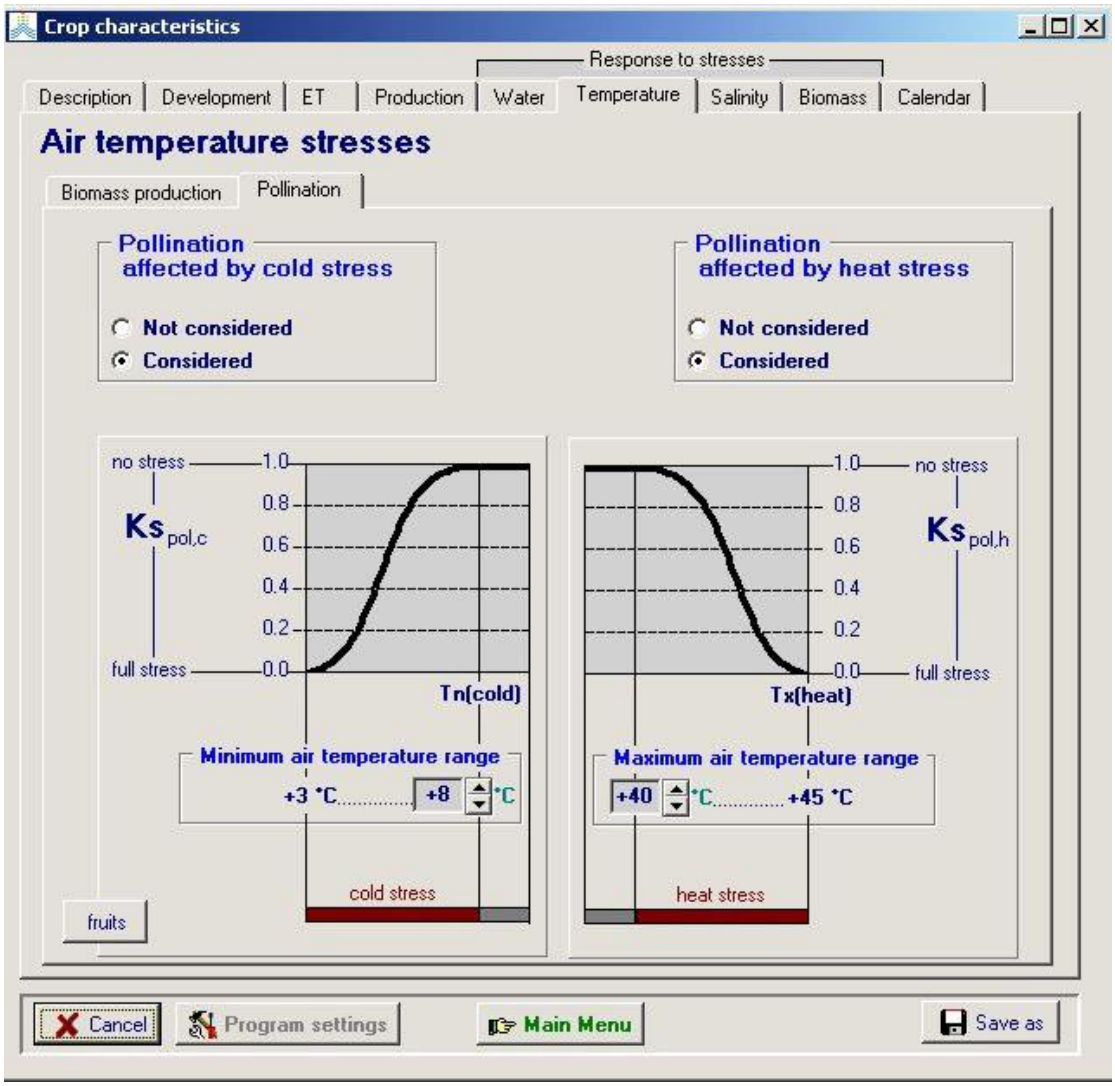
يمكن عرض النسبة المئوية لإجهاد البرودة الذي يؤثر على النتح من المحصول لكل يوم من أيام ملف الحرارة، أو لكامل طول دورة النمو (شكل 3 j10.2).



الشكل 3j10.2: النسبة المئوية لإجهاد البرد في Brussels (Belgium) خلال دورة النمو لدرجة حرارة العتبة المحددة للنتح من المحصول.

- **التلقيح (التأبير) Pollination**

قد تؤثر إجهادات البرد والحرارة على التلقيح. يتم تحديد إجهاد الحرارة بواسطة معامل Ks، الذي يتغير من 0 إلى 1 بين عتبات درجات الحرارة. من أجل إجهاد البرد cold stress تكون قيمة Ks تساوي 0 عند عتبة الحرارة السفلية، وتساوي 1 عند عتبة الحرارة العلوية، أما من أجل إجهاد الحرارة العالية (السخونة) heat stress، فتكون قيمة Ks تساوي 1 عند عتبة الحرارة السفلية وتساوي 0 عند عتبة الحرارة العلوية (الشكل 4j10.2). يكون شكل منحني Ks بين العتبة العلوية والسفلية أسيا



الشكل 4j10.2: مواصفات عتبات إجهادات البرد cold والحر heat على التلقيح pollination.

تعتبر قيم العتبة العلوية لدرجة الحرارة الدنيا ($T_{n, cold}$) والعتبة السفلية لدرجة الحرارة القصوى ($T_{x, heat}$) التي يبدأ عندها التلقيح بالفشل بارامترات محصول crop parameters.

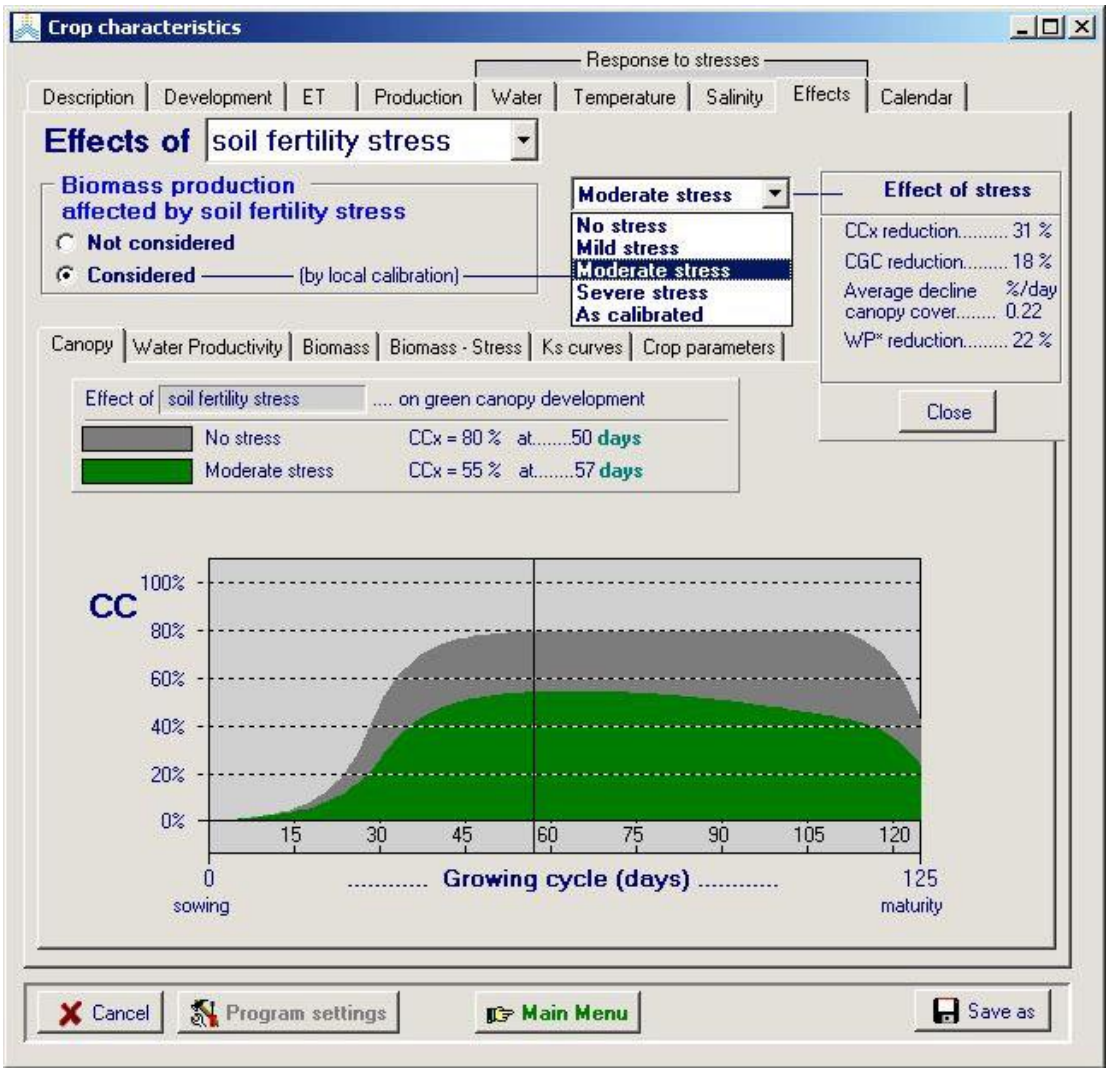
($T_{n, cold}$) يمكن أن تتراوح بين 0 حتى +15 درجة مئوية ، و ($T_{x, heat}$)يمكن أن تتراوح بين +30 حتى 45 درجة مئوية. يفترض في برنامج AquaCrop أنه يتم الوصول إلى الإجهاد الكامل (Ks = 0) عند القيمة 5 درجة مئوية تحت إجهاد البرودة (cold stress) أو فوق إجهاد السخونة (heat stress)، أي تحت أو فوق عتبات درجات الحرارة المحددة ب 5 درجات مئوية.

11.10.2 إجهاد خصوبة التربة Soil fertility stress

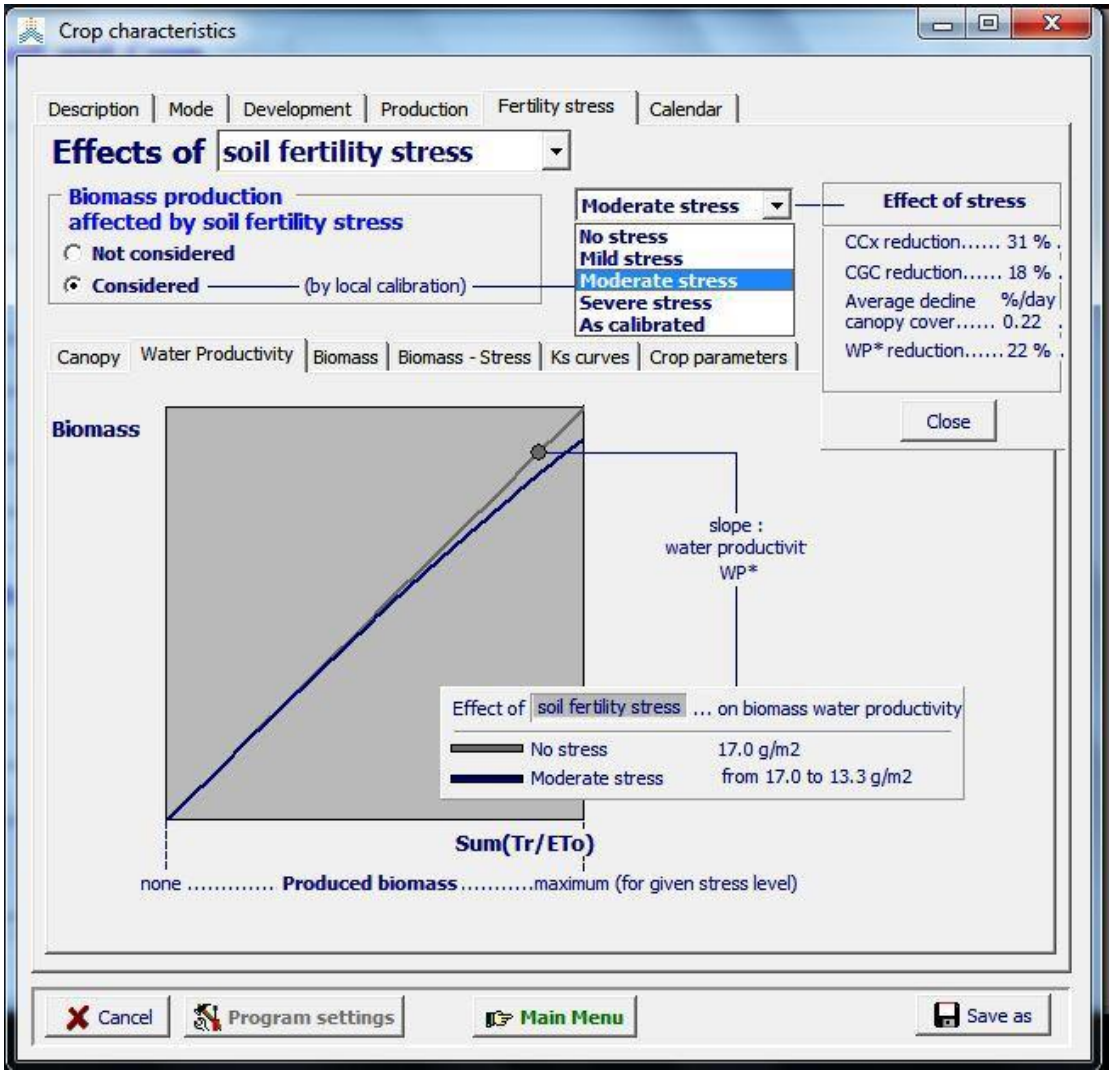
على الرغم من أن استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة تقوم على المفاهيم الأساسية، إلا أنها توصف في الوقت الحاضر عن طريق التقييم النوعي qualitative assessment. إن إجهاد العناصر الغذائية المعدنية، وخاصة نقص النتروجين (الآزوت)، يمكن أن (1) يقلل من اتساع الغطاء النباتي، مما يؤدي إلى إبطاء تطور هذا الغطاء، (2) يحد من الغطاء النباتي الأعظمي الذي يمكن الوصول إليه (CC_x)، مما يؤدي إلى غطاء نباتي أقل كثافة. بالإضافة لذلك، في ظل إجهاد طويل المدى، (3) يخضع الغطاء النباتي (CC) عادة إلى انخفاض مستمر عندما يصل الغطاء النباتي الأعظمي CC_x المعدل إلى منتصف الموسم. علاوة على ذلك (4) فإن إجهاد خصوبة التربة يقلل من إنتاجية المياه للمحصول Water productivity (WP*).

- **عرض تأثيرات إجهاد خصوبة التربة Display of the effects of soil fertility stress**

يمكن للمستخدم رؤية تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد، إذا تمت معايرة استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة، في قائمة خصائص المحصول ***Crop characteristics***: بدون إجهاد No stress وإجهاد خفيف mild stress وإجهاد معتدل moderate stress وإجهاد شديد severe stress (الشكل 1k10.2 و2k10.2).



الشكل 1k10.2: تأثير إجهاد خصوبة التربة المعتدل على تطور الغطاء النباتي.



الشكل 2k10.2: تأثير إجهاد خصوبة التربة المتوسط على إنتاج الكتلة الحيوية.

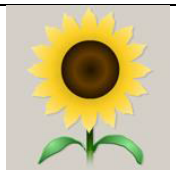
- **معايرة استجابة المحصول Calibration of the crop response**

تتم معايرة استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة في قائمة خصائص المحصول ***Crop characteristic*** menu (انظر12.10.2 معايرة إجهاد خصوبة التربة).

- **محاكاة تأثير إجهاد خصوبة التربة Simulation of the effect of soil fertility stress**

من أجل محاكاة تأثير إجهاد خصوبة التربة، ينبغي على المستخدم أن يحدد واحدة من فئات إجهاد خصوبة التربة في قائمة إدارة الحقل Field management menu (جدول k10.2).

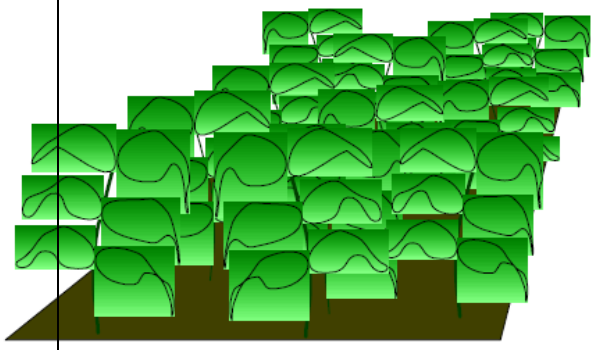
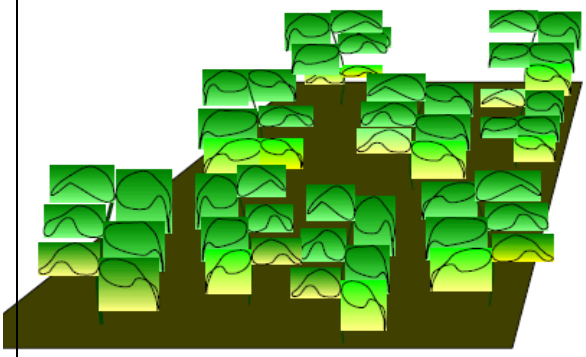
جدول k10.2: خصائص المحصول Crop characteristicsومواصفات إدارة الحقلfield management .

خصائص المحصول: كيف يستجيب المحصول لإجهاد الخصوبة. Crop Characteristics How does the crop respond to soil fertility stress?	
إدارة الحقل: ما هو مستوى خصوبة التربة في الحقل. Field management: What is the soil fertility level in the field?	

12.10.2 معايرة إجهاد خصوبة التربة Calibration for soil fertility stress

لا يمكن وصف استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة من خلال بارامترات محصول محافظة، نظراً لأن استجابة المحصول تكون محددة (نوعية) حسب نوع الإجهاد type of stress والبيئة التي يتطور بها المحصول، لذلك يجب معايرة الاستجابة من أجل كل حالة على حدة.

- **الحقل المرجعي والحقل المجهد Reference and Stressed field**

	
Reference field الحقل المرجعي well watered field - حقل مروي بشكل جيد no soil fertility stress -لا يوجد إجهاد خصوبة التربة	**Stressed field الحقل المجهد** well watered field -حقل مروي بشكل جيد soil fertility stress - إجهاد خصوبة التربة
Observations: B_{ref} and CC_{ref} المقاس: إنتاج الكتلة الحيوية المرجعية B_{ref} والغطاء النباتي الأخضر المرجعي CC_{ref}	Observations: B_{stress} and CC_{stress} المقاس: إنتاج الكتلة الحيوية في حالة الإجهاد B_{stress} والغطاء النباتي الأخضر المجهد CC_{stress}

الشكل 1m10.2: تستند معايرة استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة على المراقبات الحقلية field observations للاختلافات في إنتاج الكتلة الحيوية Biomass production (B) والغطاء النباتي الأخضر green Canopy Cover (CC) بين الحقل المرجعي والحقل المجهد.

إن المعايرة، التي تتم في قائمة خصائص المحصول *crop characteristics*، تتطلب الوصول إلى الغطاء النباتي الأخضر المراقب (CC) والكتلة الحيوية المراقبة (B) في حقلين مرويين بشكل جيد well-watered بحيث يكون أحد الحقلين لا يعاني من إجهاد خصوبة التربة والحقل الآخر يعاني من إجهاد خصوبة التربة. يعتبر الحقل الذي لا يعاني إجهادا حقلاً مرجعياً (Reference field)، بينما يعتبر الحقل الثاني الذي تكون فيه خصوبة التربة محدودة حقلاً مجهداً (Stressed field). يجب التنويه هنا إلى أن كلا الحقلين مروي بشكل جيد لتجنب تأثير الإجهاد المائي للتربة على تطور وإنتاج المحصول. تتطلب المعايرة أن يظهر المحصول في الحقل المجهد استجابة ملحوظة لخصوبة التربة المحدودة (الشكل 1m10.2). تعتمد المعايرة على ربط الانخفاض المقاس في إجمالي الكتلة الحيوية فوق الأرض total above ground biomass (B) في حقل مجهد مع إجهاد خصوبة التربة في هذا الحقل.

- **استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة Crop response to soil fertility stress**

إن الانخفاض الملحوظ في الكتلة الحيوية هو نتيجة لاندماج تأثيرات الإجهاد على العديد من العمليات، حيث يؤثر إجهاد خصوبة التربة على:

- تطور الغطاء النباتي الأخضر green canopy development (CC)، وبالتالي يؤثر بشكل غير مباشر على النتح من المحصول transpiration (Tr). إن تأثير إجهاد خصوبة التربة على الغطاء النباتي (CC) يتألف من:
  - انخفاض اتساع الغطاء النباتي مما يؤدي إلى تطور أبطأ للغطاء النباتي.
  - تقلص في الغطاء النباتي الأعظمي الذي يمكن الوصول إليه (CC_x) مما يؤدي إلى غطاء نباتي أقل كثافةً.
  - الانخفاض المستمر للغطاء النباتي عندما يصل الغطاء النباتي الأعظمي المعدل (CC_x) إلى منتصف الموسم mid-season.
- إنتاجية المياه للكتلة الحيوية (*WP).

يبين الجدول m10.2: معاملات الإجهاد stress coefficient (Ks) ومعامل الانخفاض (f) المستخدمة لمحاكاة استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة.

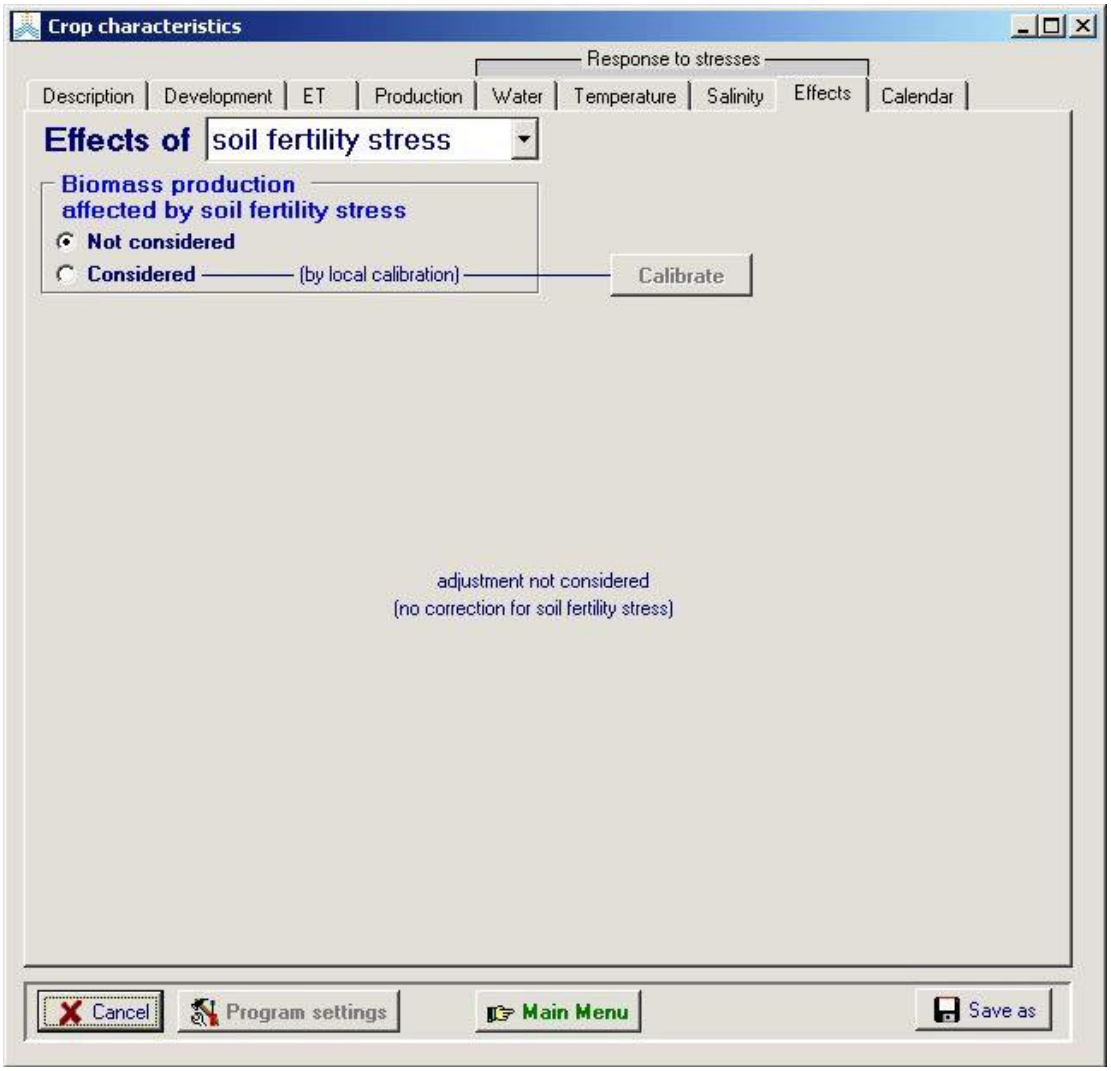
الجدول m10.2: معاملات الإجهاد لمحاكاة استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة.

Coefficient المعامل	Description الوصف	Target crop parameter بارامترات المحصول المستهدفة
For simulating the effect of both soil fertility and soil salinity stress لمحاكاة تأثير كل من إجهاد خصوبة التربة وإجهاد ملوحة التربة		
$Ks_{exp,f}$	Stress coefficient for canopy expansion معامل إجهاد لتوسع الغطاء النباتي	Canopy Growth Coefficient (CGC) معامل نمو الغطاء النباتي
Ks_{CCx}	Stress coefficient for maximum canopy cover معامل إجهاد للغطاء النباتي الأعظمي	Maximum canopy cover (CCx) الغطاء النباتي الأعظمي
$f_{CDecline}$	Stress decline coefficient of the canopy cover معامل إجهاد لتراجع (انحسار) الغطاء النباتي	Canopy Cover (CC) once maximum canopy cover has been reached الغطاء النباتي عندما يتم الوصول إلى الغطاء النباتي الأعظمي
For simulating the effect of soil fertility stress لمحاكاة تأثير إجهاد خصوبة التربة		
Ks_{WP}	Stress coefficient for biomass water productivity معامل إجهاد لإنتاجية المياه للكتلة الحيوية	Biomass water productivity (WP*) إنتاجية المياه للكتلة الحيوية

- **تأثير الإجهاد على الكتلة الحيوية لم يؤخذ بالاعتبار (لم يعاير) The effect of soil fertility stress on biomass is not considered (not calibrated).**

عملية المعايرة The calibration process

لا تأخذ ملفات المحاصيل المحمية (المقدمة من منظمة الأغذية والزراعة FAO) بالاعتبار تأثير إجهاد خصوبة التربة على الكتلة الحيوية، لذلك لا بد من معايرتها قبل محاكاة التأثير (الشكل 2m10.2).



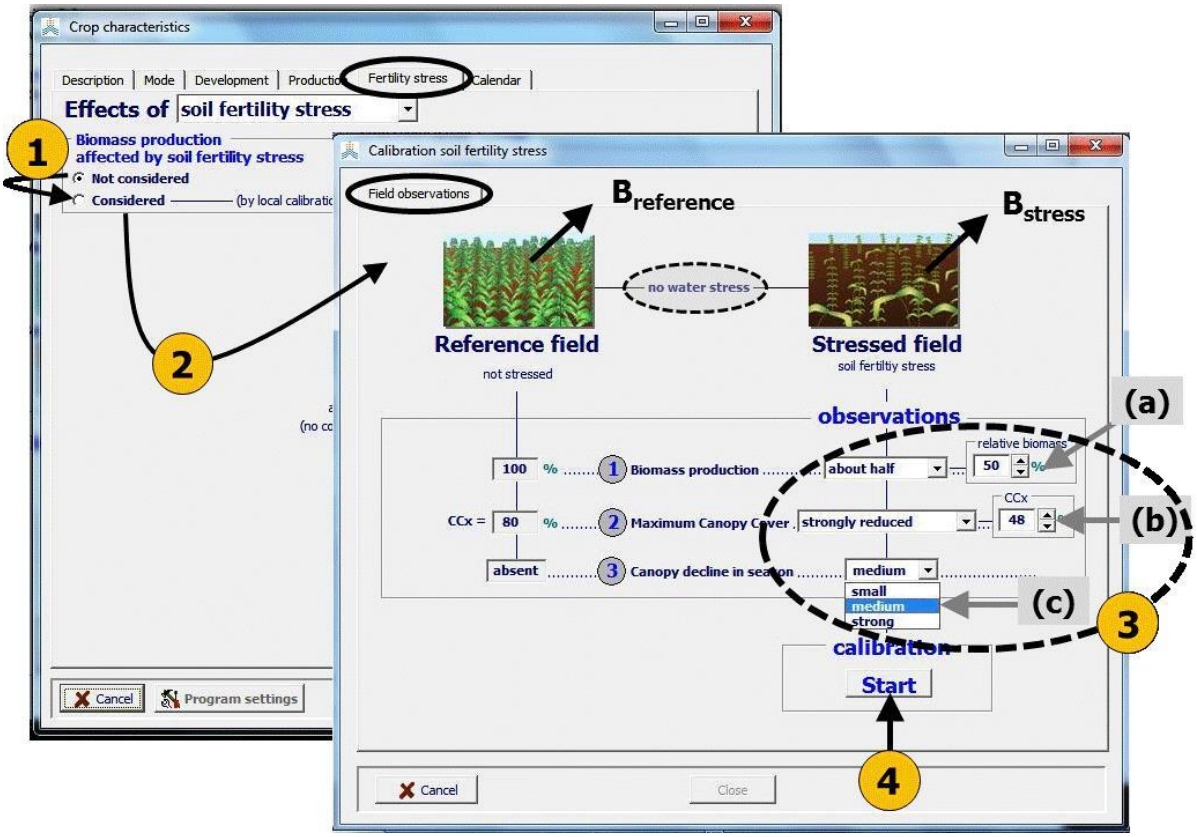
الشكل 2m10.2: عرض (في قائمة خصائص المحصول) لمحصول دون الأخذ بالاعتبار تأثير إجهاد خصوبة التربة على الكتلة الحيوية.

عند اختيار الخيار أخذ بالاعتبار <Considered> في قائمة خصائص المحصول (الشكل 2m10.2)، فإن برنامج AquaCrop سوف يعرض قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة *Calibration soil fertility stress* التي من خلالها يمكن البدء بالمعايرة (الشكل 3m10.2).

في قائمة القياسات أو المراقبات الحقلية Field Observationsفي قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة (الشكل 3m10.2)، يقوم المستخدم (مع الإشارة إلى الشكل 1m10.2) بتحديد المراقبات (القياسات) كما قيست في الحقل المجهد:

1. القيمة النسبية لإنتاج الكتلة الحيوية المراقبة، عن طريق اختيار فئة (تتراوح من " قريب من المثالي" near optimal إلى " سيئ جداً" very poor) أو عن طريق اختيار القيمة النسبية لإنتاج الكتلة الحيوية المراقبة (100 B_{stress}/B_{ref})، تتطلب المقاربة شبه الكمية semi-quantitative في برنامج AquaCrop من المستخدم أن يحدد مستوى خصوبة التربة، ويعبر عنه بالكتلة الحيوية النسبية (B_{rel}) التي يمكن توقعها في حقل يعاني من إجهاد الخصوبة مقارنة بالكتلة الحيوية المتوقعة في حقل مرجعي في غياب إجهاد مائي. يمكن الحصول بسهولة على قيمة B_{rel} من المزارعين أو التجارب الحقلية أو من الإحصائيات الزراعية العائدة لإنتاج المحاصيل المحلية. هذه المقاربة تدمج تأثير العديد من المغذيات في التربة (وليس فقط الآزوت) وعمليات التمعدن بدون الحاجة إلى عدد كبير من المدخلات.
2. الغطاء النباتي الأعظمي المراقب (CCx)، عن طريق اختيار فئة (تتراوح من "قريب من المرجعي" close to reference إلى " متراجع بشكل قوي جداً " very strongly reduced) أو عن طريق اختيار الغطاء النباتي الأعظمي (CC_x) المراقب (CCx_{stress}).

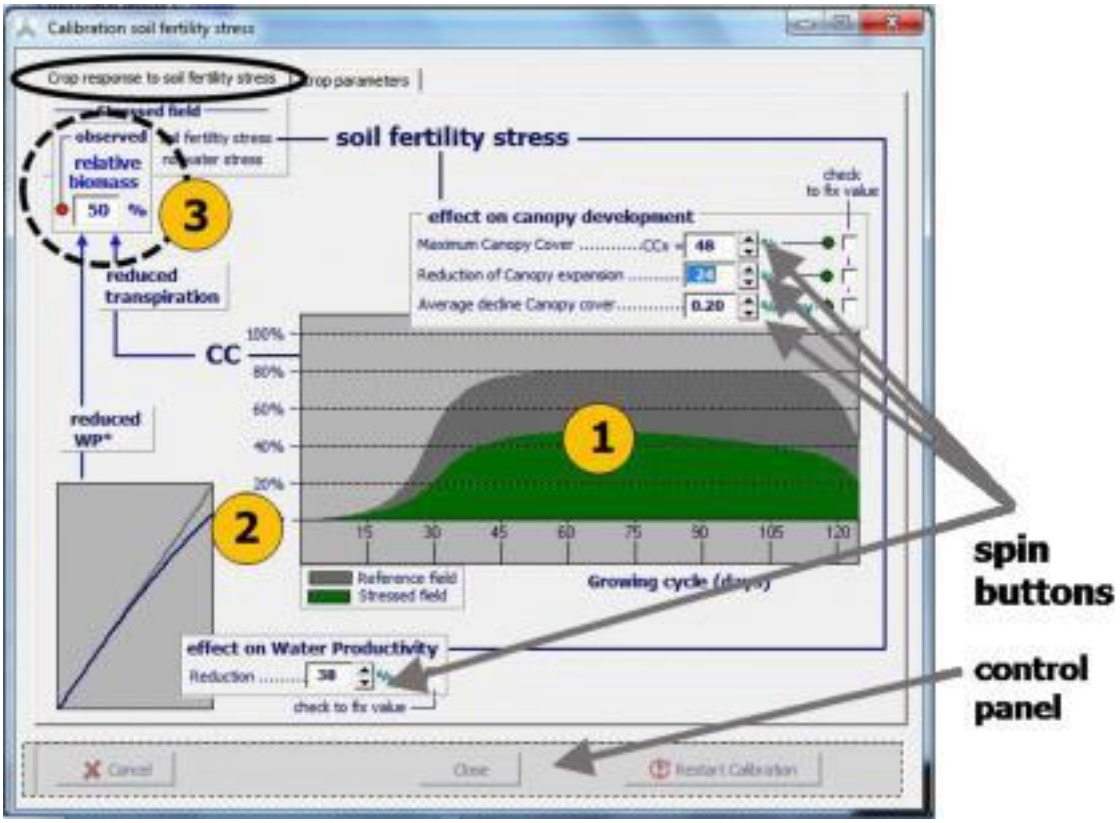
3. تقلص (تراجع) الغطاء النباتي المراقب خلال الموسم عندما يتم الوصول إلى الغطاء النباتي الأعظمي CC_x، عن طريق اختيار فئة (تتراوح من صغير "small" إلى شديد "strong").



الشكل 3m 10.2: (1) باختيار الخيار 'Considered' في الصفحة المبوبة 'Fertility-stress'(2) تصبح قائمة المراقبات الحقلية 'Field observations' من قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة. *Calibration soil fertility stress* متاحة للمستخدم حيث (3) يحدد المقاس أو المتوقع (a) الإنتاج النسبي للكتلة الحيوية (b) الغطاء النباتي الأعظمي (c) تناقص الغطاء النباتي خلال الموسم في حقل مجهد (4) يبدأ المعايرة لإجهاد خصوبة التربة.

بالضغط على زر " ابدأ <Start> في صفحة القياسات الحقلية في قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة (الشكل 3m10.2)، يقوم برنامج AquaCrop باختيار قيم لمعاملات الإجهاد (KS_{exp}, KS_{CCx}, KS_{WP}, $f_{CDecline}$) ويغير على هذا النحو الغطاء النباتي الأخضر المحاكى أو المنمذج (CC) و إنتاجية المياه للكتلة الحيوية (WP*) للحقل المجهد.

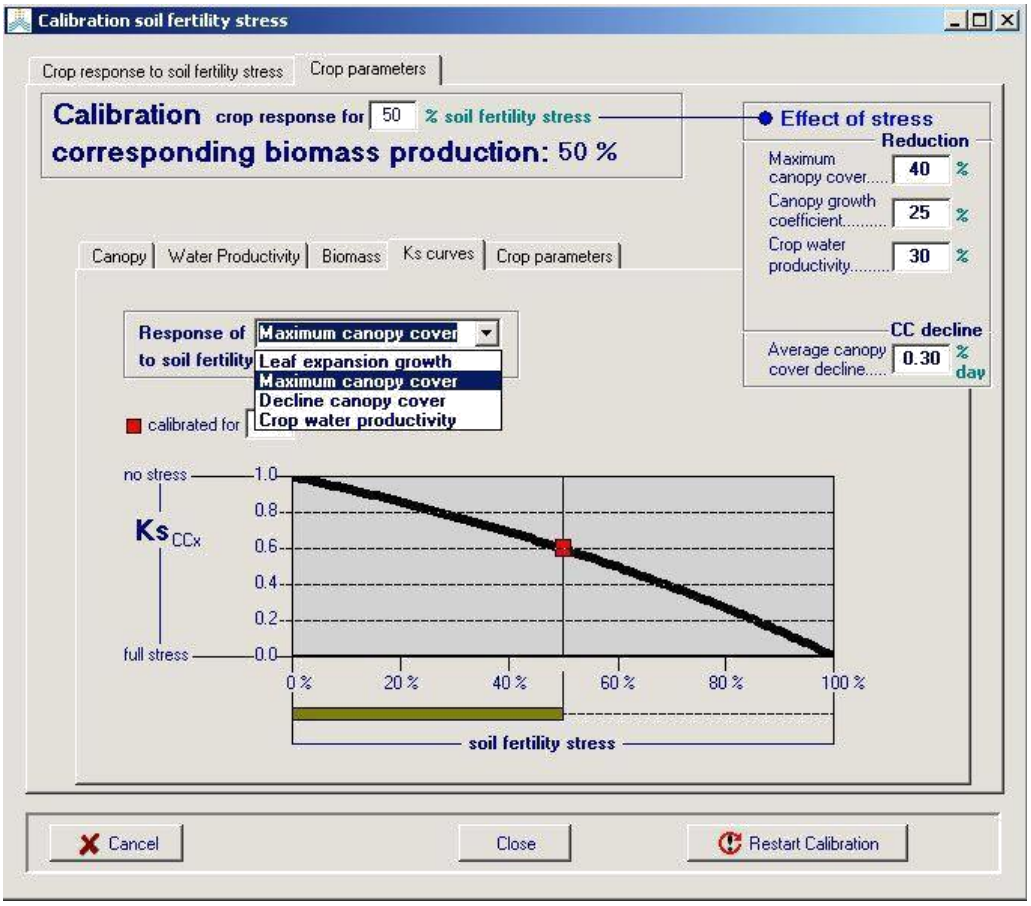
من خلال تجريب قيم مختلفة لمعاملات الإجهاد، ومع أخذ القياسات (المراقبات) المحددة specified observationsبعين الاعتبار (الشكل 3m10.2)، يقوم برنامج AquaCrop من أجل كل مجموعة من معاملات الإجهاد بحساب الغطاء النباتي المجهد CC_{stress}وإنتاج الكتلة الحيوية في حالة الإجهاد (B_{stress}) حتى يصبح إنتاج الكتلة الحيوية النسبية مساوٍ إلى الإنتاج النسبي المراقب في الحقل المجهد. يتم عرض النتائج في واجهة " استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة" Crop response to soil fertility stress (الشكل 4m10.2).



الشكل 4m10.2.: واجهة استجابة المحصول لإجهاد خصوبة التربة 'Crop response to soil fertility stress' من قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة *Calibration soil fertility stress* حيث يتم رسم تأثير إجهاد خصوبة التربة على (1) الغطاء النباتي (2) انخفاض قيمة *WP خلال الموسم ويجري الضبط الدقيق لهما بواسطة spin buttons وبواسطة (3) أخذ قيمة الكتلة الحيوية النسبية المحددة بعين الاعتبار.

في واجهة "بارامترات المحصول" Crop Parameters في قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة، يتم عرض تراجع أو انخفاض تطور الغطاء النباتي reduction in Canopy development وانخفاض إنتاجية المياه للكتلة الحيوية biomass water productivity WP*.

يمكن أيضاً الاطلاع على إنتاج الكتلة الحيوية النسبية المحاكاة ومنحنيات الإجهاد الأربعة 4Ks-curves وبارامترات المحصول Crop Parameters (المعدلة من أجل الإجهاد) كل بحسب الواجهة الخاصة به (الشكل 5m10.2).



الشكل 5m10.2: منحني Ks من أجل الغطاء النباتي الأعظمي Maximum canopy coverكما هو معروض في واجهة"tab sheet Ks-curves " في قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة *Calibration soil fertility stress*.

تحدد المعايرة شكل منحنيات الإجهاد الثلاث 3Ks-curve ومنحني معامل التراجع أو الانحسار decline coefficient (f). يتم تحديد الشكل من خلال قيم Ks أو f عند ثلاث مستويات مختلفة من الإجهاد:

1. من أجل خصوبة تربة غير محدودة non-limiting soil fertility(لا تؤثر على إنتاج الكتلة الحيوية)، يكون الإجهاد يساوي 0% ومعاملات إجهاد خصوبة التربة الثلاث Ks تكون مساوية 1، ومعامل التراجع أو الانحسار decline coefficient ($f_{CDecline}$) مساوٍ للصفر 0.
2. عندما يكون إجهاد خصوبة التربة كاملاً (100%إجهاد)، يصبح إنتاج المحصول غير ممكن وتكون معاملات الإجهاد Ks مساوية للصفر 0، ويكون معامل التراجع أو الانحسار $f_{CDecline}$ عند معدله الأعظمي، أي 1% يومياً.
3. الإجهاد في الحقل المجهد معرف كما يلي:

$$stress = 100\ (1-Brel) \qquad Eq.2.10.m$$

حيث Brel هي النسبة بين الكتلة الحيوية المراقبة في الحقل المجهد stressed field إلى الحقل المرجعي reference field ($B_{rel} = B_{stress} / B_{ref}$). بالنظر في التأثير على البارامترات المستهدفة (الغطاء النباتي الأعظمي CC_x ومعامل نمو الغطاء النباتي CGC وإنتاجية المياه للمحصول *WP ومعامل تراجع الغطاء النباتي $f_{CDecline}$)، يتم الحصول على القيم المقابلة لـ Ks وf من أجل مستوى الإجهاد المحدد. على سبيل المثال، إذا كان إنتاج الكتلة الحيوية B متراجعا في الحقل المجهد بنسبة 50% ($B_{stress} = 0.5\ B_{ref}$) والغطاء النباتي الأعظمي بنسبة 40% ($CC_{xstress} = 0.6\ CC_{xref}$)، فيكون معامل الإجهاد للغطاء النباتي الأعظمي Ks_{CCx} يساوي 0.6 عند إجهاد خصوبة / تملح التربة نسبته 50% (الشكل 5m10.2).

عندما يتم معايرة المنحني، عندها يمكن الحصول على Ks المقابل لإجهادات أخرى لخصوبة أو ملوحة التربة من المنحنيات. مع الإشارة إلى الشكل 5m10.2، فإن الغطاء النباتي الأخضر الأعظمي CCx سيكون متراجعا بنسبة 20% (Ks_{CCx} =0.80 أو $CCx = 0.8\ CCx_{ref}$) من أجل إجهاد خصوبة تربة نسبته 27% ، و بنسبة 60% (Ks_{CCx} = 0.40 أو $CCx = 0.4\ CCx_{ref}$) من أجل إجهاد نسبته 69%.

الضبط الدقيق Fine tuning

يمكن للمستخدم تحسين دقة fine tune المعايرة في قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة (الشكل 4m10.2): عن طريق تغيير: (1) الغطاء النباتي الأعظمي maximum canopy cover (CCx) أو(2) تراجع اتساع الغطاء النباتي reduction of canopy expansion أو (3) معدل تراجع (انحسار) الغطاء النباتي average decline of the Canopy Cover أو (4) الانخفاض في إنتاجية المياه للكتلة الحيوية (WP* reduction in biomass water productivity). إن تغيير واحد من التخفيضات reductions المذكورة أعلاه سوف تغير التخفيضات للبارامترات الأخرى وذلك نظراً لأن برنامج AquaCrop يبحث دائما عن التوازن بين إنتاج الكتلة الحيوية النسبية المحاكاة simulated وتلك المراقبة observed في الحقل المجهد. بالنقر على واحد أو أكثر من خانات أو حقول الاختيار check boxes 4، يمكن للمستخدم تحديد (تثبيت) قيمة بارامتر واحد أو أكثر (الشكل 4m10.2).

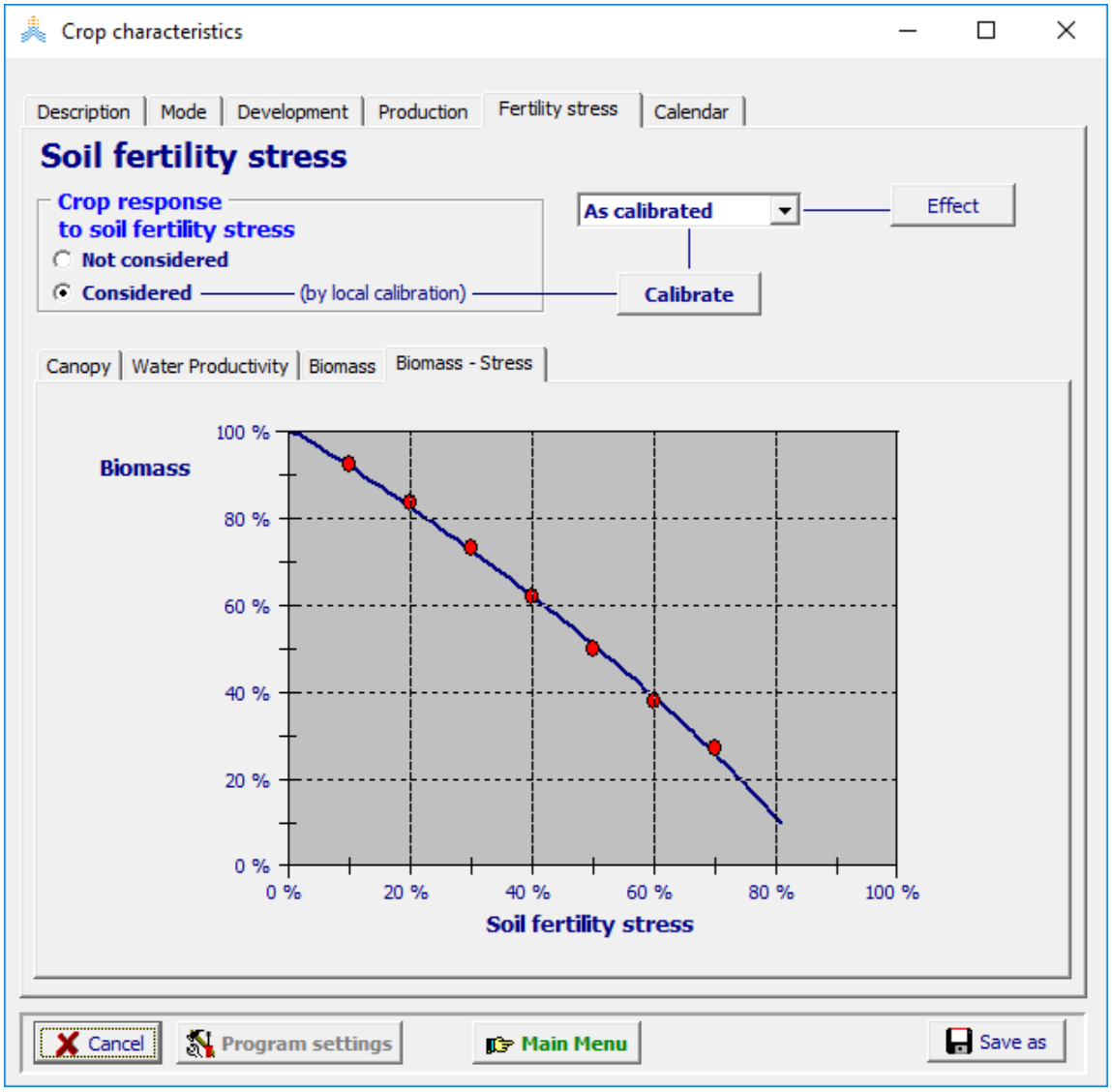
باختيار الأمر " إعادة تشغيل المعايرة " <Restart calibration> في لوحة تحكم قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة، يعود المستخدم إلى واجهة القياسات أو المراقبات الحقلية Field observation (الشكل 3m10.2).

- **تأثير الإجهاد على الكتلة الحيوية مأخوذ بالاعتبار (معاير) The effect of stress on biomass is considered (Calibrated).**

العلاقة بين الكتلة الحيوية وإجهاد خصوبة التربة Relationship between Biomass and soil fertility stress

يعرض برنامج AquaCrop في قائمة خصائص المحصول، حين يؤخذ بالاعتبار تأثير إجهاد خصوبة التربة على الكتلة الحيوية في ملفات المحصول، التأثير على تطور الغطاء النباتي وإنتاجية المياه للكتلة الحيوية وإنتاج الكتلة الحيوية لعدة مستويات من الإجهاد (إجهاد متوسط إلى شديد جداً). وفي القائمة يتم أيضاً عرض العلاقة بين الكتلة الحيوية وإجهاد خصوبة التربة (الشكل 6m10.2). ويتم الحصول على العلاقات من خلال:

i. الأخذ بعين الاعتبار considering التأثير المنفرد على الغطاء النباتي الأعظمي CCx ومعامل نمو الغطاء النباتي CGC وتراجع الغطاء النباتي canopy decline وإنتاجية المياه للمحصول WP* (من أجل مستويات مختلفة من إجهاد خصوبة التربة)، كما هو موضح في كل واحد من منحنيات Ks (الشكل 5m10.2).
ii. حساب تطور الغطاء النباتي المقابل وانخفاض الكتلة الحيوية النسبية من خلال الأخذ بعين الاعتبار معاملات إجهاد، وذلك بافتراض عدم وجود إجهاد مائي no water stress. إن تأثير كل مستوى لإجهاد خصوبة تربة (مأخوذ بالاعتبار) على CCx وCGC و canopy decline وWP* يكون موضحاً في المنحنيات المنفردة لمعامل الإجهاد المعاير calibrated Ks ومنحنيات الانخفاض (الشكل 5m10.2). بما أن أشكال منحني Ks ليست متطابقة وتأثير الإجهاد على WP* يزداد عندما يزداد الغطاء النباتي، فإن العلاقة بين الكتلة الحيوية والإجهاد B-stress ليست خطية (الشكل 6m10.2).



الشكل 6m10.2: عرض للعلاقة بين الكتلة الحيوية وإجهاد خصوبة التربة في واجهة "علاقة الإجهاد بالكتلة الحيوية" Biomass-Stress في قائمة خصائص المحصول.

الضبط الدقيق Fine tuning

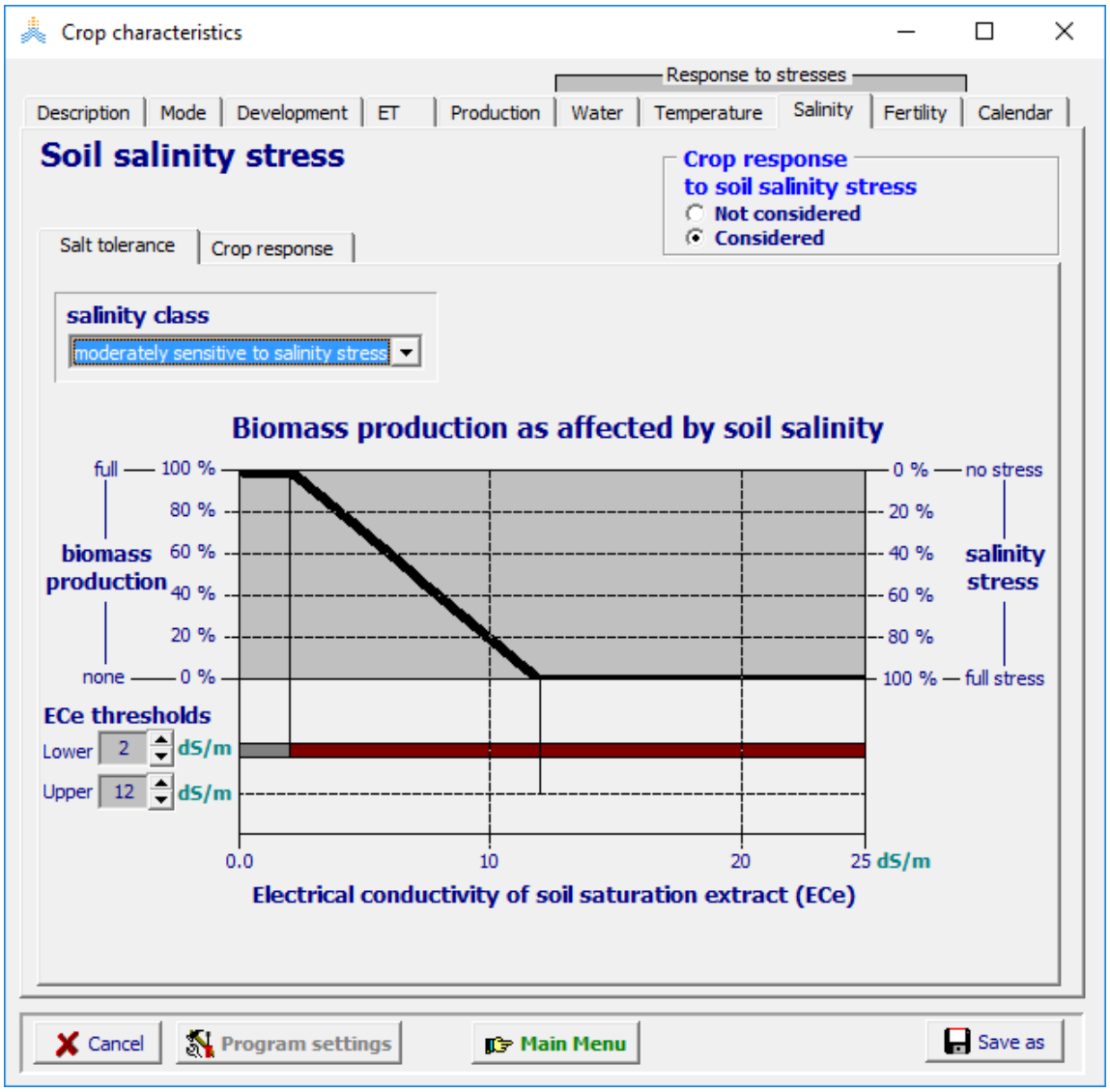
من أجل ملفات المحصول التي يكون تأثير إجهاد خصوبة التربة على الكتلة الحيوية مأخوذا فيها بعين الاعتبار، يمكن ضبط المعايرة عن طريق اختيار أمر المعايرة <Calibrate> في قائمة خصائص المحصول والتي ستعرض قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة Calibration soil fertility stress (الشكل 4m10.2 و5m10.2).

باختيار أمر إعادة تشغيل المعايرة <Restart Calibration> في لوحة تحكم قائمة معايرة إجهاد خصوبة التربة، يعود المستخدم إلى واجهة المراقبات الحقلية "Field observation"، الشكل (3m10.2).

13.10.2 إجهاد ملوحة التربة Soil Salinity stress

- **استجابة المحصول لإجهاد الملوحة Crop response to soil salinity stress**

يستمر AquaCrop في محاكاة تراكم الأملاح في منطقة الجذور، حتى عندما تكون استجابة المحصول لإجهاد الملوحة غير مأخوذة في الاعتبار 'Not considered'في قائمة خصائص المحصول، بدون أن يأخذ في الاعتبار تأثير إجهاد ملوحة التربة على المحصول. عند أخذ إجهاد الملوحة بالاعتبار 'Considered'، يعرض AquaCrop الواجهة التي يمكن فيها تحديد تحمل الملوحة salt tolerance واستجابة المحصول (الشكل 1n10.2).



لشكل 1n10.2: مواصفات العتبات العلوية والسفلية للناقلية الكهربائية electrical conductivity لمستخلص إشباع التربة (ECe) بما يتوافق مع فئة الملوحة، وعرض منحني العلاقة 'Biomass – ECe'في واجهة 'Salt tolerance'من واجهة Salinity في قائمة خصائص المحصول.

- **تحمل الملوحة 'Salt tolerance'**

يحدد تحمل الملوحة للمحصول الإنتاج الأعظمي للكتلة الحيوية التي يمكن الحصول عليها في منطقة جذور مصابة بالملوحة (شكل 1n10.2). يقوم AquaCrop من أجل كل فئة مختارة للتحمل باشتقاق الإنتاج الأعظمي للكتلة الحيوية (كنسبة مئوية)، من علاقة الناقلية الكهربائية-الكتلة الحيوية 'Biomass – ECe', و التي لايزال يمكن الحصول عليها في غياب أي إجهاد آخر(إجهاد مائي, خصوبة تربة, درجة حرارة هواء, أعشاب ضارة). مؤشر الملوحة هو معدل الناقلية الكهربائية (ECe) لمستخلص معجون إشباع التربة من منطقة الجذور. تتراوح قيمة إجهاد الملوحة بين 0% (انتاج كامل للكتلة الحيوية) و100% (مسببة انعدام انتاج الكتلة الحيوية).

يحدد المستخدم تأثير إجهاد ملوحة التربة عن طريق اختيار فئة حساسية sensitivity class (جدول n10.2) أو عن طريق تحديد قيم للعتبة العلوية والعتبة السفلية لملوحة التربة في منطقة الجذور root zone (الشكل 1n10.2). تعتبر هذه العتبات لقيمة ECeمن الخصائص النوعية للمحصول crop specific وبارامترات محصول محافظة conservative crop parameters وتقدر بالديسي سيمينس بالمتر deciSiemens per meter (dS/m). يتم التمييز بين:

- العتبة السفلية lower threshold (ECe_n) التي عندها يبدأ إجهاد ملوحة التربة في التأثير على إنتاج الكتلة الحيوية.
- العتبة العلوية upper threshold (ECe_x) التي عندها يصل إجهاد ملوحة التربة إلى تأثيره الأعظمي ويصبح الإجهاد شديدا لدرجة يتوقف عندها إنتاج الكتلة الحيوية.

الجدول n10.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة للعتبة الدنيا (ECe_n) والعتبة العليا (ECe_x)لإجهاد ملوحة التربة.

Class Sensitivity to water stress فئة الحساسية للإجهاد المائي	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe) in dS/m الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة	
	ECe_n	ECe_x
extremely sensitive to salinity stress حساسة جداً لإجهاد الملوحة	0	6
sensitive to salinity stress حساسة لإجهاد الملوحة	1	8
moderately sensitive to salinity stress متوسطة الحساسية لإجهاد الملوحة	2	12
moderately tolerant to salinity stress متحملة بشكل متوسط لإجهاد الملوحة	5	18
tolerant to salinity stress متحملة لإجهاد الملوحة	7	25
extremely tolerant to salinity stress متحملة جداً لإجهاد الملوحة	8	37

ينتج نقصان الإنتاجية للكتلة الحيوية عن نقصان كثافة المحصول والنمو السيئ للغطاء النباتي والإغلاق الجزئي للمسامات. يتم عرض هذه التأثيرات لإجهاد الملوحة في واجهة استجابة المحصول 'Crop response'. بما أن التأثيرات الإفرادية لإجهاد الملوحة على كثافة المحصول ونمو الغطاء النباتي وإغلاق المسامات غير موثقة بدقة في المنشورات الخاصة بالمحاكاة في AquaCrop,يمكن للمستخدم أن يقوم بمعايرة استجابة المحصول لإجهاد الملوحة (فقرة 14.10.2) .

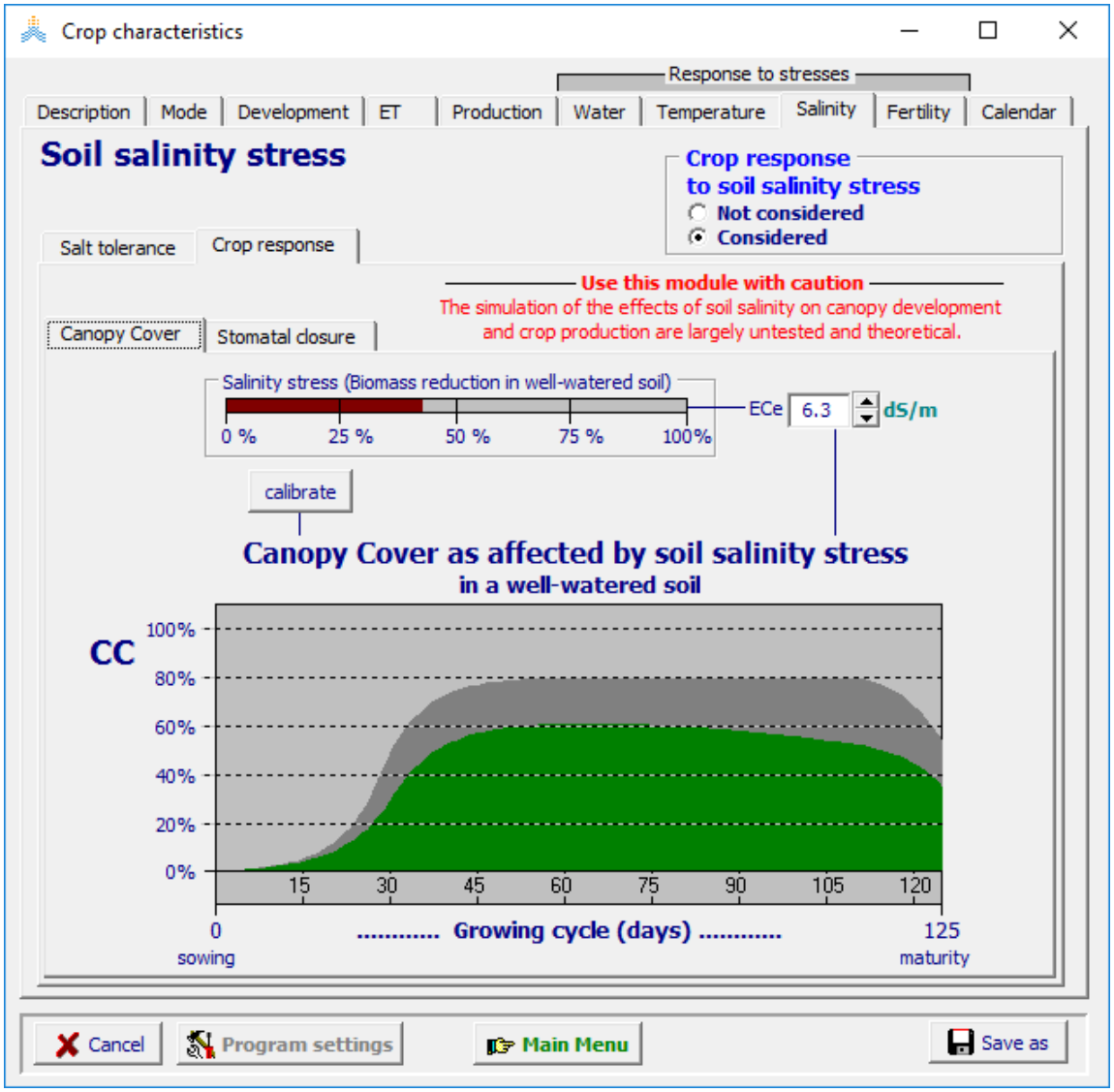
استجابة المحصول Crop Response

يتم عرض الغطاء النباتي وإغلاق المسامات لكل اختيار لإجهاد الملوحة (ECe)في واجهة الغطاء النباتي. ‘Canopy Cover’ (شكل 2n10.2) وواجهة إغلاق المسامات‘Stomata closure’ (شكل 3n10.2) من الواجهة استجابة المحصول. يجري عرض استجابة المحصول لإجهادات ملوحة مختلفة عند كل تغيير لقيمة (ECe). يعطي دمج استجابات المحصول المختلفة إلى انتاج مخطط إنتاجية الكتلة الحيوية كما هو مبين في علاقة الناقلية الكهربائية-الكتلة الحيوية ‘Biomass – ECe’(شكل 1n10.2). انتاج الكتلة الحيوية هو الأعظمي الذي يمكن الحصول عليه في تربة جيدة الترطيب.

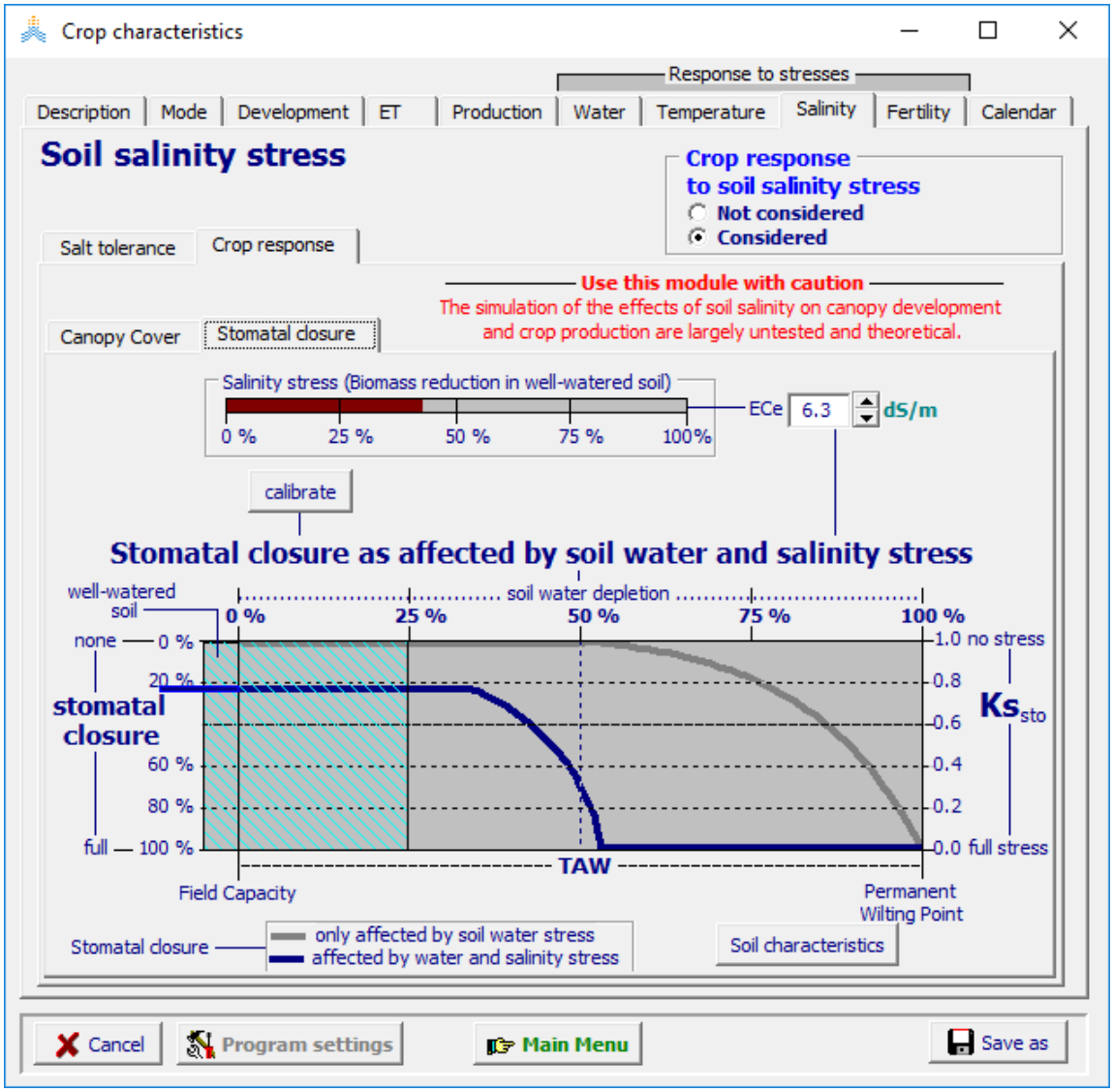
يؤدي استنفاذ المياه من منطقة الجذور في التربة سيئة الترطيب إلى زيادة تركيز الأملاح في المتبقي من مياه التربة. رغم أن استنفاذ مياه منطقة الجذور لا يغير من قيمة ECe (المؤشر على ملوحة التربة) فإنه يزيد من قيمة الناقلية الكهربائية لمياه التربة (ECsw). كلما زاد استنفاذ منطقة الجذور كلما ازدادت قيمة (ECsw) وأصبح استخراج المحصول للمياه من منطقة الجذور أصعب. وهذا سيؤدي إلى إغلاق أقوى للمسامات عند جفاف التربة. يتم عرض إغلاق المسامات لحالات مختلفة من استنفاذ منطقة الجذور لأجل القيمة المختارة لإجهاد الملوحة (ECe) في صفحة إغلاق المسامات (شكل 3n10.2).

- **معايرة استجابة المحصول Calibration of the Crop response**

تتم معايرة استجابة المحصول لإجهاد ملوحة التربة في قائمة خصائص المحصول (فقرة 14.10.2).



شكل 2n10.2: تطور الغطاء النباتي (CC) من أجل إجهاد ملوحة 43% (ECe = 6.3 dS/m) يؤدي إلى تخفيض انتاج الكتلة الحيوية بمقدار 43% في غياب أي إجهاد آخر (أي في تربة جيدة الترطيب)



شكل 3n10.2: إغلاق المسامات Stomatal closure
من أجل إجهاد ملوحة 43% (ECe = 6.3 dS/m) يؤدي إلى تخفيض انتاج الكتلة الحيوية بمقدار 43% في تربة جيدة الترطيب (القسم المظلل في يسار المخطط). إغلاق المسامات لأجل استنفاذ مختلف لمنطقة الجذور مرسوم أيضا (القسم اليميني من المخطط)

14.10.2 معايرة إجهاد ملوحة التربة Calibration for soil salinity stress

- **علاقة الكتلة الحيوية – الناقلية الكهربائية Biomass - ECe relationship**

يحدد شكل منحني Ks بين العتبة العلوية (ECen)والسفلية (ECex)لمستخلصات عجينة الترب المشبعة، مقدار تأثير إجهاد ملوحة التربة على إنتاج الكتلة الحيوية في تربة جيدة الترطيب. يفترض أن شكل المنحني خطي (linear) (شكل 1n 10.2).

- **استجابة المحصول في تربة جيدة الترطيب Crop response in a well-watered soil**

يحدد AquaCrop, في تربة جيدة الترطيب وفي غياب أي إجهاد آخر غير إجهاد الملوحة، انتاج الكتلة الحيوية النسبي من علاقة الكتلة الحيوية – الناقلية الكهربائية Biomass - ECe relationship. إن الانخفاض في إنتاج الكتلة الحيوية هو نتيجة تأثير أربع عمليات: إغلاق جزئي للمسامات وتطور بطيء للغطاء النباتي وضعف الغطاء النباتي وتراجع في الغطاء خلال دورة المحصول). على الرغم من أن الانخفاض الكلي في الكتلة الحيوية في تربة جيدة الترطيب (المعطى بواسطة

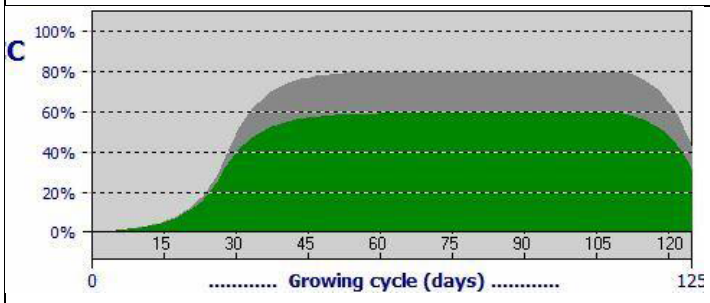
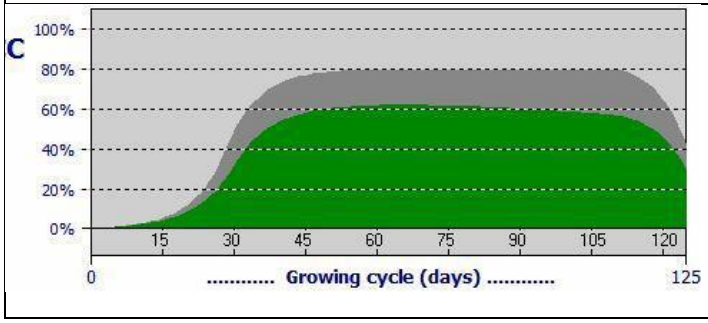
(Ks_{salt}) والأسباب الكامنة وراء انخفاضه معروفة، إلا أن التأثير المنفرد لإجهاد الملوحة على كل عملية من العمليات ليس موثقاً بشكل كافٍ بعد من أجل المحاكاة في برنامج AquaCrop. يمكن الحصول على نفس الإنتاج الأعظمي للكتلة الحيوية باستخدام تراكيب وأوزان(تثقيل) مختلفة للعمليات الأربع المتعلقة باستجابة المحصول. تتم عملية المعايرة باختيار تركيبة محددة.

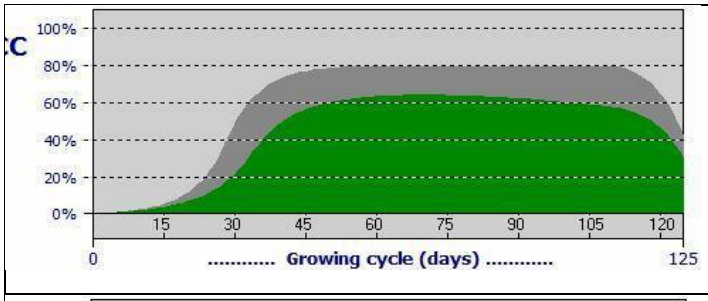
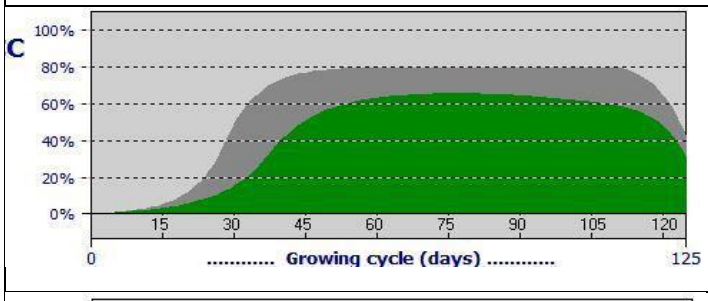
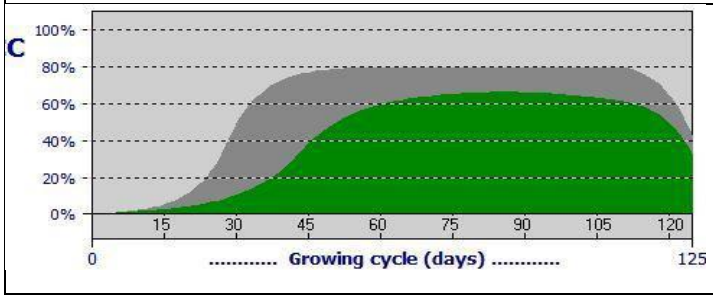
يمكن للمستخدم أن يعاير تأثير إجهاد الملوحة على تطور الغطاء النباتي إذا تمت مراقبة الغطاء النباتي في الحقل في واجهة الغطاء النباتي 'Canopy Cover' (شكل 2p10.2). يتم ذلك باختيار فئة أو نسبة مئوية لتشوه distortionالغطاء النباتي (جدول 1p10.2). يعبر عن تشوه الغطاء النباتي بالمقارنة مع تطور الغطاء النباتي في غياب أي نوع من أنواع الإجهاد (كما تمت معايرته في صفحة التطور'Development' في قائمة خصائص المحصول) . في حالة لا تشوه 'no distortion',يكون تأثير الإجهاد الملحي بشكل أساسي تخفيض CCx الذي يؤدي إلى غطاء نباتي مواز للغطاء النباتي في حالة التطور المرجعي في بيئة غير مجهدة. إذا تم اعتبار التشوه يتم احتساب تأثير إضافي لإجهاد ملوحة التربة على معدل توسع الغطاء النباتي والتناقص الثابت للغطاء النباتي خلال فترة النمو، وكلما ازداد التشوه كلما ازداد التأثير الإضافي (جدول1p10.2).

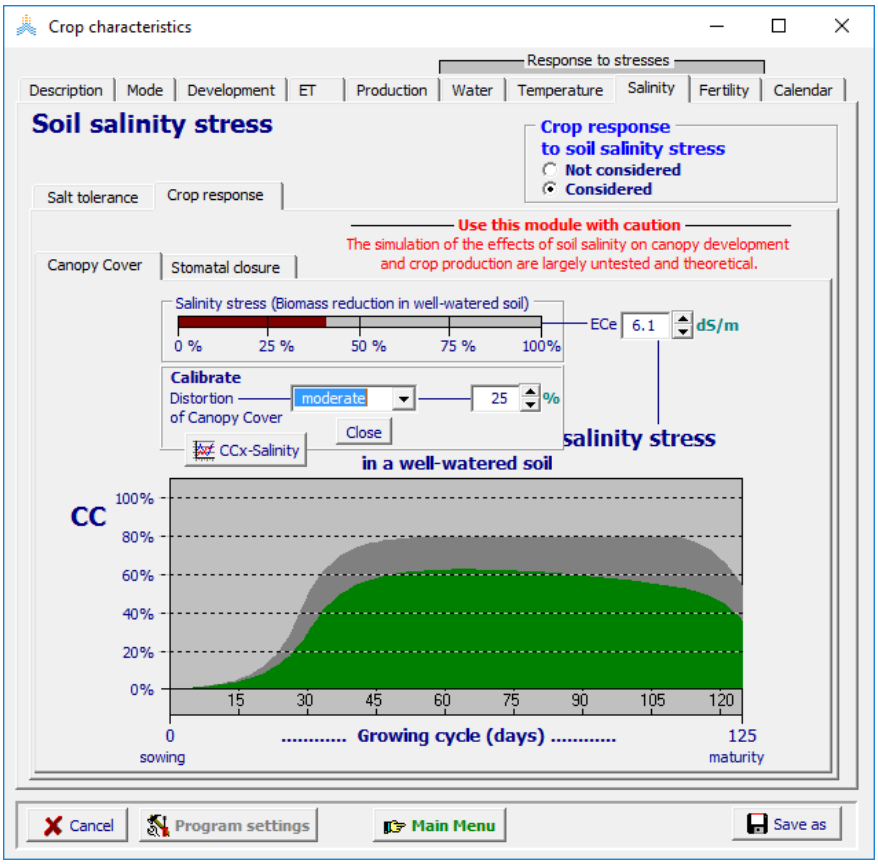
يأخذ AquaCrop النسبة المئوية لإغلاق المسامات في تربة جيدة الترطيب بشكل مطابق لنقصان الغطاء النباتي الأعظمي CCx. وبما أن الحد الأقصى لإنتاج الكتلة الحيوية لإجهاد ملحي محدد للتربة يجب أن يظل متماثلا لأي درجة من التشوه، فإن تشوه غطاء نباتي أقوى مع تأثيرات إضافية على الغطاء النباتي، ينتج تلقائيا انخفاضا أصغر في CCx (ودرجة أقل من إغلاق المسامات). يكون مخطط نقصان الغطاء النباتي مفيدا إذا كان نقصان الغطاء النباتي الأعظمي هو الوحيد المتوفر من المراقبات الحقلية (شكل 3p10.2). يظهر هذا المخطط أيضا النسبة المئوية لإغلاق المسام في تربة جيدة الترطيب.

طالما بقيت التربة جيدة الترطيب (لا يوجد استنفاذ مهم لمنطقة الجذور بين عمليات الري)، والإجهاد الملحي ECe ثابتا تقريبا خلال الموسم فلن يكون لاختيار تشوه الغطاء النباتي نتيجة الإجهاد الملحي تأثير مهم على انتاج الكتلة الحيوية التي سيتم محاكاتها (الشكل 4p10.2).

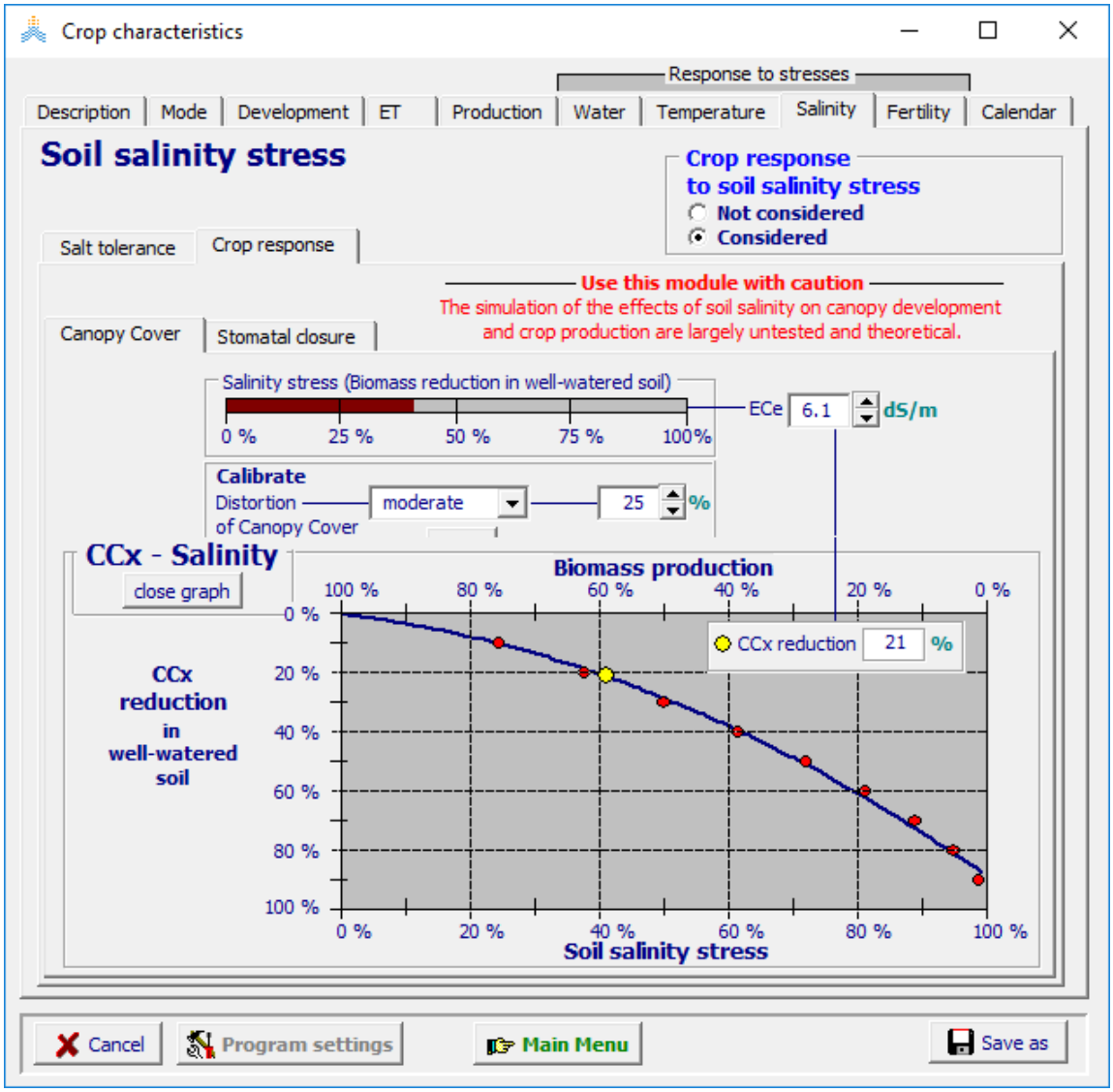
جدول 1p10.2: فئات تشوه الغطاء النباتي بسبب الإجهاد الملحي. التأثير المعروض على تطور الغطاء النباتي هو الموافق لإجهاد ملحي 41%.

الفئة class	تشوه الغطاء النباتي% canopy cover distortion%		تطور الغطاء النباتي تحت تأثير إجهاد ملحي(أخضر) بالمقارنة مع تطوره بدون وجود إجهاد(رمادي) Development of the canopy cover under salinity stress (green) with reference to its development in a non-stressed environment (grey)
	الافتراضي default	المجال Range	
بدون **None**	0	-	
معتدل Moderate	25	1-35	

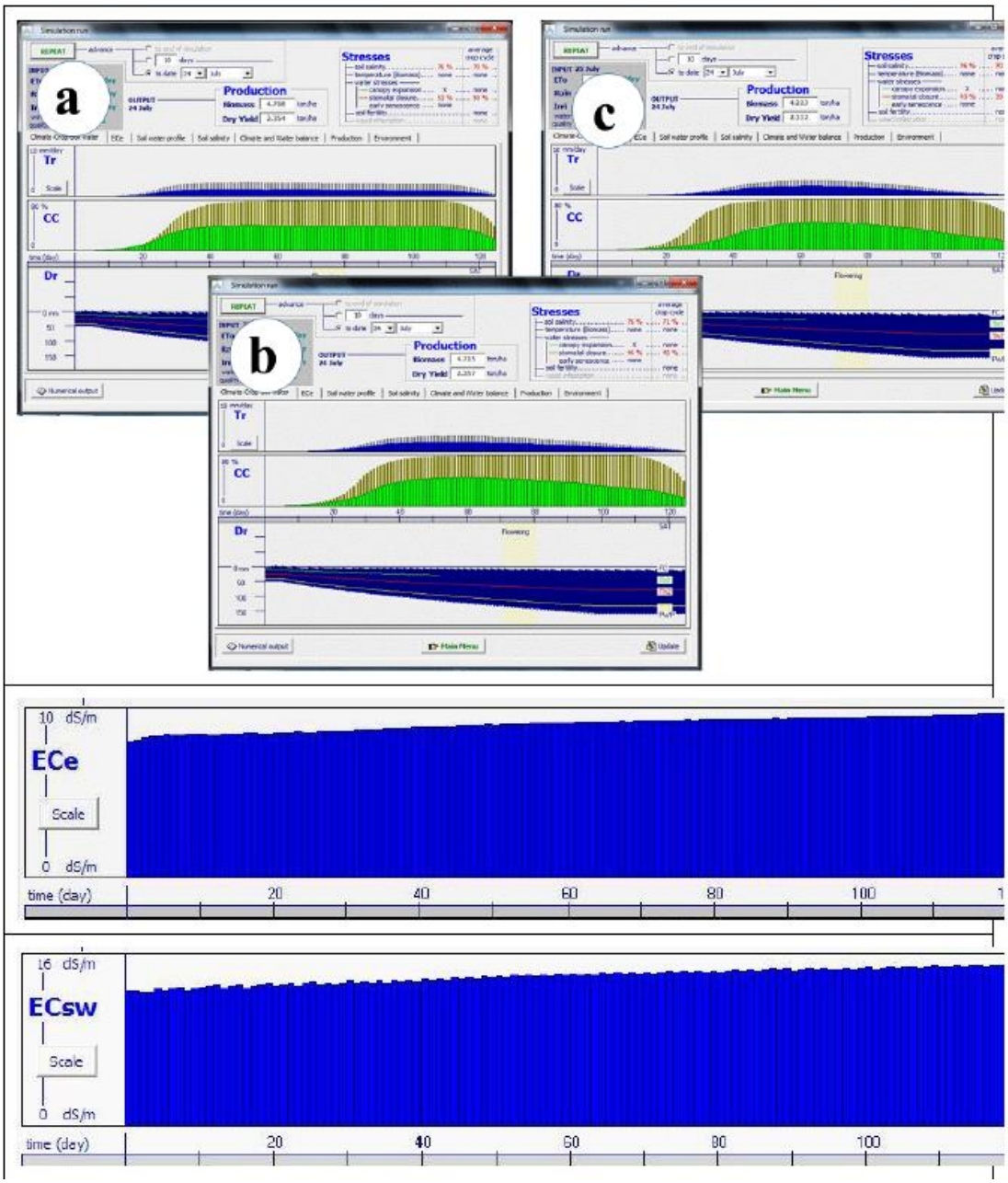
	36-60	50	متوسط Intermediate
	60-91	75	قوي Strong
	91-100	100	قوي جدا Very strong



شكل 2p10.2: معايرة تأثير الإجهاد الملحي على تطور الغطاء النباتي في تربة جيدة الترطيب، وتتم باختيار فئة تشوه الغطاء النباتي أو بتحديد نسبة مئوية للتشوه في واجهة الغطاء النباتي 'Canopy Cover'.



شكل 3p10.2: عرض تأثير الإجهاد الملحي على نقصان الغطاء النباتي الأعظمي CCxفي تربة جيدة الترطيب، في واجهة الغطاء النباتي 'Canopy Cover'.



شكل 4p10.2: محاكاة تطور الغطاء النباتي CC وإنتاج الكتلة الحيوية وغلة المحصول في تربة مالحة لأجل (a) لا تشوه للغطاء النباتي (b) تشوه متوسط 50% (C) تشوه قوي جدا 100%, والناقلية الكهربائية الموافقة لمستخلص إشباع التربة (ECe)وماء التربة (ECsw).

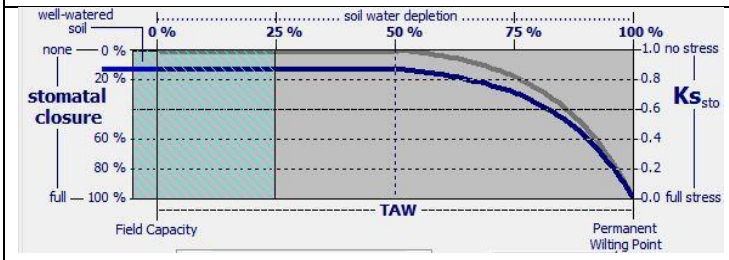
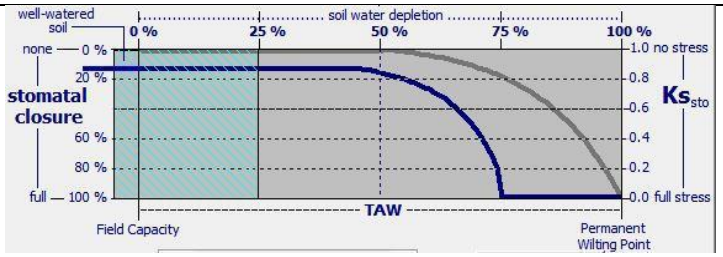
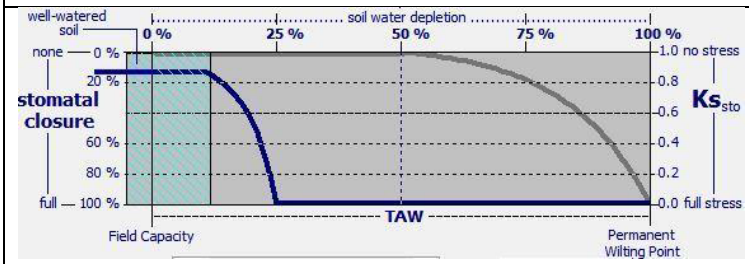
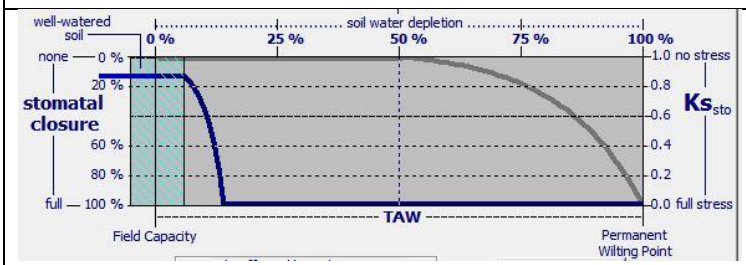
في كل محاكاة من الثلاثة المعروضة في الشكل بقي إجهاد الملوحة ثابتا تقريبا خلال الموسم (70%)وبقي انتاج الكتلة الحيوية متماثلا (حوالي 30% من الإنتاج في حقل خال من الإجهاد). في هذا المثال بقيت التربة الطينية جيدة الترطيب بريات متعاقبة بتواتر جيد بري بالتنقيط بمياه ذات ملوحة 3 dS/m, تلقى المحصول المعتدل الحساسية لإجهاد الملوحة (ECe_n = 2 dS/m and ECe_x = 12 dS/m) 5 مم من المياه في كل مرة وصل فيها استهلاك الماء المتاح RAW إلى 20%. كانت رطوبة التربة في بداية المحاكاة عند السعة الحقلية FC وكانت الملوحة 8 dS/m.

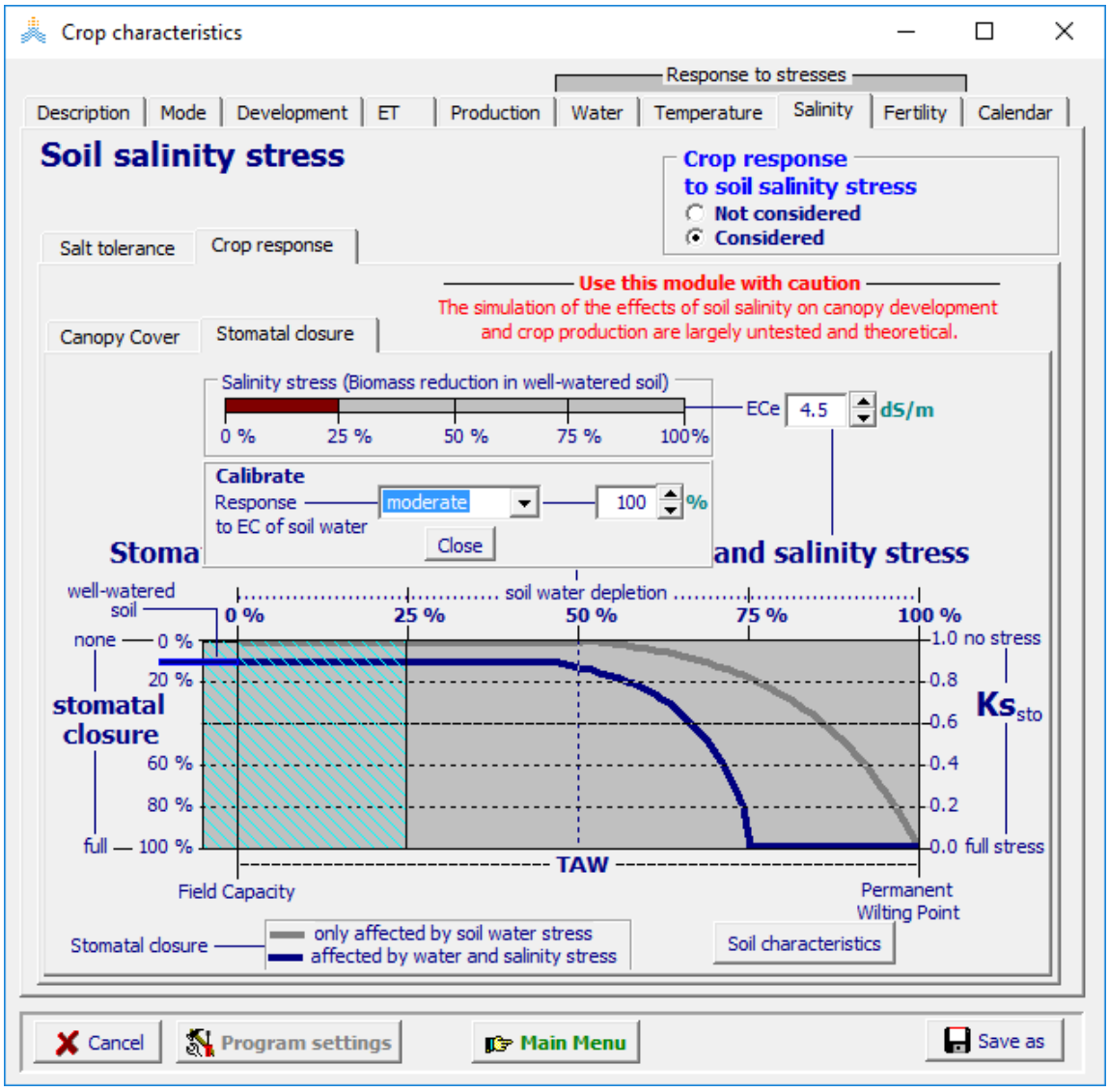
- **استجابة المحصول عندما يزيد استهلاك ماء منطقة الجذور من إجهاد الملوحة Crop response when root zone depletion increases the salinity stress**

يزداد تركيز الأملاح في ماء التربة المتبقي نتيجة استهلاك ماء منطقة الجذور بين عمليات الري. رغم أن استهلاك مياه منطقة الجذور لا يغير من قيمة ECe (المؤشر على ملوحة التربة) فإنه يسبب زيادة قيمة الناقلية الكهربائية لمياه التربة (ECsw) و قوى اسموزية أكبر وإغلاق أكبر للمسامات. كلما زاد استهلاك ماء منطقة الجذور كلما ازدادت قيمة (ECsw) وأصبح استخراج المحصول للمياه من منطقة الجذور أصعب. يمكن معايرة تأثير ECsw على إغلاق المسامات في واجهة

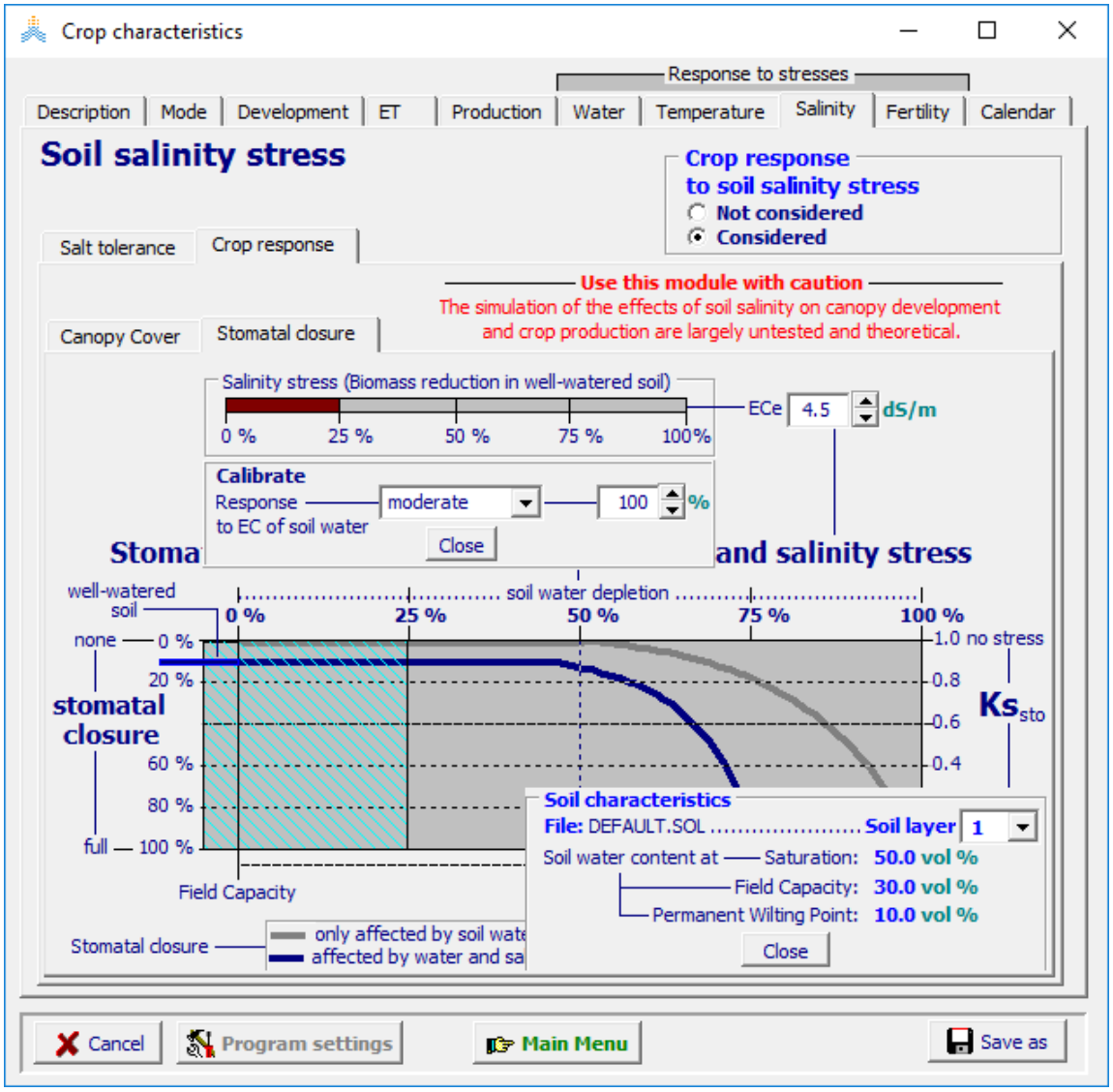
’Stomatal closure‘(شكل 5p10.2). يتم هذا باختيار فئة أو نسبة مئوية لتأثير ECsw على إغلاق المسامات (جدول 2p10.2). بما أن ECsw يعتمد على الخصائص الفيزيائية لطبقة التربة، يمكن عرض محتوى التربة المائي عند الإشباع والسعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة (شكل 6p10.2).

جدول 2p10.2: فئات استجابة إغلاق المسامات للناقلية الكهربائية لمياه التربة (ECsw). إغلاق المسامات المعروض هو الموافق لدرجات مختلفة لاستنفاذ منطقة الجذور وإجهاد ملحي 25%وتشوه معتدل للغطاء النباتي 25%.

الفئة class	الاستجابة للإجهاد الملحي Response (%) to ECsw		إغلاق المسامات لدرجات استنفاذ مختلفة لمنطقة الجذور عندما تتأثر بالإجهاد المائي للتربة فقط (رمادي) وعندما تتأثر بالإجهاد المائي والملحي(أزرق). **Stomatal closure for various root zone depletion when only affected by soil water stress (grey) and affected by water and salinity stress (blue)**
	الافتراضي default	المجال Range	
بدون **None**	%0	-	
ضعيف poor	75%	1-80	
معتدل Moderate	100%	81-110	
قوي Strong	125%	111-230	
قوي جدا Very strong	150%	131-200	

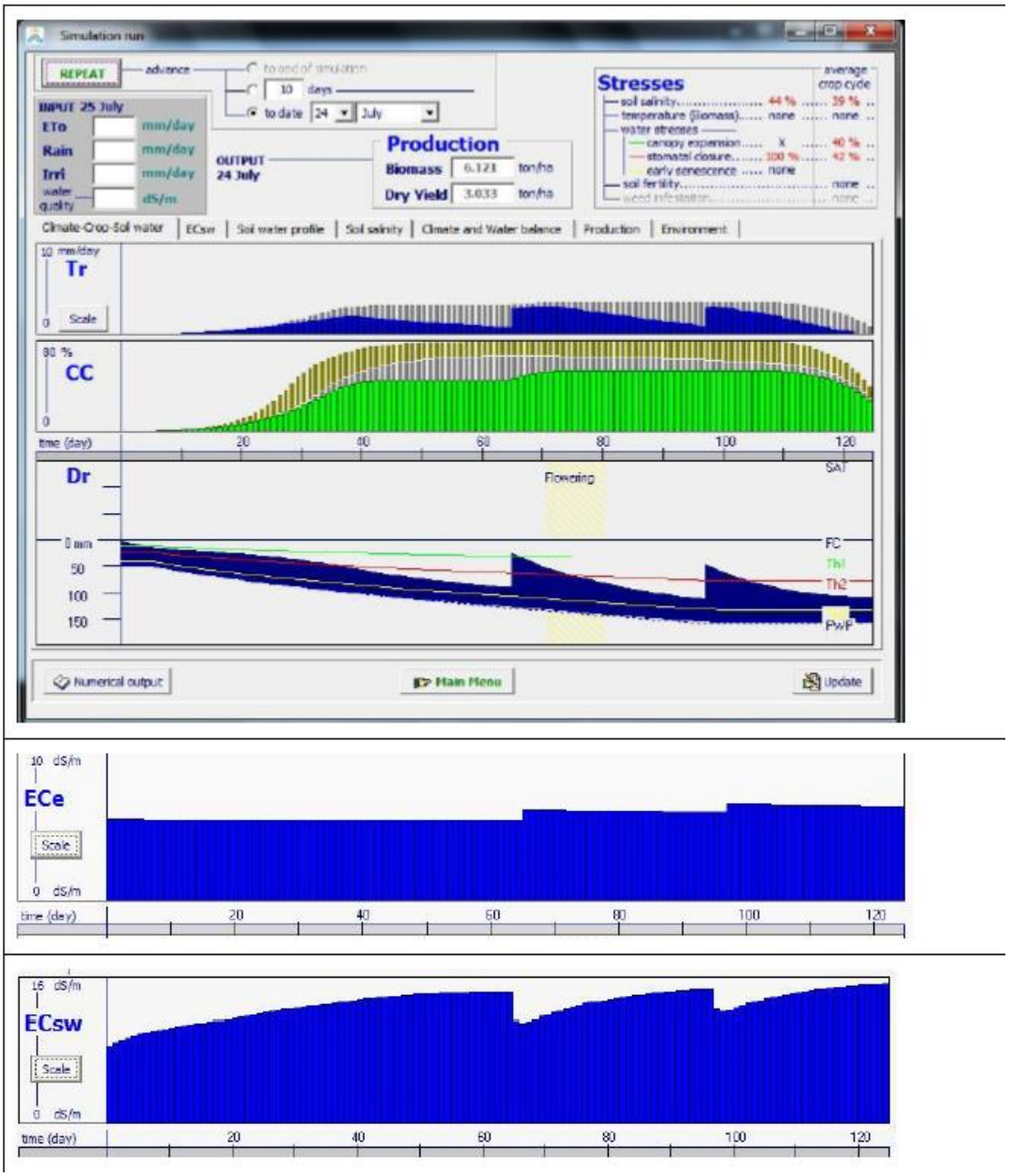


شكل 5p10.2: معايرة تأثير تركيز الأملاح في منطقة جذور مستنفذة على إغلاق المسامات باختيار فئة الاستجابة للناقلية الكهربائية لمياه التربة (ECsw) أو بتحديد نسبة مئوية للاستجابة في واجهة 'Stomatal closure'



شكل 6p10.2: عرض الخصائص الفيزيائية لطبقة التربة والتي تكون الاستجابة للإجهاد الملحي ECsw صالحة لأجلها

يعرض الشكل 7p10.2 تطور الغطاء النباتي وانتاجية المحصول وتركيز الأملاح في منطقة الجذور لمحاكاة يكون فيها استنفاذ منطقة الجذور بين عمليات الري مهما.

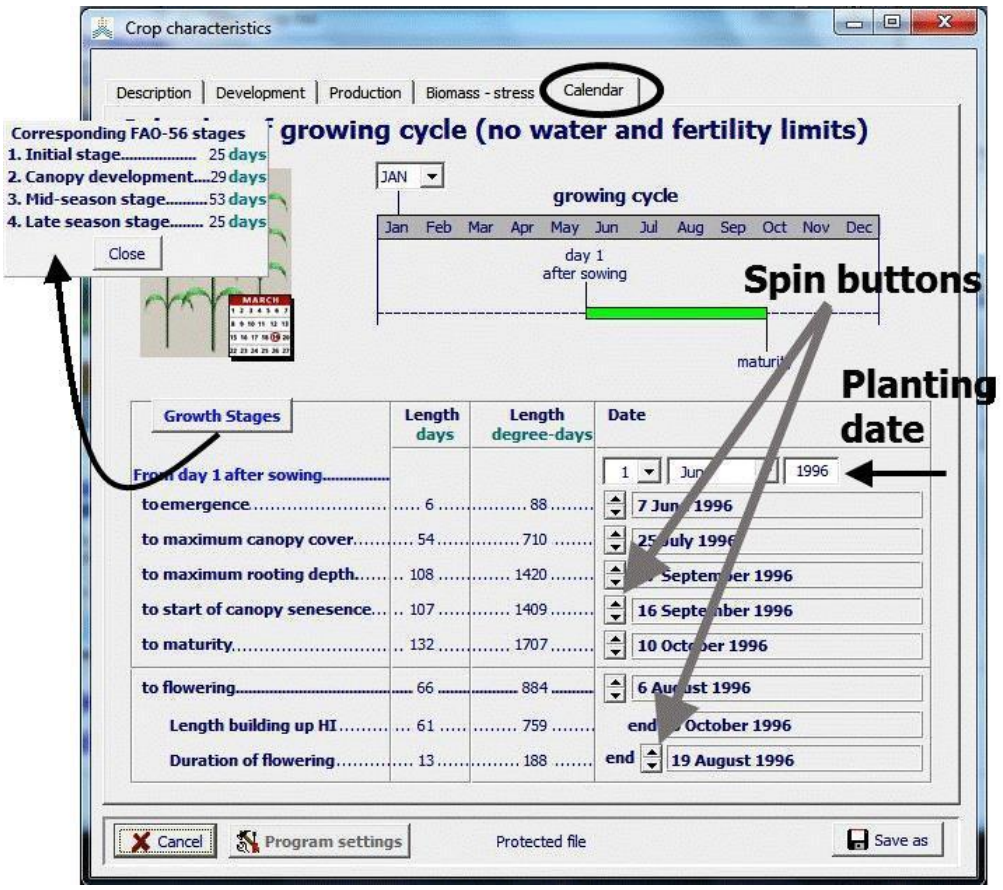


شكل 7p10.2: محاكاة نتح المحصول (Tr)والغطاء النباتي (CC)في تربة مالحة ومنطقة جذور مستهلكة بشدة، مع القيم الموافقة التي تمت محاكاتها لملوحة مستخلص إشباع التربة (ECe)وملوحة مياه التربة(ECsw). الغطاء النباتي الذي كان يمكن الوصول إليه في تربة جيدة الترطيب معروض باللون الرمادي. الغطاء النباتي CC المعروض باللون الزيتوني هو الذي كان يمكن الوصول إليه في غياب أي إجهاد.

تم تشغيل المحاكاة المعروضة في الشكل 7p10.2 لمحصول معتدل الحساسية للإجهاد الملحي (EC_{en} = 2 dS/m and EC_{ex} = 12 dS/m). تم اختيار فئة تشوه الغطاء النباتي متوسطة (50%) intermediate وفئة استجابة إغلاق المسامات عند تأثرها بملوحة مياه التربة (ECsw) معتدلة (100%) moderate. عند بداية المحاكاة كانت الرطوبة لكامل مقطع التربة عند السعة الحقلية وملوحة التربة (ECe) 5.5 dS/m. تلقت التربة الطينية خلال المحاكاة عمليتي ري بالأحواض بمقنن مائي 65 ملم ونوعية مياه سيئة 4 dS/m. كان معدل الإجهاد الملحي خلال المحاكاة 39% فقط (ECe ranging between 5.5 and 6.4 dS/m). ومع ذلك انخفض انتاج الكتلة الحيوية إلى 40% من الإنتاج المرجعي بسبب الاستنفاذ الشديد لمنطقة الجذور (حتى 150% من إجمالي الماء السهل الامتصاص (150%RAW) بين عمليتي الري والذي تسبب بإجهاد شديد أثر على توسع الغطاء النباتي وإغلاق المسامات.

15.10.2 التقويم (الجدول الزمني) Calendar

يتم عرض لمحة عامة overviewعن التقويم (الجدول الزمني) لفترة النمو في مجلد التقويم Calendar folderفي قائمة خصائص المحصول (الشكل q10.2). يمكن تعديل تاريخ الزراعة وأطوال فترات النمو المختلفة بواسطة spin buttons.



الشكل q10.2: الجدول الزمني (تقويم المحصول) لتدقيق وتعديل تقويم النمو، مع الإشارة إلى مراحل النمو لمنظمة الأغذية والزراعة FAO-56.

يمكن أيضاً عرض طول مراحل النمو length of growth stagesفي صفحة التقويم، حيث تشير المراحل إلى التعاريف المستخدمة في المنشورات السابقة للفاو FAO (Irrigation and Drainage Papers Nr.24, 33 and 56) وهي:

- **المرحلة الابتدائية** :initial stage تبدأ عند البذار sowing وتتوقف عندما يصبح الغطاء النباتي مساوٍ 10% (CC=0.10).
- **مرحلة تطور الغطاء النباتي canopy development stage:** تبدأ عندما يصبح الغطاء النباتي أكبر من 10% وتتوقف عند بلوغه 98% من الغطاء النباتي الأعظمي (CC= 0.98 CCx).
- **مرحلة منتصف الموسم :mid-season stage** تبدأ عندما وصول الغطاء النباتي إلى 98% من الغطاء النباتي الأعظمي وتتوقف عندما تبدأ شيخوخة الغطاء النباتي. تحدد نهاية هذه المرحلة من خلال وقت الوصول إلى شيخوخة الغطاء النباتي.
- **مرحلة الموسم المتأخرة :late season stage** تبدأ عندما يتم الوصول إلى أيام شيخوخة الغطاء النباتي وتتوقف عند لحظة الوصول إلى نضج المحصول maturity، وعندها يكون المحصول جاهز للحصاد.

16.10.2 إعدادات البرنامج Program settings

من قائمة خصائص المحصول، يمكن للمستخدم الوصول إلى إعدادات البرنامج (جدول r10.2). إن تأثير الإعدادات على تبخر التربة ونتح المحصول وتوسع الغطاء النباتي وتراجع الغطاء النباتي والإجهاد ات مشروحة في الفقرات ذات الصلة في الفصل الثالث – مخطط الحساب (Calculation procedures)Chapter 3.

الجدول r10.2: إعدادات البرنامج التي تؤثر على تبخر التربة ونتح المحصول وتطور المحصول والإنتاج وتأثير إجهادات الملوحة والمياه.

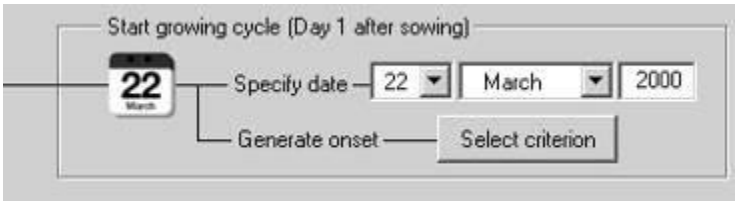
Symbol رمز	Program parameter بارامترات البرنامج	Default القيمة الافتراضية
	Soil evaporation تبخر التربة	
f_K	▪ Evaporation decline factor for stage II عامل تراجع التبخر للمرحلة الثانية	4
Ke_x	▪ Soil evaporation coefficient for fully wet and non-shaded soil surface معامل تبخر التربة من أجل سطح تربة كامل الرطوبة وغير مظلل	1.10
-	Harvest Index مؤشر الحصاد ▪ Threshold for green canopy cover below which HI can no longer increase due to inadequate photosynthesis (% cover) عتبة الغطاء النباتي الأخضر التي يتوقف تحتها مؤشر الحصاد عن الزيادة بسبب عدم كفاية التركيب الضوئي (% الغطاء).	5 %
-	Germination الإنبات ▪ Minimal soil water content required for germination at sowing depth (% TAW) الحد الأدنى من المحتوى المائي للتربة اللازم للإنبات عند عمق البذار (كنسبة مئوية من إجمالي المياه المتاحة في التربة).	20 %
Zo	Root zone منطقة الجذر ▪ Starting depth of the root zone expansion curve (% of minimum effective rooting depth) العمق الابتدائي لمنحني توسع منطقة الجذر (كنسبة مئوية من الحد الأدنى لعمق التجذير الفعال)	% 70
-	▪ Shape factor for the curve describing the effect of water stress (relative transpiration) on root zone expansion عامل الشكل للمنحني الذي يصف تأثير إجهاد المياه (النتح النسبي) على توسع منطقة الجذر.	6-

-	Senescence شيخوخة الغطاء النباتي ▪ Shape factor (exponent a) for an adjustment factor of Kcb_x, considering the drop in photosynthetic activity of dying crop عامل الشكل (الأسي أ) لعامل التعديل مع الأخذ بعين الاعتبار انخفاض نشاط التركيب الضوئي للمحصول الميت.	1
β	▪ Decrease of p(sen) once canopy senescence is triggered (% of $p_{(sen)}$) تناقص p(sen) عندما تبدأ شيخوخة الغطاء النباتي (كنسبة مئوية من P(sen)).	12 %
-	Stresses الإجهادات ▪ Aeration stress: Number of days after which deficient aeration is fully effective إجهاد التهوية: عدد الأيام التي يكون بعدها نقص التهوية فعالا تماماً.	days 3
f_{adj}	▪ Water stress: Adjustment factor for the ETo correction of the soil water depletion (p) (fraction of default FAO adjustment) الإجهاد المائي: عامل التعديل لتصحيح البخر-نتح المرجعي لاستهلاك مياه التربة (كجزء من تعديل الفاو الافتراضي).	1.0
Z_{top}	Top soil • Considered thickness of top soil for the estimate of soil water stress in the top of the soil profile السماكة المعتبرة للتربة السطحية لتقدير إجهاد التربة المائي في قمة مقطع التربة.	10 cm

11.2 بداية دورة النمو Start of the growing cycle

يتم تحديد بداية دورة النمو في القائمة الرئيسية (الشكل a11.2) عن طريق

- تحديد التاريخ specify date
- توليد بداية generate onset بالاعتماد على الهطول المطري أو درجة حرارة الهواء.



الشكل a11.2: لوحة في القائمة الرئيسية حيث يتم تحيد بداية دورة النمو.

1.11.2 تاريخ محدد Specified date

يحدد المستخدم اليوم الأول لبداية دورة النمو المراقبة أو المخطط لها (أي اليوم الأول بعد البذار أو الغرس). إذا تم ربط البيانات المناخية المختارة بسنة معينة، فإن بداية فترة النمو تكون أيضاً مرتبطة مع تلك السنة. أذا كانت البيانات المناخية مؤلفة من عدة سنوات، فإن بداية فترة النمو تحدث في السنة الأولى لمجموعة البيانات المناخية. يمكن تعديل السنة في اللوحة.

2.11.2 بداية مولدة Generated onset

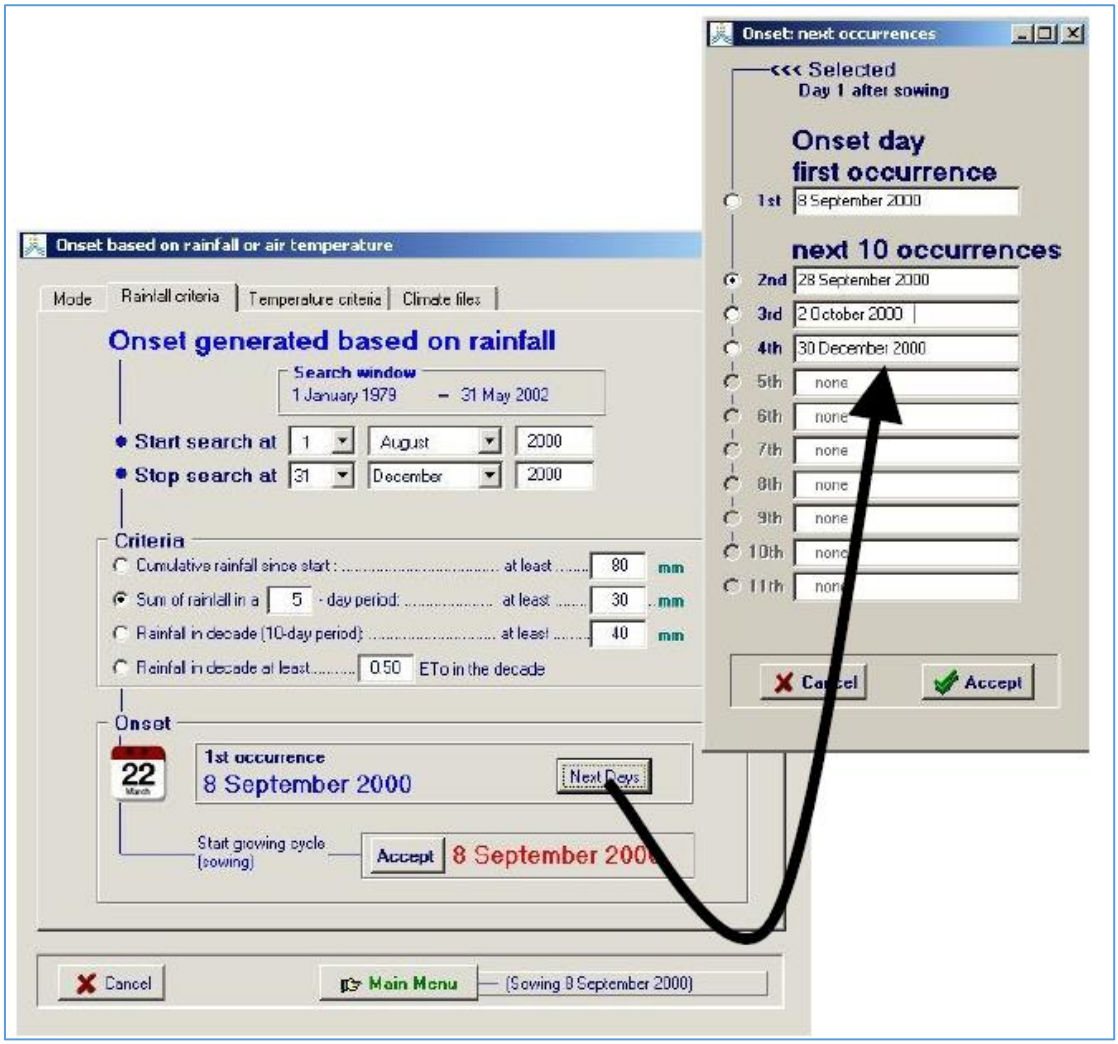
- **بداية مولدة بالاعتماد على الهطول المطري Onset generated based on rainfall**

في زراعة المحاصيل البعلية rainfed cropping، يتم تحديد موعد البذار أو الغرس عادة من خلال حوادث الهطول المطري. يتم عرض قائمة البداية بالاعتماد على الهطول المطري *Onset based on rainfall* من خلال اختيار الأمر تحديد معيار <Select criterion> في القائمة الرئيسية (الشكل.b11.2). عن طريق اختيار معيار أو آخر، يتم تحديد بداية دورة النمو عن طريق تقييم (تخمين) بيانات الهطول المطري المحددة في ملف بيانات المطر المحدد. عن طريق تحديد اليوم الأول واليوم الأخير في نافذة البحث Search Window، يتم فقط تقييم الهطول المطري ضمن النافذة المحددة. يمكن اختيار المعايير التالية لتحديد بداية دورة النمو:

- الهطول المطري التراكمي cumulative rainfall منذ بداية فترة البحث يساوي أو يتجاوز قيمة محددة مسبقاً.
- الهطول المطري المراقب observed rainfall خلال عدد من الأيام المتعاقبة يساوي أو يتجاوز قيمة محددة مسبقاً.
- الهطول المطري لعشرة أيام 10-day rainfall يساوي أو يتجاوز قيمة محددة مسبقاً.
- الهطول المطري لعشرة أيام 10-day rainfall يتجاوز جزءا محددا مسبقاً للبخر-نتح لعشرة أيام ET_0 10-day.

إن الخيارين الأخيرين مفيدان بشكل خاص إذا كان الهطول المطري متوفر فقط بفواصل زمنية 10-أيام أو قيم شهرية.

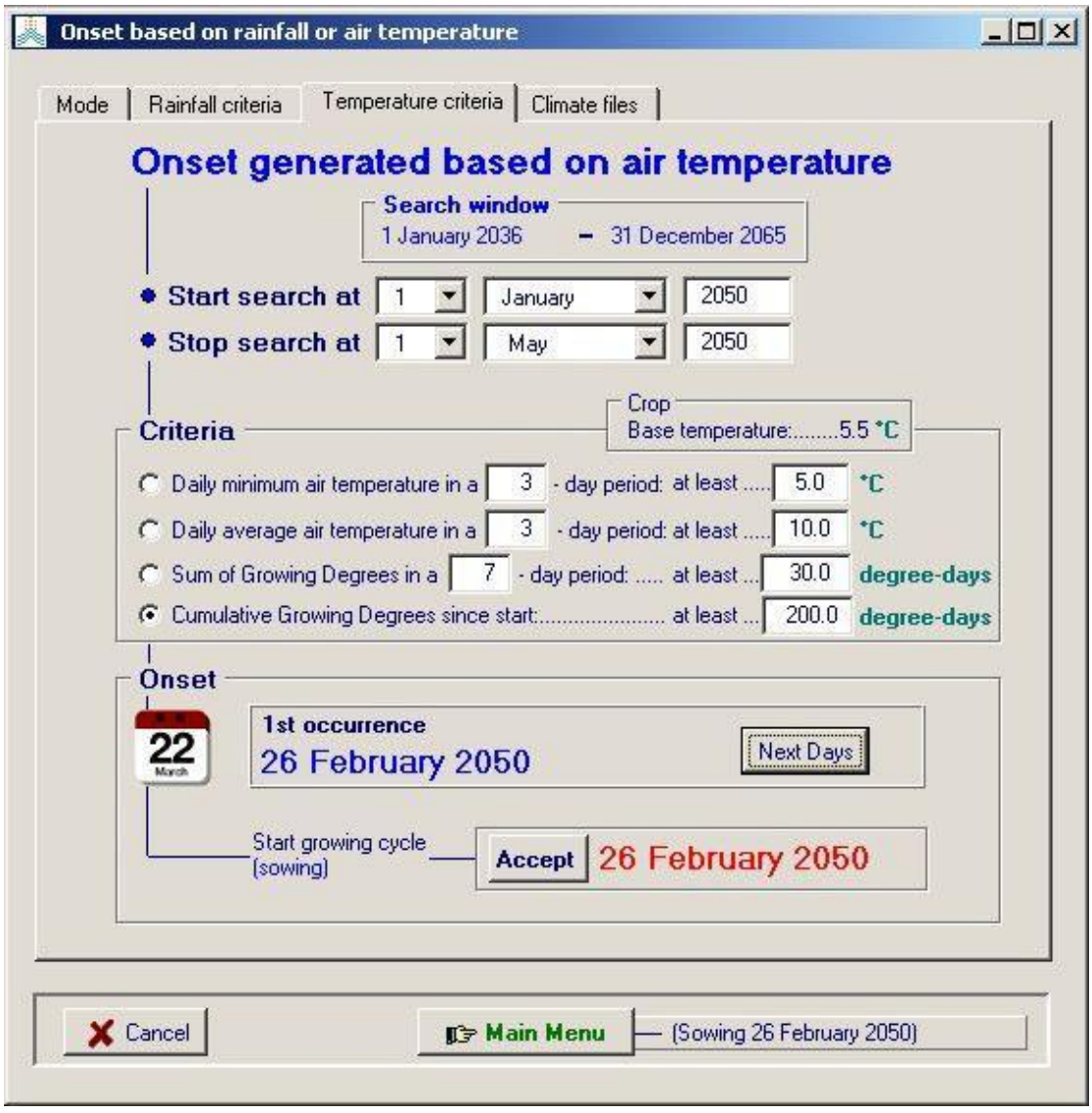
إن الحدوث الأول لتاريخ البداية onset date هو التاريخ الأول الذي يتحقق فيه المعيار المحدد. يتم عرض الحوادث الـ 10 التالية لأيام البداية onset days عند النقر على الأمر "الأيام التالية " <Next day's>. عندما تكون بداية الفصل الماطر غير مؤكدة عند الحدوث الأول للمعيار المحدد، فإن اختيار واحد من الحوادث التالية المعروضة أو تحديد معيار أكثر صرامة قد يؤدي إلى تجنب الشيخوخة المبكرة لأوراق الغطاء النباتي وفشل المحصول الكامل بعد الإنبات.



الشكل b11.2: قائمة البداية بالاعتماد على الهطول المطري *Onset based on rainfall*، حيث تكون بداية فترة النمو محددة من خلال تجاوز قيمة 30 مم للهطول المطري في فترة 5 أيام متتالية، حيث يبدأ العد من 1 آب عام 2000 (بداية نافذة البحث).

- **البداية المولدة بالاعتماد على درجة حرارة الهواء Onset generated based on air temperature**

من المرجح أن يزيد التغير المناخي من درجة حرارة الهواء في العديد من المناطق. لتقدير مواعيد الزراعة للسنوات المقبلة لمحاصيل الربيع في المناخات الباردة، فإن برنامج AquaCrop يوفر إمكانية لتوليد تاريخ البذار أو الغرس بالاعتماد على درجة حرارة الهواء. عن طريق اختيار معيار أو آخر، يتم توليد تاريخ البذار أو الغرس المحتمل عن طريق تقييم بيانات درجة حرارة الهواء المحددة في ملف بيانات درجة حرارة الهواء Air temperature. عن طريق تحديد اليوم الأول واليوم الأخير في نافذة البحث Search Window، يتم فقط تقييم بيانات درجة الحرارة ضمن النافذة المحددة (الشكل c11.2).



الشكل c11.2: اختيار معيار درجة الحرارة في قائمة البداية بالاعتماد على الهطول المطري أو درجة حرارة الهواء *Onset based on rainfall or air temperature*.

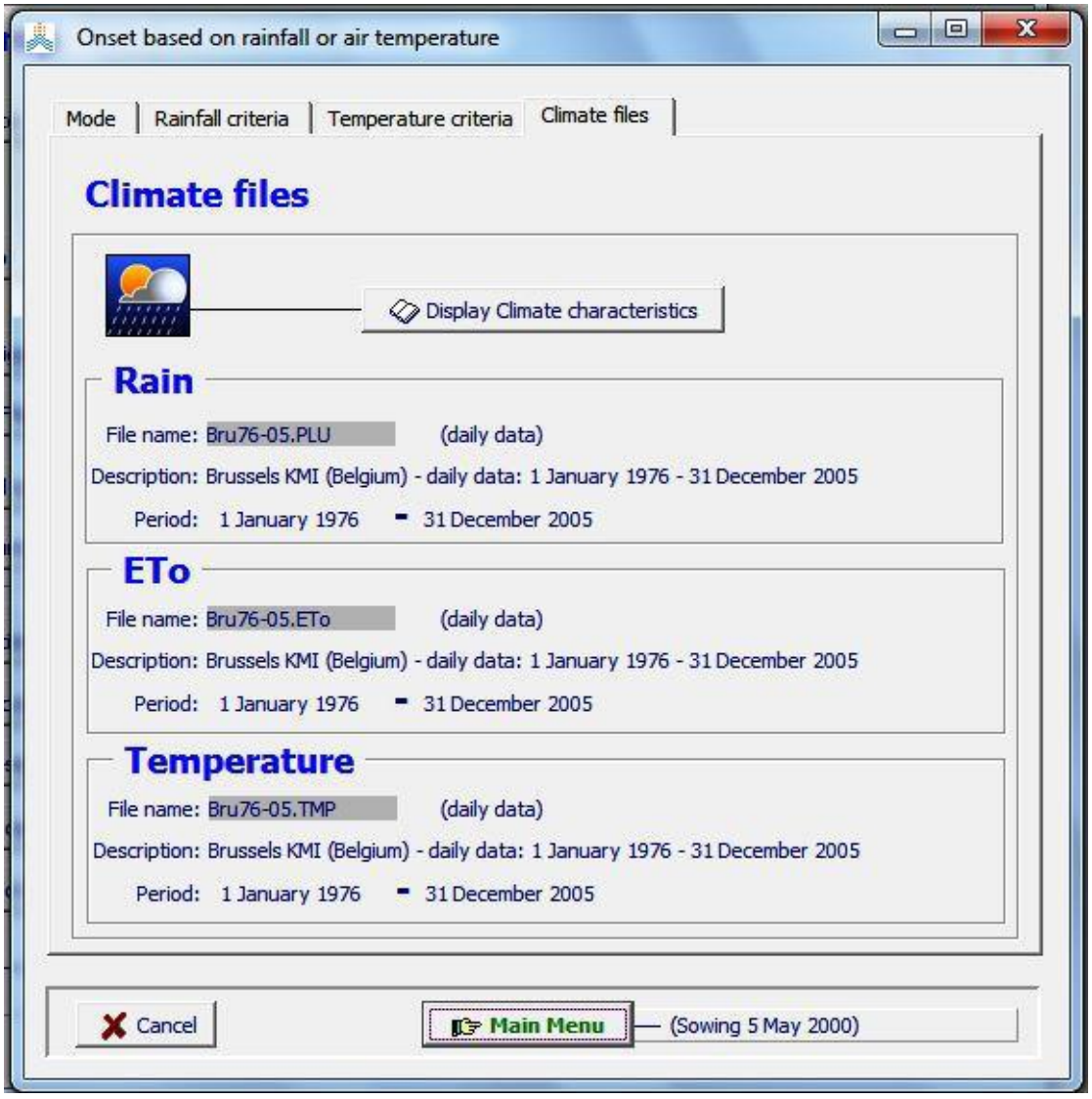
يمكن اختيار المعايير التالية لتحديد بداية دورة النمو بالاعتماد على درجة حرارة الهواء:

- الحد الأدنى لدرجة حرارة الهواء اليومية daily minimum air temperature في كل يوم لعدد من الأيام المتعاقبة يساوي أو يتجاوز حد أدنى محدد لدرجة حرارة الهواء.
- متوسط درجة حرارة الهواء اليومية daily average air temperature في كل يوم لعدد من الأيام المتعاقبة يساوي أو يتجاوز قيمة متوسطة محددة لدرجة حراة الهواء.
- مجموع درجات الحرارة النمو sum of Growing Degrees في عدد من الأيام المتعاقبة يساوي أو يتجاوز درجات حرارة النمو المحددة specified growing degree days.
- درجات حرارة النمو التراكمية cumulative Growing Degrees منذ بداية فترة البحث search period تساوي أو تتجاوز درجات حرارة النمو المحددة .specified growing degree days

إن الحدوث الأول لتاريخ البداية onset date هو أول تاريخ يكون من أجله المعيار المحدد محقق. يتم عرض الحوادث الـ 10 التالية لأيام البداية onset days عند اختيار الأمر "الأيام التالية " <Next day's>.

- **عرض خصائص المناخ Display climate characteristics**

يمكن عرض معلومات نظام درجات الحرارة والتبخر-نتح المرجعي والهطول المطري عند اختيار الأمر عرض خصائص المناخ 'Display Climate characteristics' في واجهة ملفات المناخ 'Climate files' (الشكل d11.2).



الشكل d11.2: الأمر المفتاحي عرض خصائص المناخ 'Display Climate characteristics' في واجهة ملفات مناخية 'Climate files' في قائمة اليوم الأول استنادا إلى المطر أو درجة الحرارة *Onset based on rainfall or air temperature*

12.2 إدارة الري Irrigation management

يمكن عرض إدارة الري المختارة في قائمة "عرض إدارة الري" *Display of irrigation management*ويمكن تحديثها في قائمة " إدارة الري" *Irrigation management* (الشكل a12.2). يمكن أخذ أنماط مختلفة modes من الري بالاعتبار في برنامج AquaCrop. يوجد عدة خيارات:

I. زراعة المحاصيل البعلية rainfed cropping (لا يوجد ري في الموسم) وهو الإعداد الافتراضي.
II. تحديد احتياج الري الصافي Determination of Net irrigation water requirement
III. جدول الري Irrigation Schedule بتحديد عمليات الري events لتقييم جدول ري محدد مسبقا.
IV. إعداد جدول ري Generation of Irrigation Schedule عن طريق تحديد معيار للزمن time ولكمية الري irrigation depth للتخطيط أو لتقييم استراتيجية ري محتملة.

الشكل a12.2: اختيار نمط الري mode من قائمة إدارة الري Irrigation management.

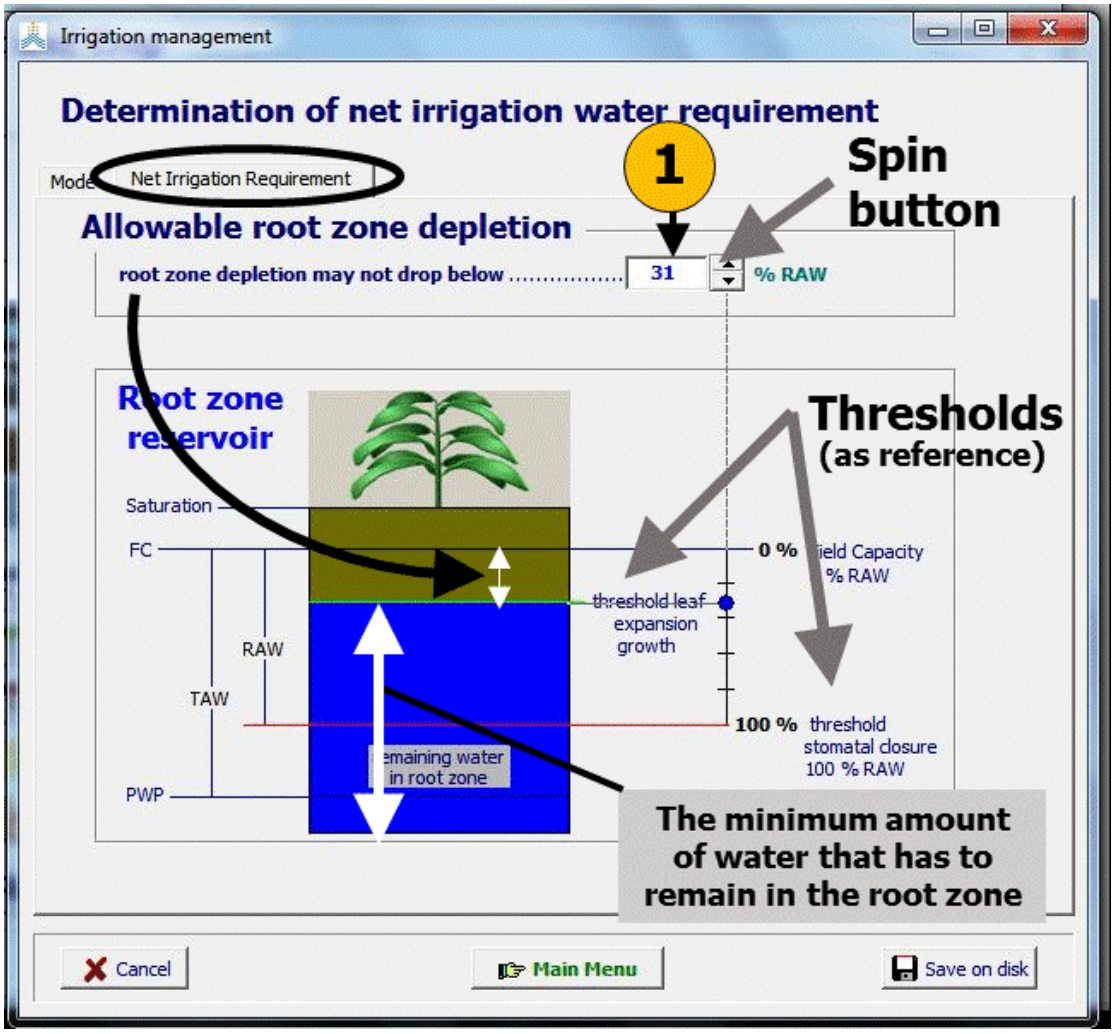
1.12.2 بدون ري (المحاصيل البعلية) No irrigation (rainfed cropping)

عند اختيار هذا الخيار (وهو الخيار الافتراضي) فإنه لا يتم توليد أي عمليات ري أثناء تشغيل المحاكاة.

2.12.2 تحديد احتياج الري الصافي Determination of net irrigation water requirement

يقوم برنامج AquaCrop خلال تشغيل المحاكاة بحساب كمية المياه اللازمة لتجنب (حد معين) من الإجهاد المائي للمحصول، عند اختيار هذا الخيار. عندما يتجاوز نضوب منطقة الجذر قيمة عتبة معينة (50% من ماء التربة السهل الامتصاص RAW هي القيمة الافتراضية)، سيتم تخزين كمية صغيرة من مياه الري في التربة للحفاظ على قيمة لاستهلاك منطقة الجذر أعلى بقليل من العتبة المحددة. هذا ويمكن تعديل عتبة استهلاك منطقة الجذر المسموح بها (شكل b12.2). تعطى قيمة العتبة التي يبدأ عندها إعاقة توسع الأوراق ويبدأ إغلاق المسامات بإعاقة نتح المحصول كقيمة مرجعية للمحصول المختار.

إن الكمية الإجمالية لمياه الري المطلوبة للحفاظ على محتوى المياه في التربة فوق العتبة هو الاحتياج الصافي للري لتلك الفترة. إن الاحتياج الصافي لا يأخذ بعين الاعتبار المياه الإضافية المستعملة أو المطبقة applied على الحقل للتعويض عن فواقد النقل أو التوزيع غير المتساوي لمياه الري على الحقل.



شكل b12.2: تحديد استهلاك مياه منطقة الجذور المسموح لتحديد احتياج الري الصافي في قائمة إدارة الري *Irrigation management*.

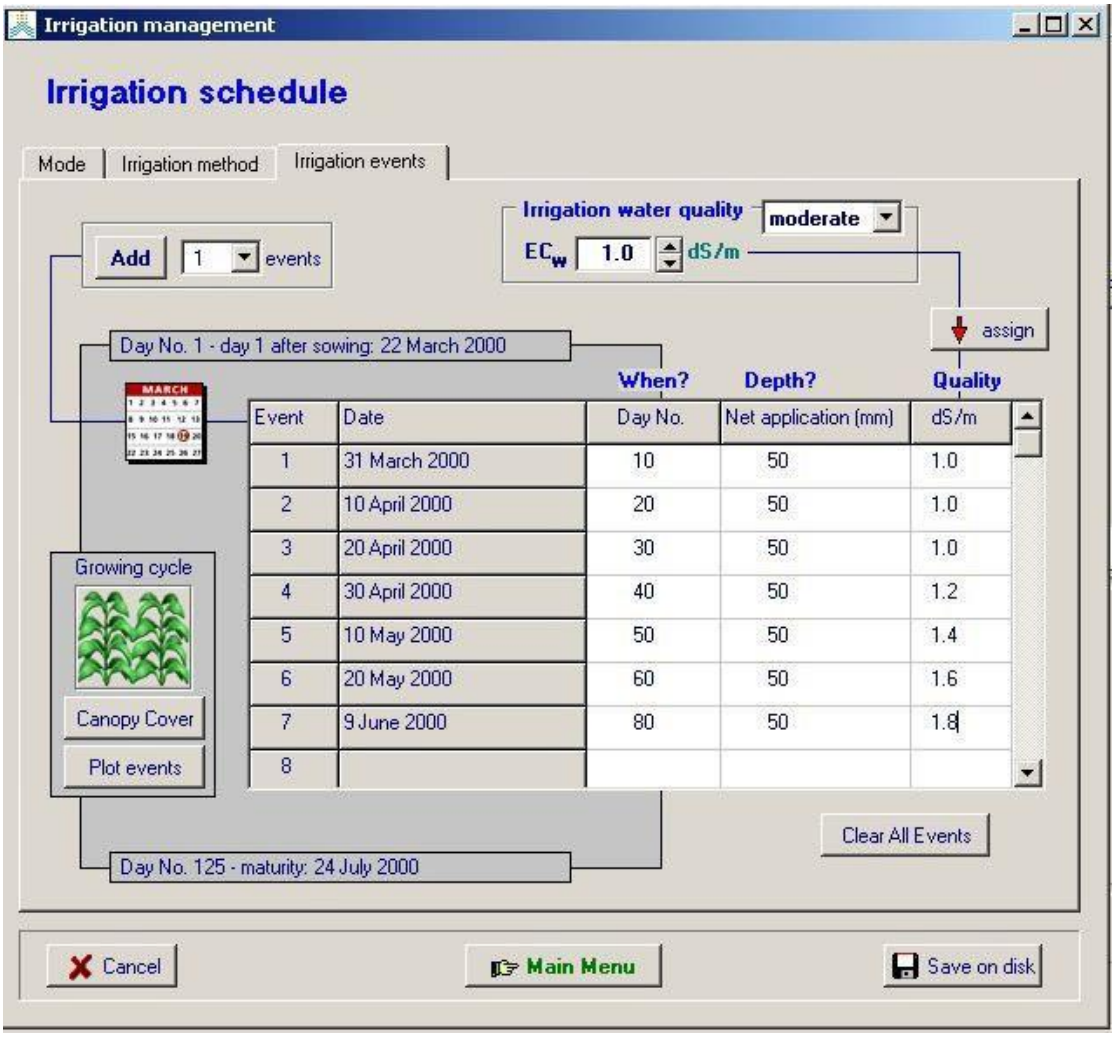
3.12.2 جدول الري (عمليات الري المحددة) Irrigation schedule (specified events)

يستخدم جدول الري لتقييم جدول ري محدد مسبقا، يحدد المستخدم لكل عملية ري (شكل c12.2):

- **زمن إضافة مياه الري time of application:** يتم إدخال التاريخ كعدد أيام بعد البذار (DAS).

- **المقنن المائي (كمية الري application depth):** يقصد بالمقنن المائي كمية مياه الري التي ترشح في الحقل، إن المياه الزائدة المطبقة على الحقل لتكون مسؤولة عن فواقد النقل والتوزيع غير المتساوي لمياه الري على الحقل لا ينبغي أن تضاف.
- **ونوعية المياه water quality:** يتم تحديد الناقلية الكهربائية لمياه الري(EC) في حال استخدام مياه سيئة النوعية.

يمكن رسم تطور الغطاء النباتي للمحصول المختار وعمليات الري خلال الموسم كمرجع. يمكن تقييم فاعلية جدول الري واستجابة المحصول باختبار النتائج في قائمة تشغيل المحاكاة ***Simulation run.*** يمكن للمستخدم أن يدرس استنفاذ منطقة الجذور (Dr), وتطور الغطاء النباتي (CC), ونتح المحصول (Tr) التي تمت محاكاتها ورسمها. قد تقدم القيم المحاكاة للكتلة الحيوية (B) وغلة المحصول(Y) وانتاجية ماء البخر (WP_{ET}) معلومات قيمة عن فاعلية الجدول. يمكن تفحص إمكانية تحسن غلة المحصول(Y) وانتاجية ماء البخر (WP_{ET}) بإضافة أو حذف عملية ري و/أو بزيادة أو تقليل الفاصل الزمني لعمليات الري أو المقنن المائي.

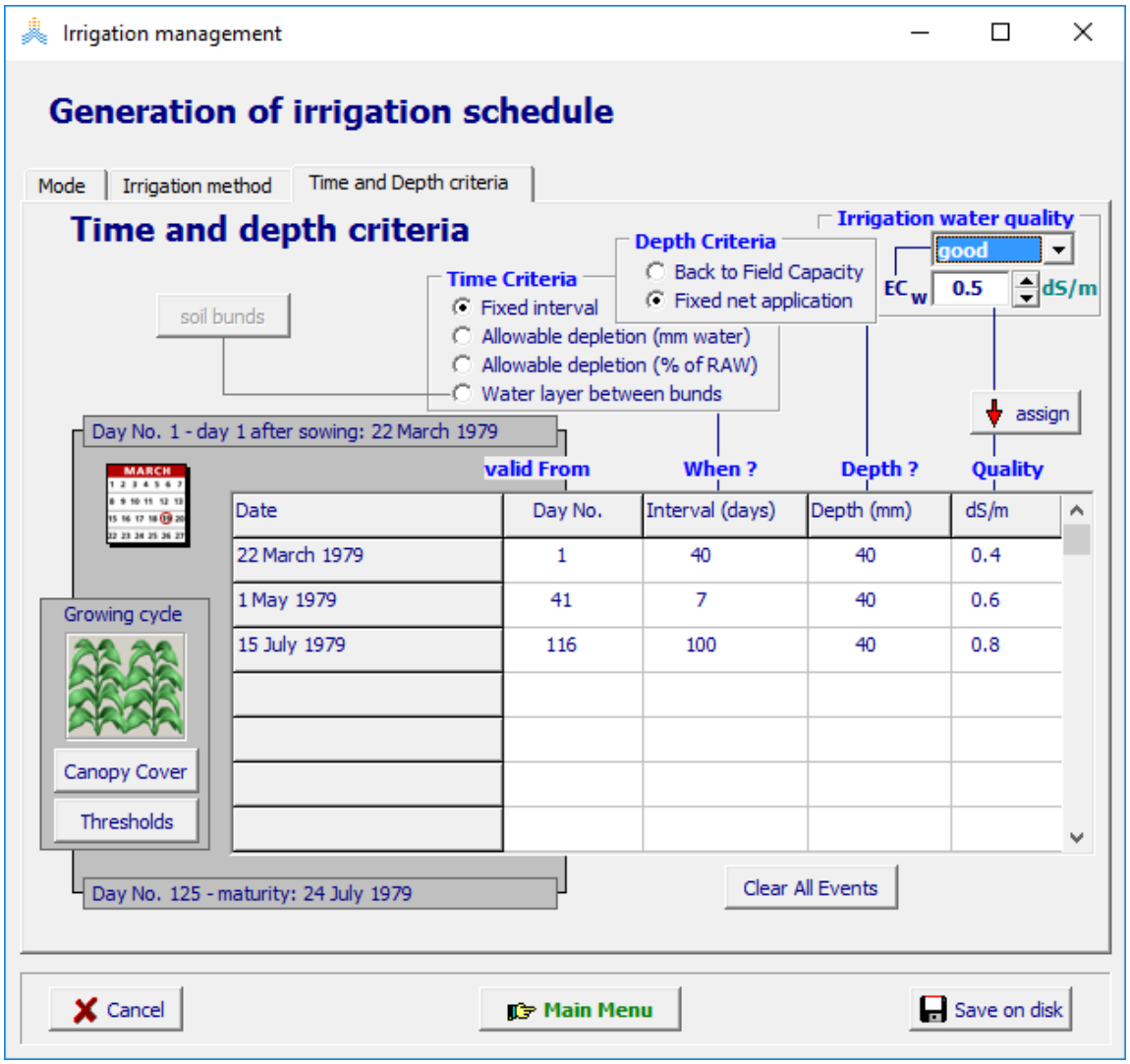


الشكل c12.2: مواصفات زمن إضافة مياه الري والمقنن المائي (كمية مياه الري الصافية) ونوعية المياه لعمليات الري.

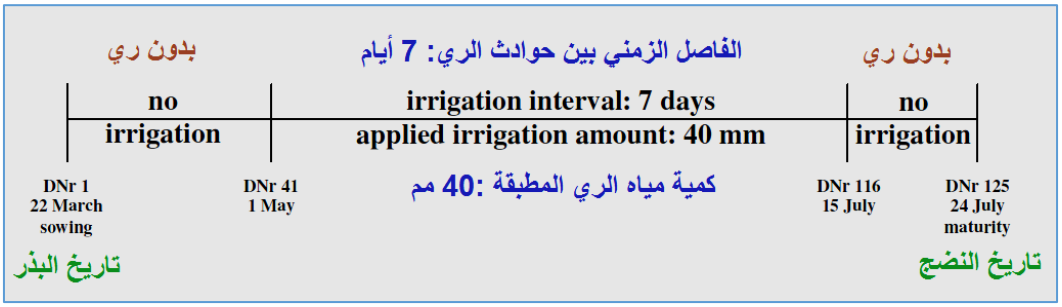
4.12.2 إعداد جداول ري Generation of irrigation schedules

يتيح هذا الخيار إعداد جدول ري من أجل تخطيط أو تقييم استراتيجية ري معينة. أثناء تشغيل المحاكاة، يمكن توليد حوادث ري عن طريق تحديد موعد ري وكمية المياه المضافة. إن معيار التوقيت time يحدد "متى" When يجب تطبيق ري، في حين أن معيار العمق depth يحدد "كم" How much كمية المياه التي يجب إضافتها (استخدامها applied). إن معايير التوقيت والعمق مع البارامترات المقابلة الخاصة بهم والتي تحتاج إلى تحديد معروضة في الجدول a12.2 والجدول b12.2. يمكن رسم الغطاء النباتي والعتبات المختلفة للإجهاد المائي للمحصول المختار كمرجع.

بعد اختيار المعايير، فإنه يجب تحديد القيم المرتبطة مع معايير التوقيت والعمق (كمية المياه) ونوعية المياه (الشكل d12.2).
إن القيم المحددة عند يوم معين من فترة زراعة المحصول cropping period ستكون صالحة حتى الوصول إلى تاريخ يتم فيه تحديد قيمة أخرى أو حتى نهاية فترة زراعة المحصول إذا لم تحدد أية قيم في تواريخ لاحقة. يمكن أيضاً تعديل أو ضبط قيم تطور المحصول أو التوقيت في الموسم. الشكل 12.2 e يظهر الجداول الزمنية للري المولدة على النحو المحدد في الشكل d12.2.



الشكل d12.2: تحديد جدول ري بحيث تكون الفواصل الزمنية interval (days) بين حوادث الري متغيرة خلال الموسم، بينما يكون عمق التطبيق (كمية مياه الري) Depth (mm)ثابتا ويكون هناك تدهور في نوعية مياه الري Quality dS/m.



الشكل e12.2: الجدول الزمني للري كما هو محدد في الشكل d12.2.

الجدول a12.2: معايير التوقيت مع البارامترات المقابلة:

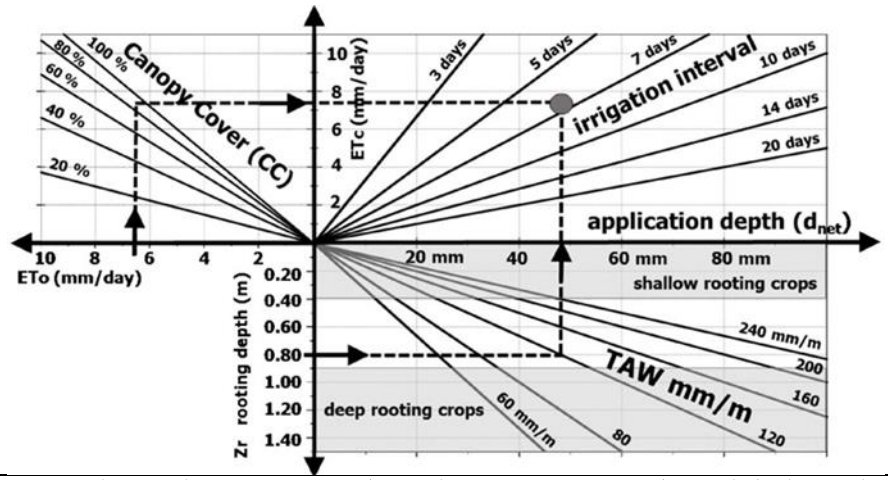
Criterionالمعيار	Parameter المعامل (البارامیتر)
Fixed interval (days) فاصل زمني ثابت بين الريات	Interval between irrigations (for example 10 days) الفواصل الزمنية بين الريات (على سبيل المثال 10أيام)
Allowable depletion (mm water) الاستهلاك المائي المسموح به (مم مياه)	Amount of water that can be depleted from the root zone (the reference is soil water content at field capacity) before an irrigation has to be applied (for example 30 mm) كمية المياه المسموح استهلاكها من منطقة الجذور قبل الري مرة أخرى
Allowable depletion (% of RAW) النسبة المسموح استهلاكها من الماء سهل الامتصاص	Percentage of RAW that can be depleted before irrigation water has to be applied (for example 100 %) النسبة المئوية من RAW المسموح استهلاكها قبل تطبيق الري
Water layer between bunds (mm water) قيمة معينة للرطوبة يعبر عنها كعمق (ماء بالمم)	Threshold for the depth of the surface water layer that should be maintained between the soil bunds (for example 5 mm). An irrigation is generated when the level of the water layer reaches the threshold. This time criterion is only applicable when 'Fixed net application' is the depth criterion رطوبة التربة التي يجب أن يتم المحافظة عليها في التربة (مثلا 5 مم). يتم توليد الري عندما تصل رطوبة التربة إلى هذه القيمة المحددة، ينطبق هذا المعيار الزمني فقط عندما يكون معيار العمق هو "عمق تطبيق ثابت"

الجدول b 12.2: معايير العمق (كمية مياه الري) مع البارامترات المقابلة:

Criterionالمعيار	Parameter المعامل (البارامیتر)
Back to Field Capacity (+/- extra mm water) الوصول إلى السعة الحقلية (**-/+** كمية إضافية من الماء بالمم)	Extra water on top of the amount of irrigation water required to bring the root zone back to Field Capacity. The specified value can be zero, positive or negative: الكمية التي يجب أن تضاف إلى الكمية اللازمة من المياه للوصول إلى السعة الحقلية. يمكن أن تكون صفرا أو موجبة أو سالبة. ▪ zero: the applied irrigation will bring the soil water content in the root zone at Field Capacity (reached at the end of the day); صفر: الري المطبق سيعيد رطوبة التربة في منطقة الجذر إلى قيمة السعة الحقلية (يتم الوصول إليها في نهاية اليوم) positive: an over irrigation is planned for example for leaching purposes (for example + 20 mm); موجب: عندما يتم التخطيط لري زائد من أجل غسل الأملاح من منطقة الجذور (+20 مم مثلا). negative: an under irrigation is planned for example to profit from expected rainfall (for example – 10 mm) سالبة: عندما يتم التخطيط لري ناقص للاستفادة من هطول مطري متوقع (-10 مم مثلا)
Fixed application depth(mm water) كمية مياه الري التي ستضاف إلى الحقل (مم)	Net irrigation application depth مقنن مائي ثابت (مم)

جدول c12.2: قيم تأشيريه للفواصل الزمنية بين الريات وأعماق التطبيق

يمكن الحصول على قيم تأشيريه للمقنن المائي الصافي الأعظمي والفترة بين الريات في غياب الهطول المطري من المخطط المدرج أدناه وذلك بالأخذ بعين الاعتبار: ظروف الطقس (ETo)، المجموع الخضري للمحصول، عمق الجذور والخصائص الفيزيائية للتربة (TAW). يجب تعديل المقنن المائي الصافي والفترة بين الريات بحسب طريقة الري المطبقة.



مثال: إذا كان عمق االجذور الفعال لمحصول (Zr)هو0.8 مترا, والمحصول مزروع في تربة لومية رملية sandy loam والماء المتاح هو (TAW = 120 mm/m) وعمق تطبيق الري الصافي الأعظمي (d_{net}) هو 48 مم. عندما يكون (ETo) مساويا 6.5 مم/يوم والغطاء النباتي CC مساويا 90% يكون التبخر-نتح للمحصول (ETc) مساويا 7.5 مم/يوم. فيكون الفاصل الزمني بين الريات هو 6.5 يوما.

فرضية: [meter] d_{net} = (0.5) TAW Zr . القيمة 0.5 هي عتبة ممثلة لاستهلاك منطقة الجذور الذي تبدأ عنده المسامات بالإغلاق (50 % TAW).

[mm/day] ETc = (1.2) CC* ETo , حيث CC* هو CC المعدل من أجل تأثيرات الحمل الصغروية micro-advective . القيمة 1.2 هي قيمة تمثيلية للعامل $Kc_{Tr,x}$, ولكن تمت زيادتها لأخذ تبخر التربة بعين الاعتبار.

خصائص طرق الري

طريقة الري	أعماق تطبيق الري التأشيريه
ري سطحي Surface irrigation	الري بالأحواض (Basin): 50 - 150 مم، الري بالشرائح (Border): 40 – 80 مم, الري بالخطوط (Furrow): 30 – 60 مم.
ري بالرذاذ Sprinkler irrigation	مجموعة ثابتة Solid set: 30 – 80 مم، الري بالرذاذ ذو الحركة الخطية linear move والمحوري المركزي Centre pivot والري المدفعي(التيفون)travelling gun : 15 – 35 مم (يمكن أن يصل إلى 80 مم إذا سمحت نفاذية التربة)
ري موضعي Localized irrigation	5 – 25 مم

قيم تأشيريه لمحتوى ماء التربة الكلي المتاح TAW (Total Available Soil Water)لأصناف بنية التربة

تصنيف التربة	TAW (mm/m)		تصنيف التربة	TAW (mm/m)	
	المجال	المتوسط		المجال	المتوسط
Sandy clay loam	90 – 135	120	Sand	55 - 75	70
Clay loam	145 – 175	160	Loamy sand	65 – 85	80
Silty clay loam	195 – 215	210	Sandy loam	110 – 130	120
Sandy clay	100 – 125	120	Loam	155 -185	160
Silty clay	175 – 190	180	Silt loam	170 – 225	200
Clay	135 – 160	150	Silt	225 - 250	240

5.12.2 طريقة الري Irrigation method

الكثير من أنواع أنظمة الري ترطب (تبلل) جزءا فقط من سطح التربة. وبما أن جزءا فقط من التربة هو المبلل (الرطب)، فإن كميات أقل من المياه تتبخر من سطح التربة بعد عملية الري. يتم تعيين قيمة إرشادية للجزء المبلل من سطح التربة من خلال اختيار طريقة ري، (الجدول d12.2). يمكن للمستخدم تغيير القيمة إذا توفرت معلومات أكثر تحديداً من المراقبات الحقلية.

الجدول d12.2: القيم الإرشادية لجزء سطح التربة المبلل لطرق مختلفة من الري.

Irrigation method طريقة الري	Soil surface wetted (%) سطح التربة المبلل
Sprinkler irrigation ري بالرش أو الرذاذ	100
Basin irrigationري بالأحواض (الغمر)	100
Border irrigation ري بالشرائح	100
Furrow irrigation (every furrow), narrow bedري بالخطوط (كل خط) مسكبة ضيقة	60 – 100
Furrow irrigation (every furrow), wide bedري بالخطوط (كل خط) مسكبة واسعة	40 – 60
Furrow irrigation (alternated furrows) ري بالخطوط (تناوب الخطوط)	30 – 50
Trickle/Drip - Micro irrigationري بالتنقيط (ري موضعي –محلي)	15 – 40
Subsurface drip irrigationري بالتنقيط تحت سطحي	0

6.12.2 نوعية مياه الري Irrigation water quality

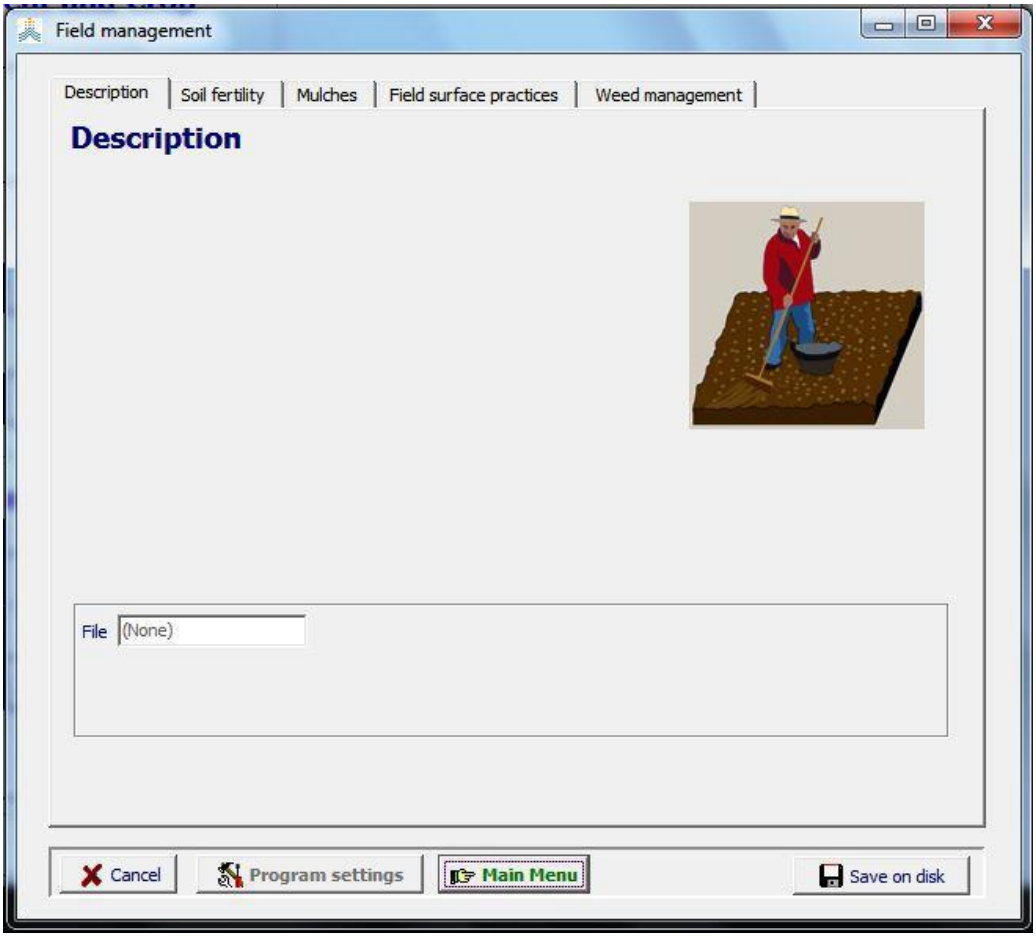
يجب أن تكون نوعية مياه الري محددة لكل عملية من عمليات الري نظراً لأنها يمكن أن تتغير خلال الموسم، (انظر c12.2 وd12.2). يتم التعبير عن نوعية المياه عن طريق الناقلية الكهربائية electrical conductivity(ECw) لمياه الري مقدرة بواحدة القياس ديسي سيمنس بالمتر deciSiemens per meter (dS/m). إذا كانت نوعية المياه ثابتة على مدى دورة المحصول، فعندها يمكن تعيين هذه القيمة الثابتة لكل حوادث الري. الجدول e12.2 يبين القيم الإرشادية للناقلية الكهربائية لفئات مختلفة من مياه الري.

جدول e12.2: قيم تأشيريه لفئات نوعية مياه الري (EC_w).

Class Quality of irrigation water فئة نوعية مياه الري	Range of EC_w Electrical Conductivity (dS/m) مجال الناقلية الكهربائية
excellent ممتازة	0.0 ... 0.2
good جيدة	0.3 ... 1.0
moderateمتوسطة	1.0 ... 2.0
poor رديئة (سيئة)	2.1 ... 3.0
very poor رديئة جداً	> 3.0

13.2 إدارة الحقل Field management

يمكن عرض إدارة الحقل المختارة في قائمة عرض إدارة الحقل *Display of field management* وتحديثها في قائمة إدارة الحقل *Field management*(الشكل a13.2). يتم في هذه القائمة تحديد خيارات لمستويات خصوبة التربة والإجراءات التي تؤثر على موازنة مياه التربة.



الشكل a13.2: قائمة إدارة الحقل *Field management*.

1.13.2 خصوبة التربة Soil fertility

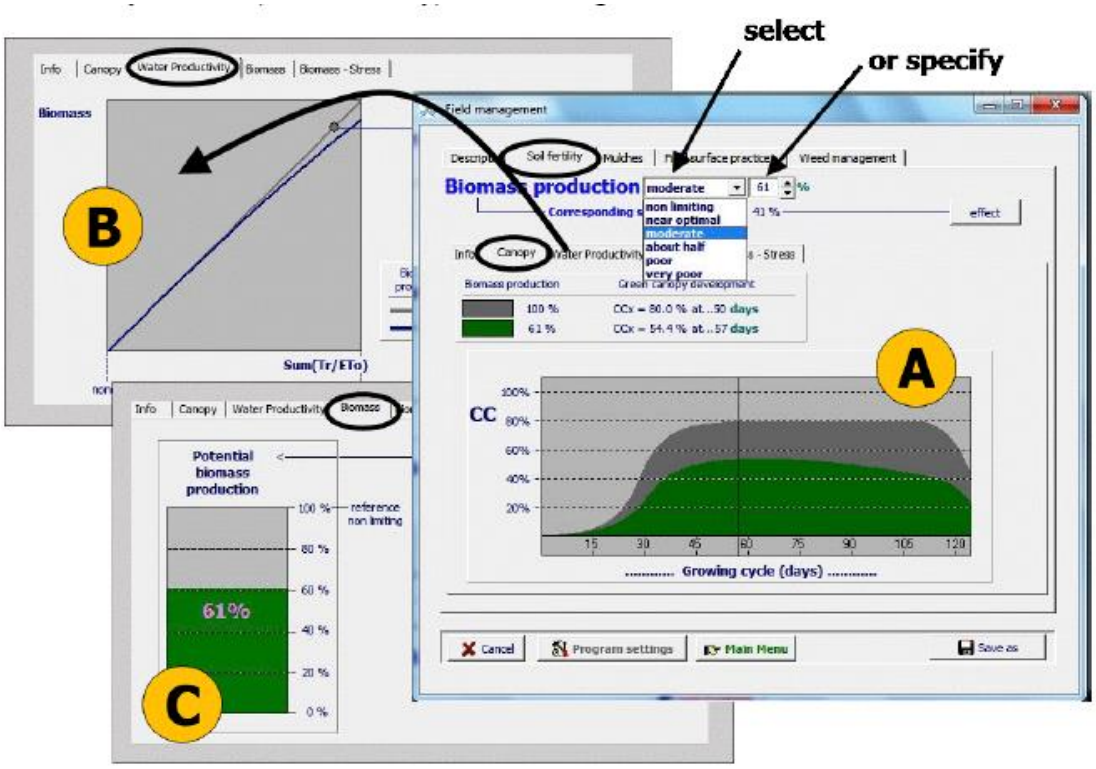
ينخفض إنتاج الكتلة الحيوية من أجل خصوبة تربة محدودة، نتيجة لتأثير خصوبة التربة على (1) تطور الغطاء النباتي CC وبالتالي على نتح المحصول Tr وعلى (2) إنتاجية المياه للكتلة الحيوية *WP. يتم تحديد إنتاج الكتلة الحيوية الأعظمي التي يمكن توقعه كنتيجة لإجهاد خصوبة التربة عن طريق (شكل b13.2):

- اختيار واحدة من الفئات التي تتراوح من غير محدودة non limiting إلى رديئة جداً very poor (الجدول a13.2)، أو
- تحديد إنتاج الكتلة الحيوية النسبية بشكل مباشر في قائمة إدارة الحقل.

إن إنتاج الكتلة الحيوية النسبي ($B_{rel} = B_{stress}/B_{ref}$) هو الإنتاج الأعظمي للكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة (B_{stress})الذي يمكن توقعه في نهاية دورة النمو في حقل يعاني من إجهاد الخصوبة بالمقارنة مع الإنتاج في بيئة خالية من الإجهاد (B_{ref}). B_{stress} و B_{ref}يجب أن تقاسا في حقول جيدة الترطيب (لا تعاني من الإجهاد المائي) وخال من أي عوامل إجهاد أخرى كالأعشاب الضارة والحشرات والأمراض و الملوحة. يمكن الحصول على قيمة Bstress من المزارعين أو التجارب الحقلية أو الإحصاءات الزراعية لإنتاج المحاصيل المحلية (هي B في عام جيد المطر وفي ظروف إجهاد مائي خفيف أو معدوم خلال دورة النمو). يمكن الحصول على قيمة Bref من تجارب في حقول قريبة أو من المنشورات عن مستويات الغلة المحتملة أو

بتطبيق شريط كامل المغذيات في قسم واحد من الحقل. كذلك يمكن لمحاكاة النموذج أن تعطي تقديرا لمستويات الكتلة الحيوية لظروف الزراعة المحلية في غياب أي نوع من الإجهادات. إن استجابة المحصول لخصوبة التربة ستكون مختلفة في حال حدوث إجهادات إضافية (ماء، ملوحة) خلال الموسم.

من أجل إنتاج الكتلة الحيوية الأعظمي المختار، يقوم برنامج AquaCrop بعرض (1) تطور الغطاء النباتي و (2) وإنتاجية المياه المقابلة لكمية الكتلة الحيوية المنتجة و(3) إنتاج الكتلة الحيوية الأعظمي المتوقع و(4) العلاقة المعايرة بين الكتلة الحيوية وبين الإجهاد calibrated biomass-stress relationship و (5) القيم المعدلة لبارامترات محصول معينة (الشكل b13.2).

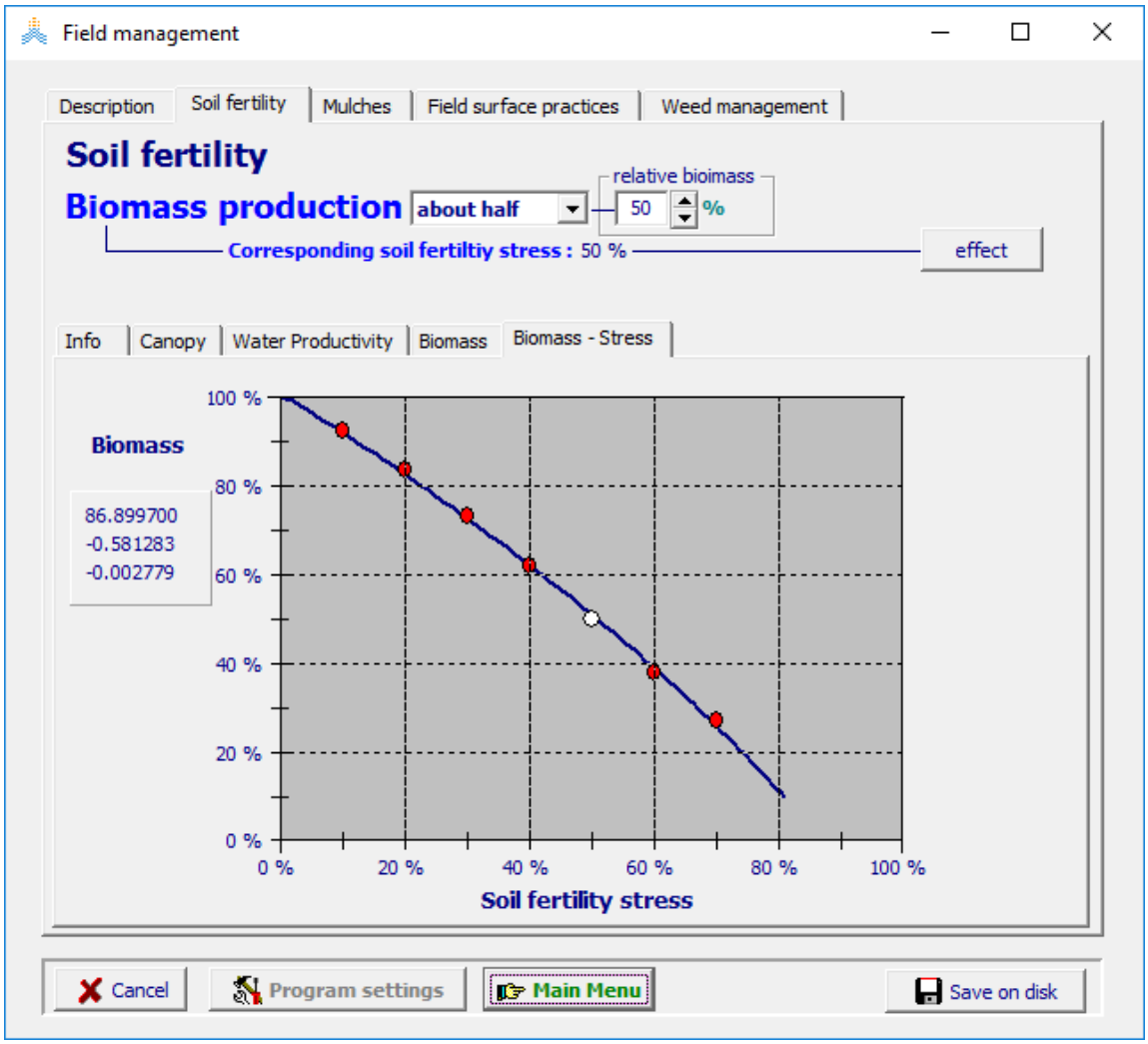


شكل b13.2: واجهة خصوبة التربة 'Soil fertility' في قائمة إدارة الحقل *Field management* حيث يتم تحديد القيمة النسبية الأعظمية للكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة التي يمكن توقعها في حقل معرض لإجهاد خصوبة التربة والتأثير على (a) الغطاء النباتي canopy cover (b) انتاجية المياه water productivity (c) انتاج الكتلة الحيوية المحتمل potential biomass production والتي تعرض في صفحات مبوبة مختلفة.

الجدول a13.2: الفئات والقيم الافتراضية المقابلة لها ومجالات خصوبة التربة.

Class الفئة	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
Non-limiting غير محدودة	100 %	99 – 100 %
Near optimal قريبة من المثالية	80 %	76 – 98 %
Moderate معتدلة	60 %	56 – 75 %
About half قرابة النصف	50 %	45 – 55 %
Poor فقيرة	40 %	35 – 44 %
Very poor فقيرة جداً	25 %	34 – 20 %

إن علاقة الكتلة الحيوية بالإجهاد Biomass-stress (الشكل c13.2)، المعايرة في قائمة خصائص المحصول، تحدد إجهاد خصوبة التربة المقابل وعلى هذا النحو تحدد قيم معاملات الإجهاد ($K_{Sexp,f}$, K_{SWp}, K_{SCCx}, $f_{CDecline}$).



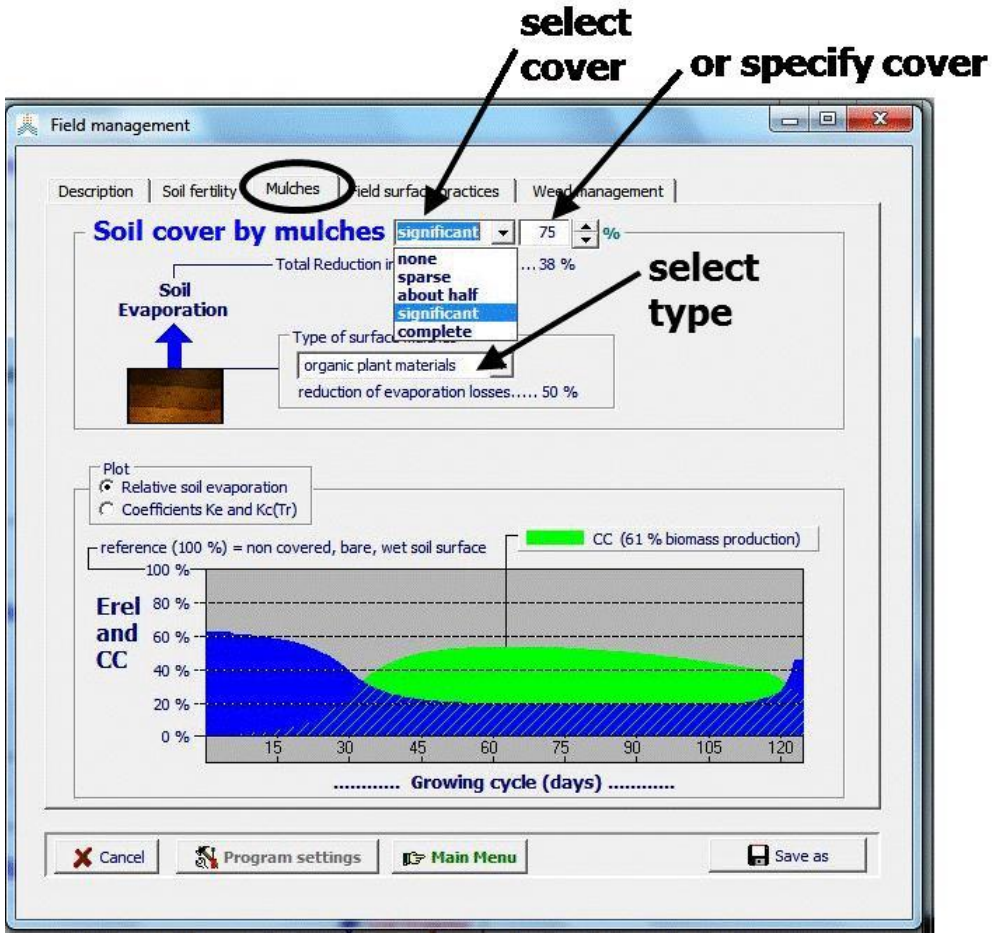
الشكل c13.2: عرض علاقة الكتلة الحيوية-الإجهاد المعايرة calibrated Biomass-stress في قائمة إدارة الحقل.

2.13.2 تغطية التربة (تغطية عضوية أو بلاستيكية) Mulches

التغطية التي تغطي سطح التربة سوف تؤثر في تبخر التربة. اعتمادا على نوع التغطية Type of surface mulches وعلى الجزء المغطى من سطح التربة fraction of soil surface covered فإن التراجع في تبخر التربة يمكن أن يكون كبيراً أو صغيراً. يقوم المستخدم بتحديد:

- درجة تغطية التربة degree of soil cover
- نوع التغطية السطحية type of surface mulches:
  - التغطية البلاستيكية الاصطناعية Synthetic plastic mulches، والتي تقلل تماما تبخر الماء من سطح التربة (100%).
  - التغطية العضويةOrganic mulches ، والتي تتكون من بقايا النباتات أو من مواد غريبة (من خارج الحقل) مستوردة إلى الحقل مثل التبن (القش) straw، وتقلل من تبخر التربة بنسبة 50%.
  - التغطية المحددة من قبل المستخدم User specified mulches، والتي من أجلها يكون الانخفاض في تبخر التربة محدداً من قبل المستخدم.

إن الانخفاض الكلي في تبخر التربة المقابل Total Reduction in sol evaporation وتبخر التربة النسبي Relative soil evaporation (أو معامل تبخر مياه التربة ومعامل نتح المحصول (Coefficients Ke and Kc(Tr)) موضح في الشكل d13.2.



الشكل d13.2: عرض تأثير تغطية سطح التربة على تبخر مياه التربة.

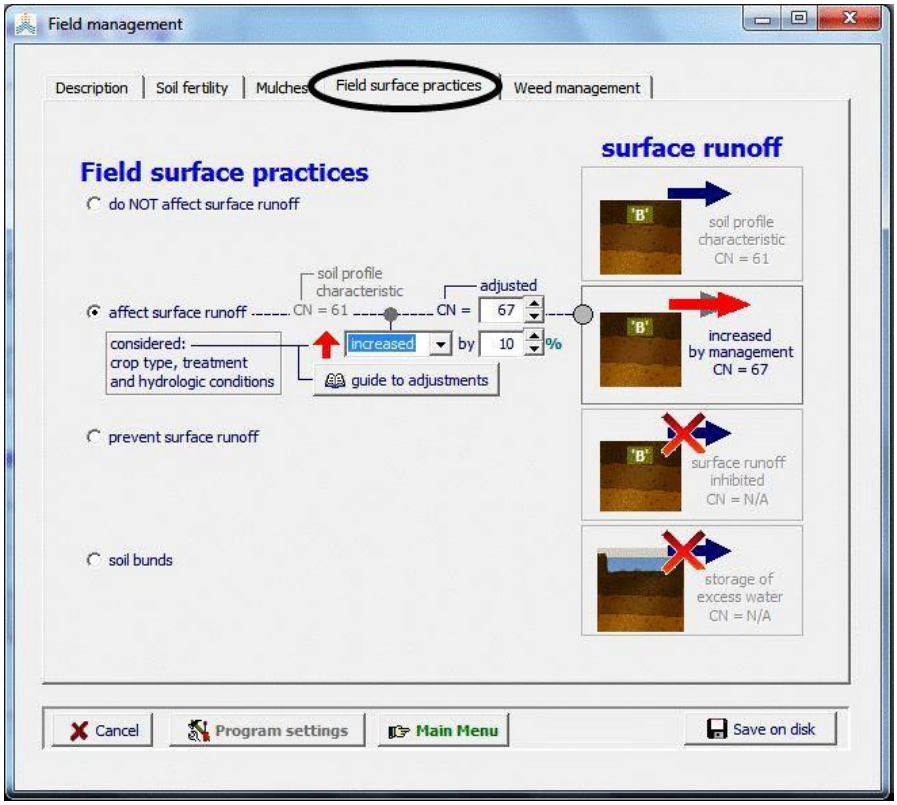
3.13.2 إجراءات تشكيل الحقل Field surface practices

يتم تقدير كمية الهطول المطري الذي يضيع بالجريان السطحي بواسطة رقم المنحني (الفصل الثالث). يتبع رقم المنحني Curve number (CN) لخصائص مقطع التربة (CN_{soil}), إن إجراءات تشكيل الحقل والحواجز الترابية (أحواض ترابية) soil bunds ربما تمنع خسارة جزء من الهطول المطري الغزير أو فائض الري كجريان سطحي.

يجب على المستخدم تعديل قيمة (CN_{soil})إذا كانت إجراءات تشكيل الحقل تؤثر على الجريان السطحي، يحدد المستخدم تأثير هذه الإجراءات كما يلي:

- **لا تؤثر على الجريان السطحي do NOT affect surface runoff**: الجريان السطحي في هذه الحالة يعتمد على خواص التربة فقط (CNsoil).
- **تؤثر على الجريان السطحي affect surface runoff:.** يمكن تعديل قيمة CNsoilالتي تستند إلى خصائص التربة بالأخذ بعين الاعتبار نوع المحصول والظروف الهيدرولوجية (الشكل e13.2). باختيار الأمر <guide to adjustments> يتم عرض قيم تأشيريه للنسبة المئوية للزيادة أو النقصان في قائمة تعديل قيمة CN (الشكل f13.2).
- **تمنع الجريان السطحي prevent surface runoff:** بعض الإجراءات مثل الخطوط المغلقة النهايات سوف تمنع الجريان السطحي.

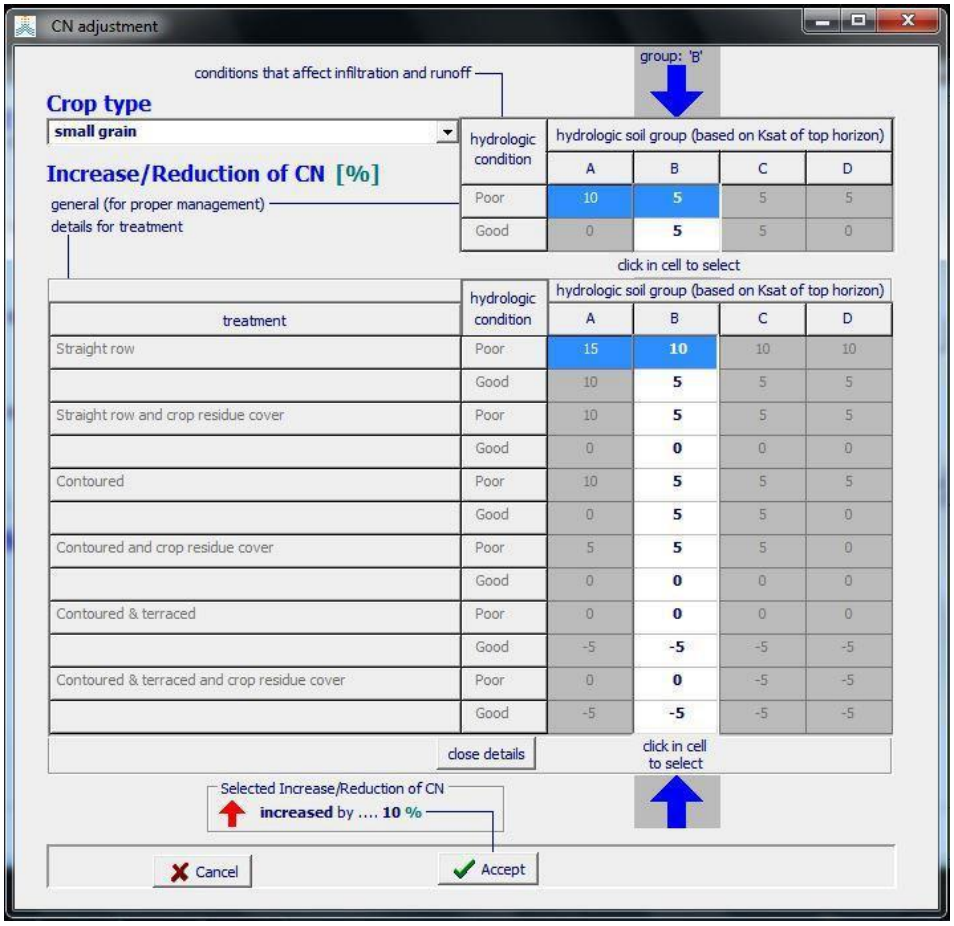
- **الأحواض الترابية.Soil bunds :** لا تمنع الأحواض الترابية الجريان السطحي فقط بل تقوم بتخزين الماء الزائد الذي قد لا يرشح خلال اليوم في الأحواض. يبقى الماء المخزن على سطح الحقل في الأحواض حتى يرشح كله أو يضيع بواسطة التبخر من التربة. يجب تحديد ارتفاع الأحواض الترابية بالمتر.



-

الشكل e13.2: واجهة إجراءات سطح الحقل 'Field surface practices' في قائمة إدارة الحقل *Field management* حيث يتم تحديد تأثير هذه الإجراءات على الجريان السطحي.

عندما يختار المستخدم الأمر **<guide to adjustments,** في قائمة تعديل رقم المنحني ***CN adjustment*** يتم عرض قيم تأشيريه للنسبة المئوية للزيادة أو النقصان (شكل f13.2). يجري عرض قيم لجميع مجموعات الترب الهيدرولوجية كمرجع، ولكن لا يمكن أن يتم اختيار التعديل إلا للمجموعة اتي ينتمي إليها مقطع التربة. يوجد تعديلات لمعالجات مختلفة، ولظروف هيدرولوجية مختلفة (أي الظروف التي تؤثر على الرشح والجريان السطحي) ولخمسة أنواع من المحاصيل: محاصيل الصفوف، محاصيل البذور الصغيرة، محاصيل البقوليات المتقاربة البذار، المراعي والمروج المخصصة للرعي، المروج المحمية من الرعي. يستند التعديل إلى قيم CN المعطاة من قبل USDAلمختلف أنواع تركيبات الأغطية الهيدرولوجية لسطح التربة (جدول b13.2)، وتم تحويلها كنسبة مئوية للزيادة أو النقصان بالأخذ بعين الاعتبار القيم الافتراضية لرقم المنحني CN لكل مجموعة هيدرولوجية للتربة (14.2 خصائص مقطع التربة).



شكل f13.2: اختيار النسبة المئوية للزيادة أو النقصان لقيمة CN استنادا إلى خصائص مقطع التربة، مع الأخذ بعين الاعتبار نوع المحصول، المعالجة والظروف الهيدرولوجية في قائمة تعديل رقم المنحني *CN adjustment* menu.

جدول b13.2: أرقام منحنيات الجريان السطحي Runoff Curve Numbers (بافتراض قيمة استخلاص أولية 5% من S) للأراضي الزراعية (المصدر National Engineering Handbook of the USDA, USDA 2004)

A. Row crops محاصيل الصفوف					
Cover/treatment الغطاء / المعالجة	**Hydrologic Condition الظروف الهيدرولوجية**	**Increase/Decrease of CN in percentage الزيادة/النقصان في قيمة CN كنسبة منوية Hydrologic soil group المجموعة الهيدرولوجية للتربة**			
		A	**B**	**C**	**D**
Straight row صفوف مستقيمة	Poor	61	74	84	88
	Good	55	70	80	85
Straight row and crop residue cover صفوف مستقيمة وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	60	72	83	87
	Good	51	65	75	80
Contoured مسايرة لخطوط التسوية	Poor	59	71	78	84
	Good	52	65	75	81
Contoured and crop residue cover مسايرة لخطوط التسوية وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	57	70	77	83
	Good	51	64	74	80
Contoured & terraced مسايرة لخطوط التسوية وعلى شكل مصاطب	Poor	53	64	72	75
	Good	48	60	70	74
Contoured & terraced and Crop residue cover مسايرة لخطوط التسوية وعلى شكل مصاطب وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	52	63	71	74
	Good	47	59	68	72

B. Small grain محاصيل البذور الصغيرة					
Cover/treatment **الغطاء / المعالجة**	**Hydrologic Condition** **الظروف الهيدرولوجية**	**Increase/Decrease of CN in percentage** **الزيادة/النقصان في قيمة CNكنسبة منوية** **Hydrologic soil group** **المجموعة الهيدرولوجية للتربة**			
		A	**B**	**C**	**D**
Straight row صفوف مستقيمة	Poor	52	67	78	84
	Good	50	65	77	83
Straight row and crop residue cover صفوف مستقيمة وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	51	65	77	81
	Good	46	61	72	78
Contoured مسايرة لخطوط التسوية	Poor	50	64	75	80
	Good	47	63	74	78
Contoured and crop residue cover مسايرة لخطوط التسوية وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	48	63	74	78
	Good	46	61	72	77
Contoured & terraced مسايرة لخطوط التسوية وعلى شكل مصاطب	Poor	47	61	71	75
	Good	45	59	70	74
Contoured & terraced and Crop residue cover مسايرة لخطوط التسوية وعلى شكل مصاطب وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	46	60	70	74
	Good	44	57	68	72
C. Close-seeded or broadcast legumes **محاصيل البقوليات المتقاربة البذار**					
Cover/treatment **الغطاء / المعالجة**	**Hydrologic Condition** **الظروف الهيدرولوجية**	**Increase/Decrease of CN in percentage** **الزيادة/النقصان في قيمة CNكنسبة منوية** **Hydrologic soil group** **المجموعة الهيدرولوجية للتربة**			
		A	**B**	**C**	**D**
Straight row صفوف مستقيمة	Poor	53	68	80	85
	Good	44	61	74	80
Straight row and crop residue cover صفوف مستقيمة وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	-	-	-	-
	Good	-	-	-	-
Contoured مسايرة لخطوط التسوية	Poor	51	65	77	80
	Good	40	57	70	77
Contoured and crop residue cover مسايرة لخطوط التسوية وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	-	-	-	-
	Good	-	-	-	-
Contoured & terraced مسايرة لخطوط التسوية وعلى شكل مصاطب	Poor	50	63	72	77
	Good	36	55	67	72
Contoured & terraced and Crop residue cover مسايرة لخطوط التسوية وعلى شكل مصاطب وغطاء من بقايا المحاصيل	Poor	-	-	-	-
	Good	-	-	-	-
D. Pasture, grassland, or range-continuous forage for grazing **المراعي والمروج المخصصة للرعي**					
Cover/treatment **الغطاء / المعالجة**	**Hydrologic Condition** **الظروف الهيدرولوجية**	**Increase/Decrease of CN in percentage** **الزيادة/النقصان في قيمة CNكنسبة منوية** **Hydrologic soil group** **المجموعة الهيدرولوجية للتربة**			
		A	**B**	**C**	**D**
	Poor	56	71	81	85
	Fair	34	57	71	78
	Good	24	47	64	72

E. Meadow-continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay ، المروج المحمية من الرعي والمقصوصة من أجل القش.					
Cover/treatment الغطاء / المعالجة	Hydrologic Condition الظروف الهيدرولوجية	Increase/Decrease of CN in percentage الزيادة/النقصان في قيمة CNكنسبة مئوية Hydrologic soil group المجموعة الهيدرولوجية للتربة			
		A	B	C	D
	Good	17	44	60	70

4.13.2 غزو الأعشاب الضارة Weed infestation

- **نسبة تغطية الأعشاب الضارة Relative cover of weeds (RC)**

يتم التعبير عن غزو الأعشاب الضارة في برنامج AquaCrop بنسبة تغطية الأعشاب الضارة (RC)، وهي النسبة بين مساحة الأرض المغطاة بأوراق الأعشاب الضارة والغطاء النباتي الكلي للأعشاب الضارة والمحصول.:

$$RC = \frac{WC}{WC + CC_W} = \frac{WC}{CC_{TOT}} \qquad \text{(Eq. 2.13)}$$

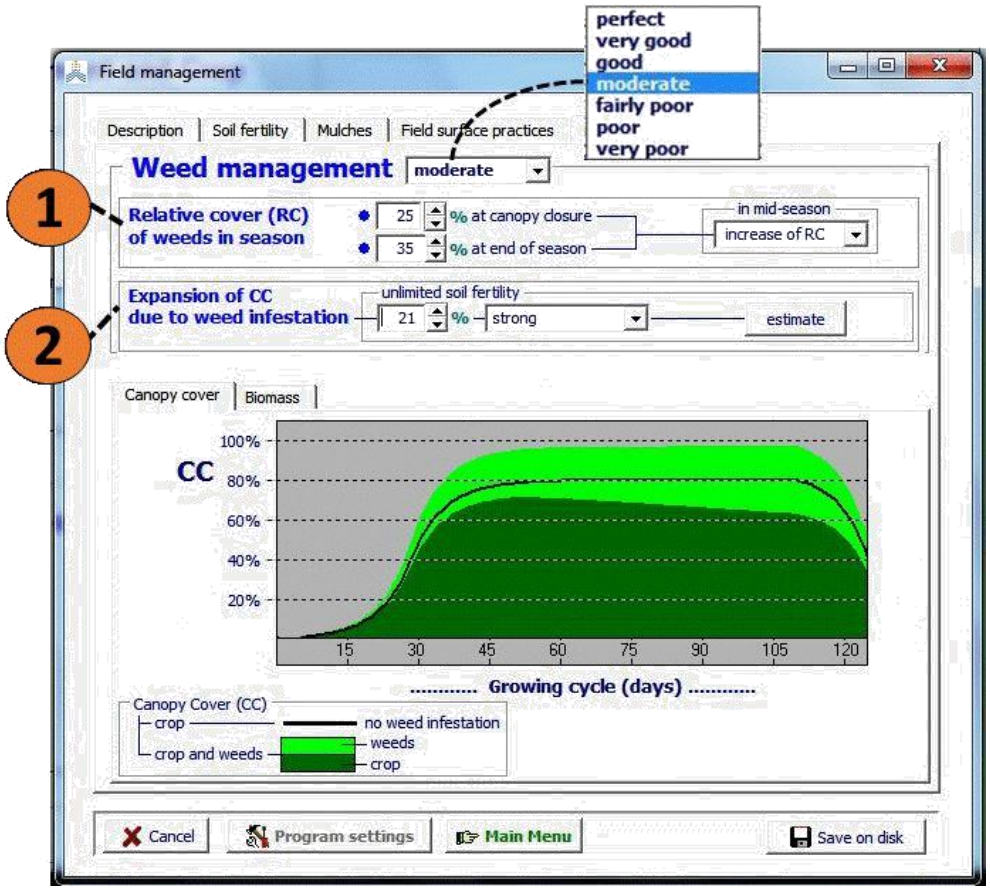
حيث WC (m_2/m_2) هي المساحة المغطاة بالأعشاب الضارة في واحدة المساحة، CC_W (m_2/m_2) هي المساحة المغطاة بالغطاء النباتي للمحصول في واحدة المساحة في حقل مغزو بالأعشاب الضارة، CC_{TOT} (m_2/m_2) هي الغطاء النباتي الكلي للمحصول والأعشاب الضارة في واحدة مساحة الأرض. يمكن تحديد قيمة RC بسهولة بتقدير الجزء من الغطاء النباتي الكلي الذي تشكله الأعشاب الضارة. يمكن تقييمه بالتقدير بالنظر في الحقل أو بتحليل الصور المأخوذة للحقل من الأعلى.

- **توصيف إدارة الأعشاب الضارة في قائمة إدارة الحقل Specification of weed management in the *Field management* menu**

يقوم المستخدم بتحديد ما يلي في قائمة إدارة الحقل Field managementلمحاكاة تأثير الأعشاب الضارة على تطور المحصول والإنتاج (الشكل g13.2):

- الغطاء النسبي للأعشاب الضارة خلال الموسم (RC) والذي يعبر عن مستوى الإصابة بالأعشاب الضارة كما لوحظ في الحقل. يتم تحديد قيم افتراضية لقيمة RC باختيار أحد تصنيفات إدارة الأعشاب الضارة (جدول c13.2).
- تأثر الغطاء النباتي CC بسبب غزو الأعشاب الضارة. والذي يعبر عن استجابة الغطاء النباتي الإجمالي لغزو الأعشاب الضارة في ظروف الخصوبة غير المحدودة. من المتوقع أن تكون مساحة الغطاء الخضري الإجمالي أكبر في الحقول المعرضة لغزو الأعشاب الضارة.

لا تكتفي الأعشاب الضارة باحتلال الحيز الذي لا يكون مشغولا بالمحصول بل يمكن أن تكبح تطور الغطاء النباتي للمحصول. ولهذا فإن الغطاء النباتي للمحصول في الحقل المصاب بالأعشاب الضارة (المساحة الخضراء القاتمة في الشكل g13.2) ستكون أصغر منها في الحقل الخالي من الإصابة (الخط الأسود المرجعي في الشكل g13.2).



الشكل g13.2: تحديد (1) الغطاء النسبي للأعشاب الضارة(RC) the Relative cover of weeds. (2) توسع الغطاء النباتي CC في الصفحة المبوبة إدارة الأعشاب الضارة 'Weed management' في قائمة إدارة الحقل *Field management*. يظهر المخطط الغطاء النباتي الإجمالي للمحصول (الأخضر القاتم) والأعشاب الضارة (الأخضر الفاتح) في حقل مصاب. يظهر أيضا الغطاء النباتي لحقل خال من الإصابة (الخط الأسود) معطى كمرجع.

جدول C13.2: فئات إدارة الأعشاب الضارة، والقيم الافتراضية والمجالات الموافقة للغطاء النسبي للأعشاب الضارة عند اكتمال الغطاء النباتي.

Relative weed cover (RC) at canopy closure التغطية النسبية للأعشاب الضارة عند اكتمال الغطاء النباتي		Class weed management فئة إدارة الأعشاب الضارة
Range المجال	Default value القيمة الافتراضية	
-	0 %	ممتاز Perfect
%9 – 1	5 %	جيد جداVery good
%19 – 10	15 %	جيد Good
%29 – 20	25 %	معتدل Moderate
%39 – 30	35 %	سيء نوعا ما Fairly poor
%49 – 40	45 %	سيء Poor
≥ 50 %	75 %	سيء جدا Very poor

- **الغطاء النسبي (RC) للأعشاب الضارة خلال الموسم Relative cover (RC) of weeds in season**

يجري التمييز بين (شكل g13.2):

– الغطاء النسبي (RC) للأعشاب الضارة عند مرحلة التغطية الكاملة للنبات (Canopy closure): والذي يعتبر مقياس للتنافس بين الأعشاب الضارة والنبات بعد فوات الأوان على السيطرة عليها، أثبت هذا المؤشر على أنه وسيلة تنبؤ جيدة لانخفاض الإنتاجية كنتيجة لنمو الأعشاب الضارة. يتم افتراض قيمة ثابتة للمساحة المغطاة بالأعشاب الضارة RC منذ تاريخ الزراعة وحتى مرحلة التغطية الكاملة للنبات. يعتبر هذا الافتراض مقبولا حيث

أن قيمة متغيرة للغطاء النسبي RC خلال مراحل تطور المحصول (عندما يكون الغطاء النباتي CC صغيرا نسبيا) ستؤثر بشكل بسيط على إنتاج المحصول في حقل تغزوه الأعشاب الضارة.

– الغطاء النسبي للأعشاب الضارة RC عند نهاية الموسم (عند بدء شيخوخة الغطاء النباتي): نظرا للتنافس بين المحصول والأعشاب الضارة (أحدهما ينمو على حساب الآخر)، يمكن ألا يبقى الغطاء النسبي للأعشاب الضارة ثابتا بل يمكن أن يزداد أو ينقص إلى حد كبير خلال مرحلة منتصف الموسم. إن هذا التغير في الغطاء النسبي RC عند منتصف الموسم (عندما يكون الغطاء النباتي CC كبيرا نسبيا) يجب أن يؤخذ لأن تأثيره على إنتاج المحصول يمكن أن يكون مهما.

- **تطور الغطاء النباتي CC بسبب غزو الأعشاب الضارة Expansion of CC due to weed infestation**

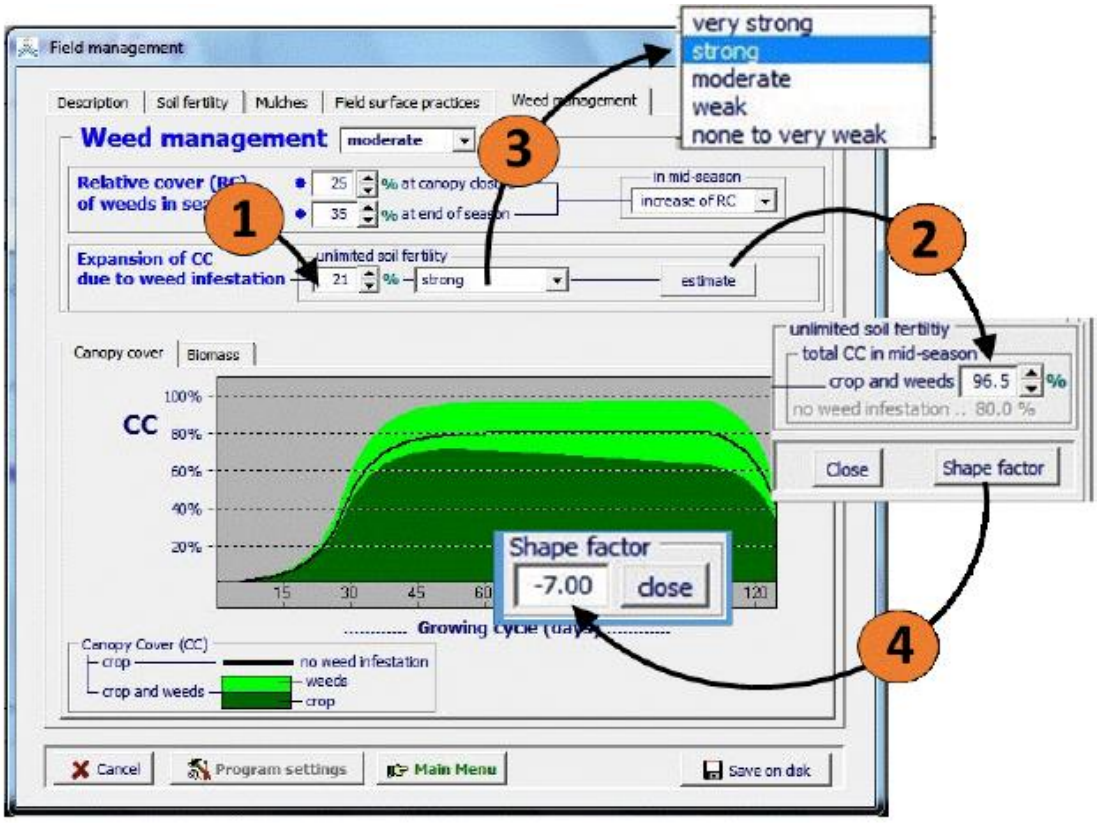
يمكن أن يكون الغطاء النباتي الإجمالي للمحصول والأعشاب الضارة (CC_{TOT}) أكبر من الغطاء النباتي للمحصول في حقل خال من الإصابة بسبب غزو الأعشاب الضارة وعدم محدودية الخصوبة. يتم توصيف تطور الغطاء النباتي CC كميا (شكل h13.2) بأحد الخيارات التالية:

1. بتحديد التطور مباشرة كنسبة مئوية لزيادة الغطاء النباتي للمحصول في حقل خال من الإصابة.
2. بتحديد الغطاء النباتي الإجمالي للمحصول والأعشاب الضارة عند منتصف الموسم.
3. باختيار تصنيف لتوسع الغطاء النباتي (جدولd13.2).
4. بالتحديد الكمي لتطور الغطاء النباتي مع الأخذ بعين الاعتبار الغطاء النسبي RC المختار عند إغلاق الغطاء النباتي. يتم اسناد قيمة لعامل الشكل (f_{shape}) للعلاقة CC_{TOT} – RC.
5. باختيار قيمة f_{shape} مباشرة (الخيار رقم 4 في الشكل h13.2) يتم حساب الطرق المختلفة الموافقة للتعبير عن تطور الغطاء النباتي CC.

يعتمد عامل الشكل (f_{shape}) للعلاقة CC_{TOT} – RC (الشكل i13.2) على نوع الأعشاب الضارة لذلك يمكن أن يختلف باختلاف الأعشاب الضارة التي تغزو الحقل:

- تعطي القيمة السالبة لعامل الشكل f_{shape} علاقة مقعرة بين CC_{TOT} وRCمشيرة إلى أن المحصول أكثر تنافسية من الأعشاب الضارة للضوء وأن الأعشاب سوف تحتل أولا الحيز الذي لا يكون مشغولا بالمحصول في حقل خال من الإصابة.
- تعطي القيمة الموجبة لعامل الشكل f_{shape} علاقة محدبة بين CC_{TOT} وRCمشيرة إلى أن الأعشاب الضارة أكثر تنافسية من المحصول للضوء وأن الأعشاب سوف تحتل أولا الحيز الذي يكون مشغولا بالمحصول في حقل خال من الإصابة. وسيؤدي هذا إلى إعاقة أقوى لغطاء قبة المحصول من حالة القيمة السالبة.
- تعطي القيمة المعدومة (0) لعامل الشكل علاقة خطية غالبا ين CC_{TOT} وRC.

عندما يبذر المحصول بكثافة مثالية يرجح الحصول على قيمة موجبة لعامل الشكل بينما تكون القيمة السالبة مرجحة عند بذار المحصول بكثافة دون المستوى الأمثل.

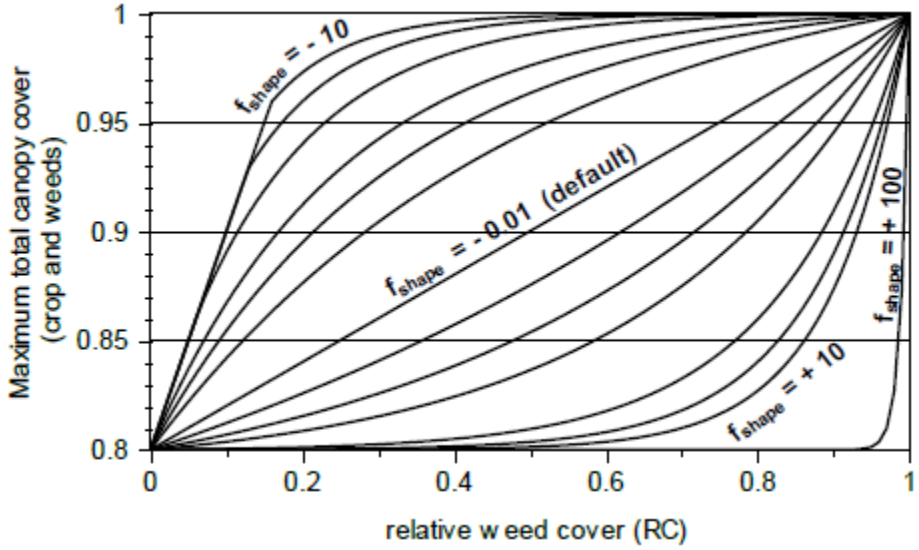


الشكل h13.2: الطرق المختلفة لتحديد تطور الغطاء النباتي CC بسبب غزو الأعشاب الضارة (1) بتحديد نسبة ازدياد مئوية. (2) بتحديد الغطاء النباتي الكلي total CC عند منتصف الموسم في حقل مصاب (3) باختيار أحد تصنيفات توسع الغطاء النباتي (4) بتحديد قيمة لعامل الشكل.

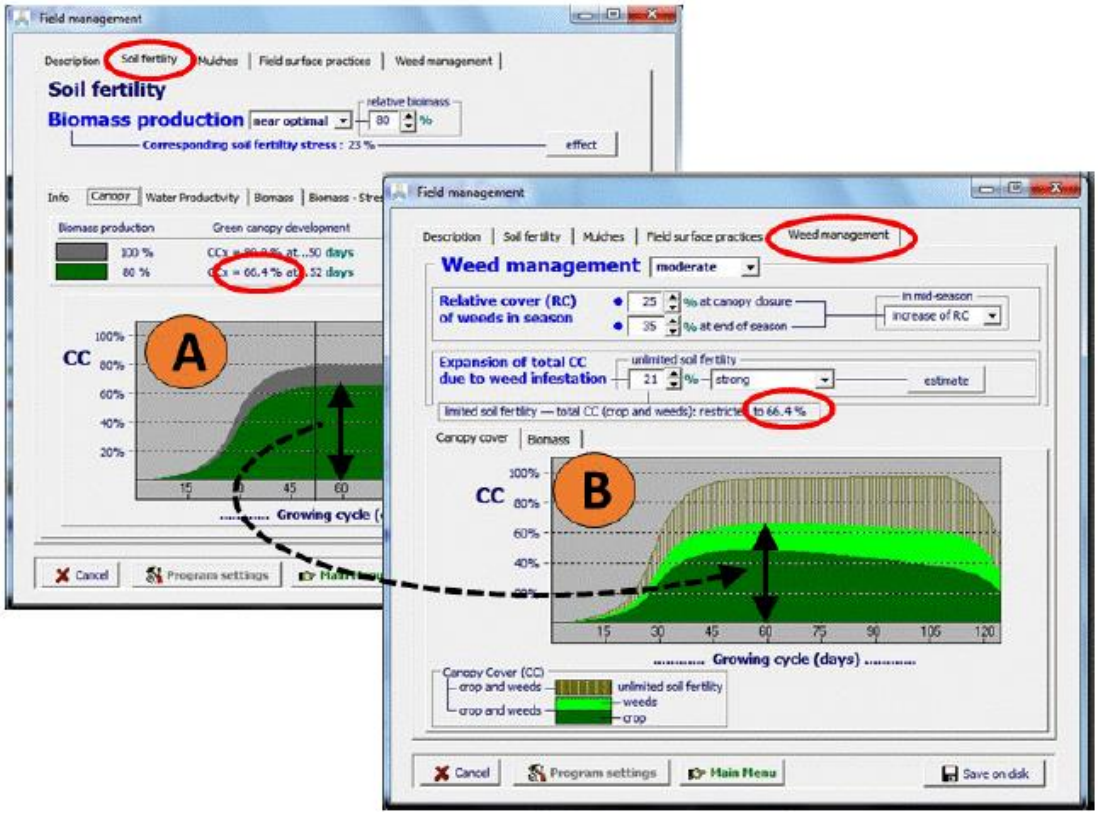
جدول d13.2: تصنيفات توسع الغطاء النباتي CC تبعا لغزو الأعشاب الضارة والقيم والمجالات الافتراضية الموافقة لعامل الشكل (f_{shape}).

تصنيف توسع الغطاء النباتي CC تبعا لغزو الأعشاب الضارة	f_{shape}	
	القيمة الافتراضية	المجال
شديد جدا	- 10	≤ -7.50
شديد	- 4	-7.49 … -1.00
معتدل	- 0.01	-0.99 … +0.99
ضعيف	+ 2	1.00 … 2.99
معدوم-ضعيف جدا	+ 100	≥ 3.00

عندما تحد خصوبة التربة من إنتاج الكتلة الحيوية فإن اختيار إنتاج الكتلة الحيوية النسبي في واجهة خصوبة التربة يحدد الغطاء النباتي للمحصول الذي يمكن الوصول إليه في حقل خال من الإصابة (الشكل j13.2 A). وبما أن توسع الغطاء النباتي CC محدود بخصوبة التربة فإن الغطاء النباتي الكلي للمحصول والأعشاب الضارة الذي يمكن الحصول عليه في حقل مصاب سوف يتطابق مع الغطاء النباتي الكلي الذي يمكن الحصول عليه في حقل خال من الإصابة (الشكل j13.2 B).



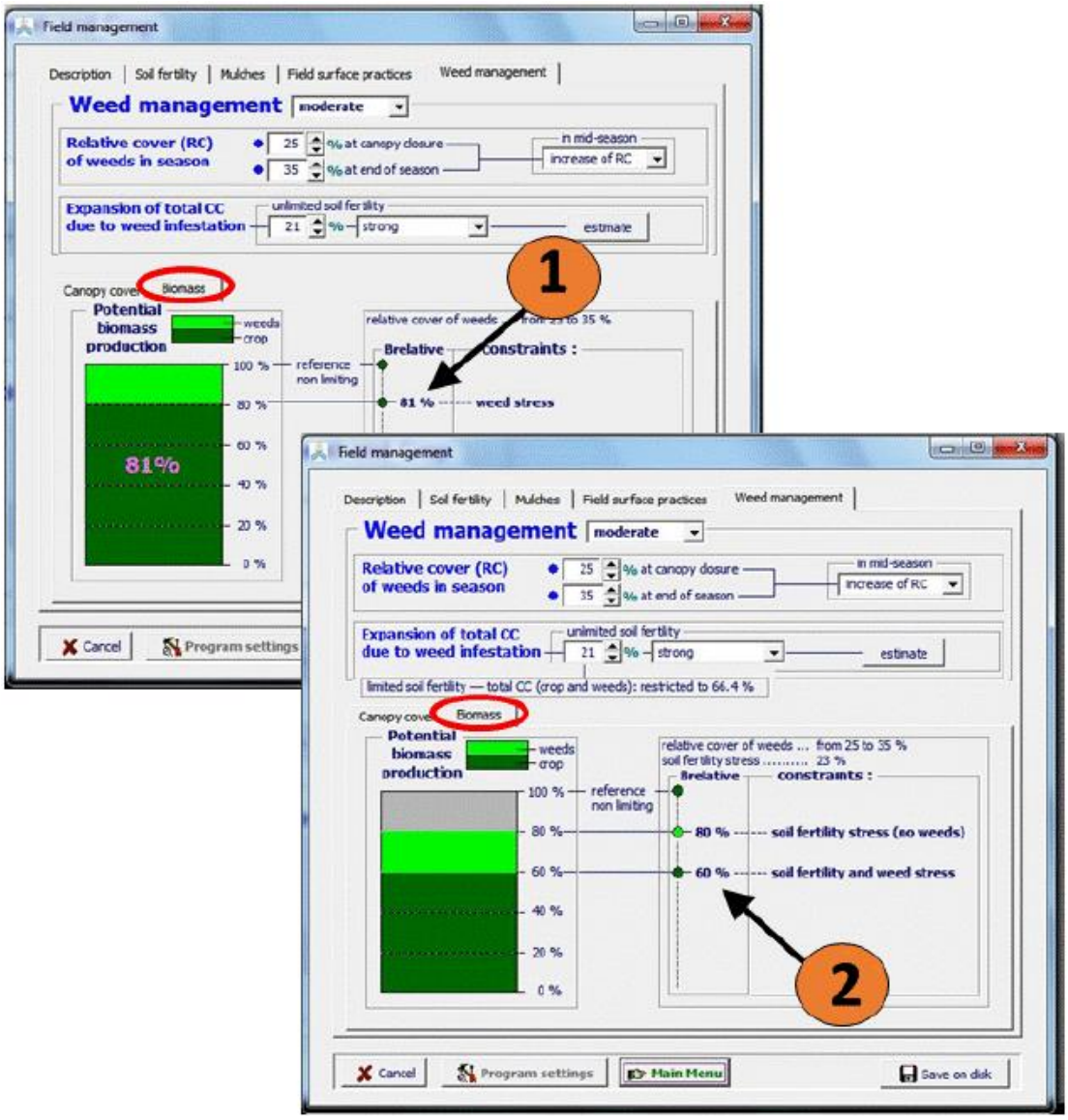
شكل i13.2: الغطاء النباتي الكلي للمحصول والأعشاب الضارة عند منتصف الموسم ($CC_{x,TOT}$) لقيم مختلفة لغطاء الأعشاب النسبي (RC) وعامل الشكل (f_{shape}) لحقل كان الغطاء النباتي الأعظمي CC_x فيه سيبلغ 0.8 في ظروف الخلو من الإصابة بالأعشاب الضارة



شكل j13.2: (A)الغطاء النباتي للمحصول الذي يمكن الوصول إليه في ظروف محدودية خصوبة التربة والخلو من غزو الأعشاب الضارة (B) الغطاء النباتي الإجمالي للمحصول والأعشاب الضارة الذي يمكن الوصول إليه في ظروف محدودية خصوبة التربة وغزو الأعشاب الضارة كما تظهر في قائمة إدارة الحقل *Field management*

- **النقصان في انتاج الكتلة الحيوية Reduction in bio بـmass production**

يعرض تقدير للإنتاج الأعظمي للكتلة الحيوية للمحصول الذي يمكن الحصول عليه في حقل غزته الأعشاب الضارة في واجهة الكتلة الحيوية 'biomass' من واجهة إدارة الأعشاب الضارة weed-management في قائمة إدارة الحقل (الشكل k13.2).



شكل k13.2: الإنتاج النسبي الأعظمي المقدر للكتلة الحيوية لمحصول والذي يمكن الحصول عليه في حقل غزته الأعشاب الضارة (1) مع (2) بدون إجهاد خصوبة التربة كما تعرض في قائمة إدارة الحقل.

5.13.2إعدادات البرنامج Program Settings

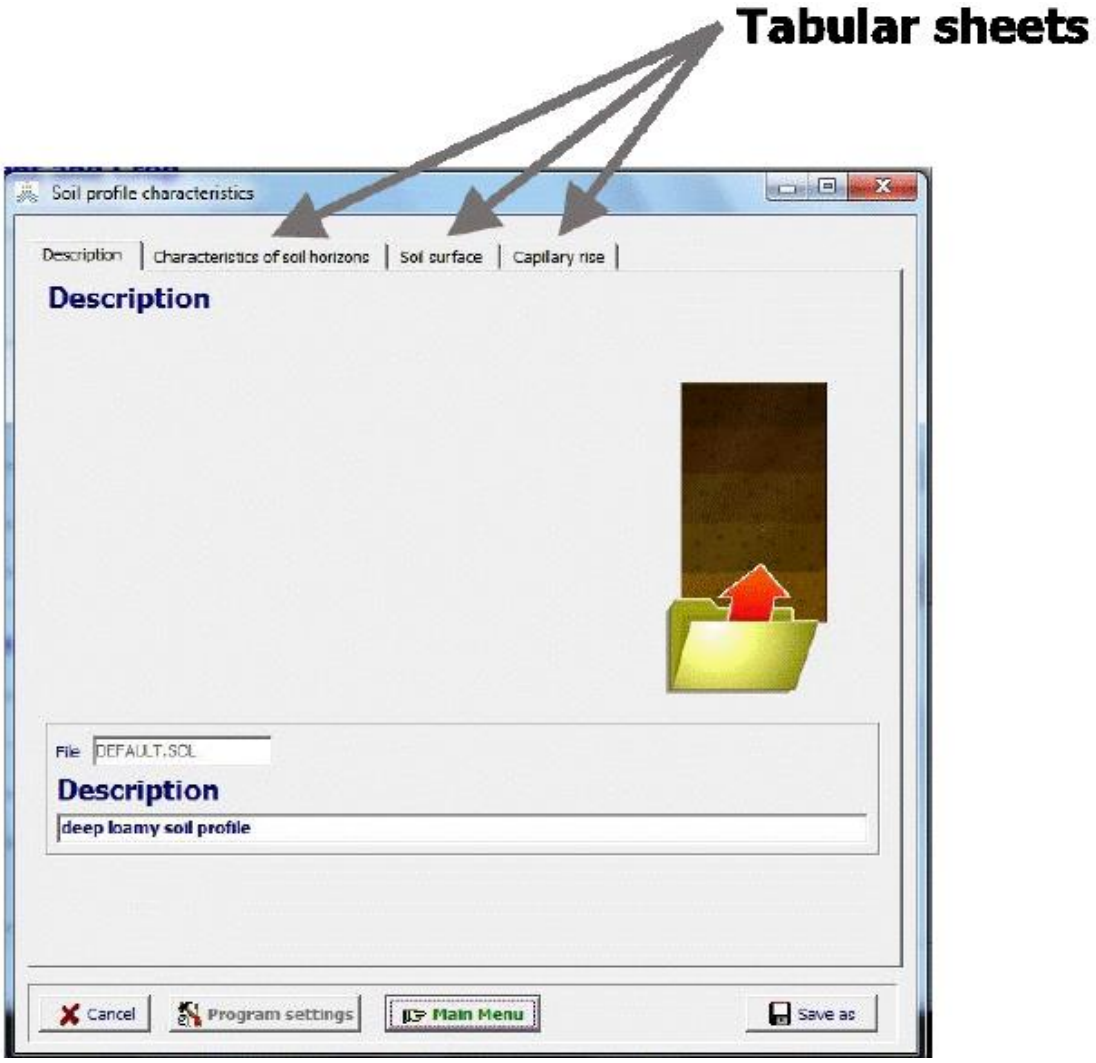
من قائمة إدارة الحقل، يمكن للمستخدم الوصول إلى إعدادات البرنامج لبارامترات الحقل كما هي مدرجة في الجدول e13.2.

الجدول e13.2: إعدادات البرنامج التي تؤثر في تبخر التربة.

Symbol الرمز	Program parameter باراميتر البرنامج	Default القيمة الافتراضية
	▪ Soil depth from which evaporation can extract water out of the top of the soil profile عمق التربة الذي يستطيع التبخر ضمنه استخراج المياه من الجزء العلوي لمقطع التربة.	30 cm

14.2 خصائص مقطع التربة Soil profile characteristics

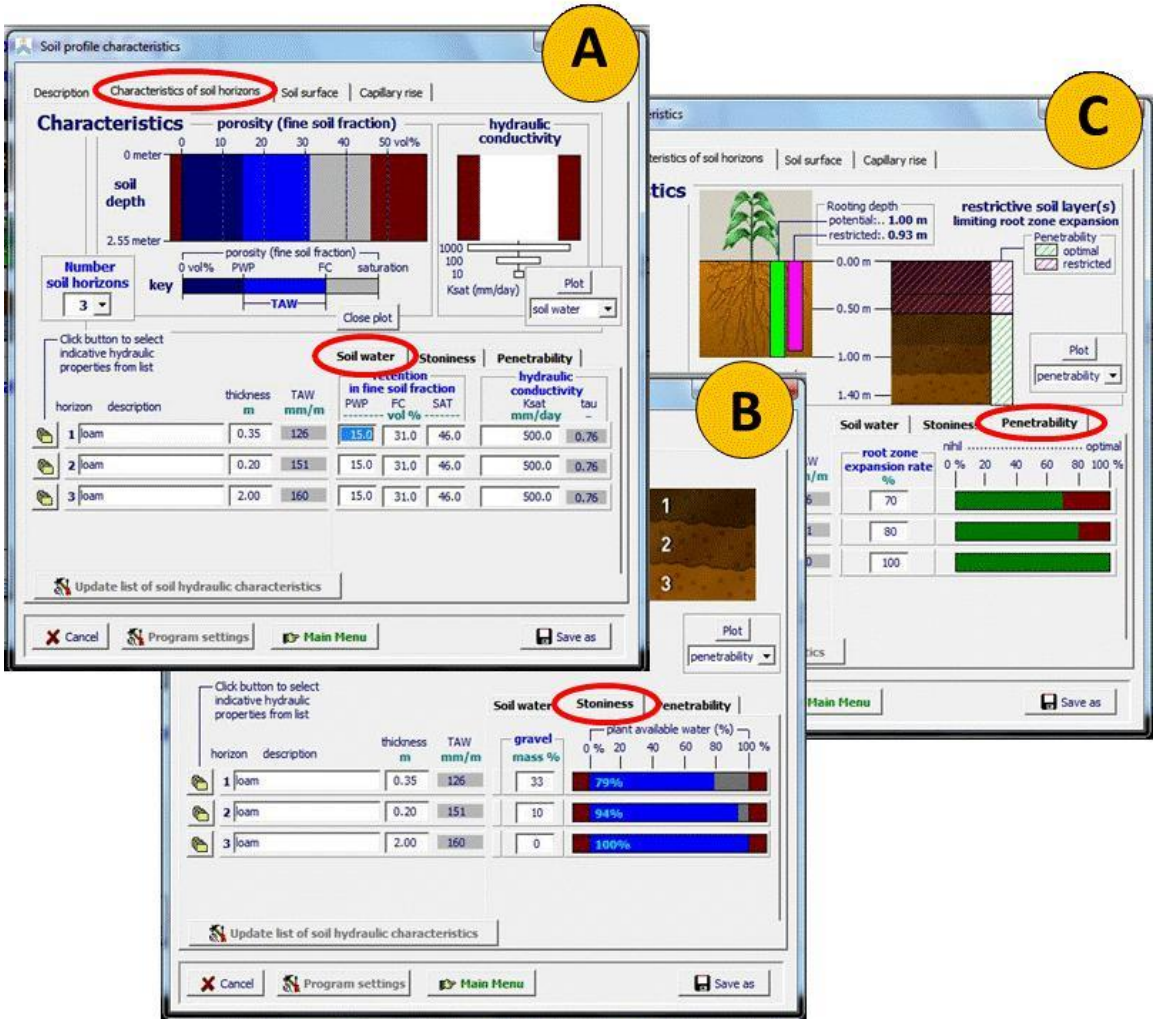
يقصد بخصائص مقطع التربة البارامترات الفيزيائية المطلوبة لمحاكاة احتجاز وحركة الماء والأملاح في مقطع التربة عند حدها العلوي (سطح التربة) وحدها السفلي (سطح مياه جوفية قريب من سطح الأرض). يتم عرض الخصائص المختارة لمختلف طبقات التربة Characteristics of soil horizons وخصائص طبقة سطح التربة Soil surface soil layer والحد الأعظمي الممكن للارتفاع الشعري Capillary rise في قائمة عرض خصائص مقطع التربة *Display of soil profile characteristics* وتحديثها في قائمة خصائص مقطع التربة *Soil profile characteristics* (الشكل a14.2).



الشكل a14.2: قائمة خصائص التربة *Soil profile characteristics*. وواجهاتها التوصيف 'Description' وخصائص طبقات التربة 'Characteristics of soil horizons' وسطح التربة 'Soil surface' والصعود الشعري 'Capillary rise'.

1.14.2 طبقات التربة وخصائصها الفيزيائية Soil horizons and their physical characteristics

تتكون خصائص مقطع التربة من البارامترات الفيزيائية المطلوبة لمحاكاة احتجاز المياه في منطقة الجذور وحركة مياه التربة. يمكن لمقطع التربة أن يكون مؤلفاً من خمسة طبقات مختلفة، لكل طبقة خصائصها الفيزيائية الخاصة بها.



شكل b14.2: تحديد الخصائص الفيزيائية لمختلف طبقات التربة في الواجهات (A) مياه التربة 'Soil water' (B) نسبة الحجارة 'Stoniness' (C) قابلية الاختراق 'Penetrability'، في قائمة خصائص مقطع التربة *Soil profile characteristics*.

يتم تحديد عدد وسماكة طبقات التربة في واجهة خصائص طبقات التربة 'Characteristics of soil horizons'في قائمة خصائص مقطع التربة. يتم تحديد خصائص طبقات التربة الفيزيائية وحبيباتها الناعمة وأجزائها الكتلية في الواجهات التالية (شكل b14.2):

- مياه التربة 'Soil water' (شكل b14.2 A).
- نسبة الحجارة 'Stoniness' (شكل b14.2 B).
- قابلية الاختراق 'Penetrability' (شكل b14.2 C)،

- **مياه التربة 'Soil water' (شكل b14.2 A).**

تتكون التربة الناعمة من جزيئات فلزات التربة الأصغر من أو تساوي 2 مم، والتي تصنف إلى طين clay أو طمي siltأو رمل sand حسب حجمها. تحدد الكتل النسبية للأجزاء المختلفة تصنيف قوام الترب الناعمة، وتحدد إلى حد كبير الخصائص الفيزيائية لطبقات التربة. تتألف بيانات التربة من طبقات التربة المختلفة ومحتواها الحجمي من المياه عند الإشباع والسعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم والناقلية الهيدروليكية في التربة المشبعة.

يحدد في هذه الواجهة المحتوى المائي للتربة عند الإشباع Soil water content at saturation والسعة الحقلية، field capacity ونقطة الذبول الدائم permanent wilting point. يوجد في قاعدة بيانات AquaCrop قيم افتراضية ل 12تصنيفا مختلفا لقوام التربة textural classes ويمكن الاختيار منها (فقرة 2.14.2). يعرض AquaCrop إجمالي الماء المتاح في التربة (TAW) والتصريف المميز drainage characteristic (tau) لطبقة التربة.

- **الإشباع أو التشبع Saturation:** عندما يكون حجم المسام الكلي مملوءا بالمياه فإن محتوى مياه التربة يكون عند مستوى الإشباع. مثل هذه الظروف تعتبر غير شائعة إلى حد ما في منطقة الجذر بسبب الهواء المحبوس في التربة والصرف الرأسي (حركة المياه بالاتجاه الشاقولي) vertical drainage. تكون شروط الإشباع عموماً موجودة فقط عندما يكون منسوب المياه الجوفية في منطقة الجذر أو بالقرب منها.
- **السعة الحقلية Field Capacity:** هي كمية المياه التي يمكن لتربة جيدة الصرف well-drained soil أن تحتفظ بها ولا تتحرك للأسفل نتيجة قوى الجاذبية. وتعتبر هي الحد الأعلى upper limitللمياه التي يمكن استخراجها بواسطة النبات. على الرغم من أن الطاقة الكامنة لنسيج أو هيكل التربة soil matric potential عند السعة الحقلة تختلف إلى حد ما حسب نوع التربة والظروف البيئية، فإن محتوى المياه عند طاقة كامنة لنسيج التربة يتراوح من 10- kPa (pF 2.0) إلى 33- kPa (pF 2.5 or 1/3 bar) غالباً ما يعتبر كسعة الحقلية.
- **نقطة الذبول الدائم Permanent Wilting Point:** هو محتوى مياه التربة التي عندها يتوقف النبات عن استخراج المياه ويبدأ بالذبول الدائم. وتعتبر هي الحد الأدنى lower limit للمياه التي يمكن استخراجها بواسطة النبات. على الرغم من أن نقطة الذبول الدائم ربما تتغير إلى حد ما تبعاً لاختلاف المحاصيل وعمر النبات وتوزع الجذر، إلا أن الشي المسلم به (المتفق عليه) أن محتوى مياه التربة عند طاقة كامنة لنسيج التربة مساوٍ 1.5- MPa (pF 4.2) هي القيمة الممثلة لنقطة الذبول الدائم.

الناقلية الهيدروليكية المشبعة Saturated hydraulic conductivity (K_{sat}): تعبر الناقلية الهيدروليكية عن قابلية التربة لنقل المياه عبر مساماتها. عندما تكون التربة مشبعة فإن كل المسامات تكون مملوءة بالمياه وتكون قيمة الناقلية الهيدروليكية عند حدها الأعظمي. تعرف الناقلية الهيدروليكية المشبعة أو النفوذية permeability لطبقة من التربة بأنها معدل نقل المياه خلال التربة المشبعة تحت تأثير الجاذبية الأرضية.

- **نسبة الحجارة 'Stoniness' (شكل B b14.2).**

يحدد المستخدم في هذه الواجهة النسبة المئوية لكتلة الحصويات في طبقة تربة محددة. يقصد بالحصويات جزيئات التربة الأكبر من 2 ملم، لذلك تعتبر غير قادرة على احتجاز المياه أو نقلها. يتم توصيف تواجد الحصويات بتحديد النسبة المئوية للجزء الحصوي ($Mass\%_{gravel}$):

$$Mass\%_{gravel} = 100 \frac{m_{gravel}}{m_{gravel} + m_{fine\,soil}} \qquad [Eq.\ 2.14]$$

حيث m_{gravel} هي كتلة الجزء الحصوي بالكغ و $m_{fine\ soil}$هي كتلة جزء التربة الناعمة بالكغ, يقوم AquaCrop باحتساب النسبة المئوية الحجمية المقابلة للجزء الحصوي ويحسب النقصان في حجم جزء التربة الناعمة التي يمكنها تخزين المياه ويظهر تخطيطيا النسبة المئوية المقابلة من الماء المتاح في طبقة التربة. وجود الحصويات في التربة سيقلل إجمالي الماء المتاح في طبقة التربة (TAW) يعرض AquaCrop قيمة (TAW) المعدلة لطبقة التربة.

يعدل AquaCrop قيمة (TAW) فقط للطبقة الحاوية على حصويات. وفي غياب وصف دقيق ومعلومات واسعة النطاق حول انعكاس وجود الحصويات، فإن الخصائص الأخرى لمقطع التربة وطبقات التربة والمحصول لن يتم تعديلها. يمكن للمستخدم إذا علم تأثير الحصويات على هذه الخصائص أن يعدل:

- قيم CN و REW لسطح التربة, وK_{sat} وقابلية الاختراق والصعود الشعري لطبقة التربة في الواجهة المناسبة في قائمة خصائص مقطع التربة ***Soil profile characteristics***.
- نموذج استخراج المياه والاستخراج الأعظمي للجذور.

- **قابلية الاختراق 'penetrability' (شكل C b14.2).**

يحدد المستخدم في هذه الصفحة معدل توسع منطقة الجذور في طبقات التربة المختلفة. والذي يمكن أن يؤثر على عمق الجذور الأعظمي الذي يمكن الوصول إليه. يمكن إظهار رسم تخطيطي لهذا التأثير على عمق الجذور في هذه الصفحة.

يمكن أن تكون إحدى الطبقات طبقة معيقة تشكلت بسبب الرسوبيات التي تحكم ربط جزيئات التربة. تحد أو تكبح الطبقة المعيقة توسع منطقة الجذور وتكون غير نفوذه إلى حد كبير. ويمكن أن تكون الطبقة المعيقة قد تشكلت نتيجة ارتصاص التربة الذي يزيد الكثافة الظاهرية للتربة. يظهر الجدول a14.2 الإجراءات التي يمكن أن تسبب كثافة ظاهرية سيئة. يتقيد نمو الجذور عندما تتجاوز الكثافة الظاهرية للتربة حدا معينا (جدول b14.2). لا يتوقف تأثير طبقات التربة المرصوصة على منع نمو الجذور، بل يمكن أن يتعداه إلى منع حركة الهواء والماء خلال التربة.

جدول a14.2: الإجراءات التي يمكن أن تسبب كثافة ظاهرية سيئة (مرتفعة).

- حراثة الأرض إلى نفس العمق بشكل دائم.
- السماح بمرور الآليات وخصوصا فوق التربة الرطبة.
- تطبيق دورة محاصيل محدودة بدون تنويع في بنية الجذور وعمقها.
- دمج أو حرق أو إزالة مخلفات المحاصيل.
- الرعي الجائر للنباتات العلفية، والسماح بإنشاء مناطق رعي للمواشي أو ممرات لها.
- استعمال آليات ثقيلة لبناء تجهيزات الموقع أو لتسوية وتمهيد الموقع.

الجدول b14.2: الكثافة الظاهرية المثالية والكثافة الظاهرية المعيقة لنمو الجذور.

Soil texture **بنية التربة**	**Ideal bulk Densities** **الكثافة الظاهرية المثالية** **kg.m^{-3}**	**Bulk densities that may affect root growth** **الكثافة الظاهرية التي يمكن أن تؤثر على نمو الجذور** **kg.m^{-3}**	**Bulk densities that restrict root growth** **الكثافة الظاهرية التي تعيق نمو الجذور** **kg.m^{-3}**
Sand تربة رملية	1.60	1.69	> 1.80
Loamy sand تربة رملية لومية	1.60	1.69	> 1.80
Sandy loam تربة لومية رملية	1.40	1.63	> 1.80
Loam تربة لومية	1.40	1.63	> 1.80
Sandy clay loam لومية طينية رملية	1.40	1.60	> 1.75
Clay loam لومية طينية	1.40	1.60	> 1.75
Silt تربة غرينية	1.30	1.60	> 1.75
Silt loam لومية سلتية (غرينية)	1.30	1.60	> 1.75
Silty clay loam لومية طينية غرينية	1.40	1.55	> 1.65
Sandy clay طينية رملية	1.10	1.49	> 1.58
Silty clay طينية غرينية	1.10	1.49	> 1.58
Clay تربة طينية	1.10	1.39	> 1.47

لا يقتصر تأثير الطبقة المعيقة أو المرصوصة التربة في أكثر الأحيان على إعاقة نمو الجذور، بل يتعداه إلى إلى تقليل نفاذية المياه. بحيث يحتاج المستخدم أن يعدل الناقلية لمشبعة (Ksat) للطبقة المعيقة وكذلك محتوى التربة المائي عند الإشباع (θ_{SAT})والسعة الحقلية (θ_{FC}). وقد يحتاج رقم المنحني Curve Number (CN)إلى تعديل أيضا، حيث أن ارتصاص الطبقات العلوية للتربة يزيد من الجريان السطحي في الأراضي المنحدرة. يتم تعديل القيم المذكورة في الواجهات المناسبة من قائمة خصائص مقطع التربة ***Soil profile characteristics.***

- **القيم المشتقة لخصائص التربة الفيزيائية**

يحدد AquaCrop من البيانات المحددة **لكل طبقة** ما يلي (شكل c14.2):

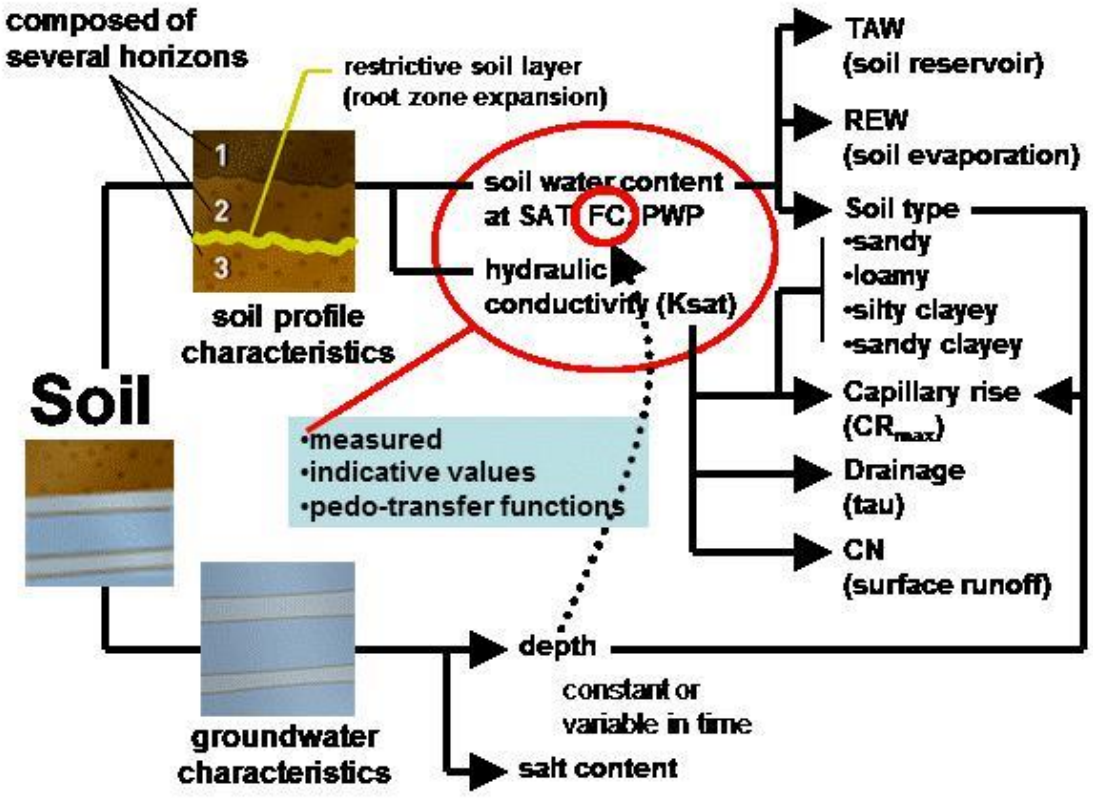
- إجمالي المياه المتاحة في التربة Total Available soil Water (TAW)من أجل حساب الموازنة المائية. تشتق قيمة TAW من الخصائص الفيزيائية للجزء الناعم من التربة ومن النسبة المئوية للجزء الحصوي.

- التصريف المميز drainage characteristic (tau): بالأخذ بعين الاعتبار قيمة (Ksat). يستخدم التصريف المميز drainage coefficient الذي ليس له واحدة قياس dimensionless لمحاكاة حركة المياه باتجاه الأسفل في مقطع التربة (الفصل 3).
- فئة (تصنيف) قوام التربة للجزء الناعم من التربة: لتحديد الصعود الشعري. تشتق القيم الافتراضية لمعاملات الصعود الشعري لكل طبقة من التربة من خصائص احتجاز الماء في الجزء الناعم من التربة وKsat. يمكن تعديل قيم معاملات الصعود الشعري في واجهة الصعود الشعري 'Capillary rise' في قائمة خصائص مقطع التربة *Soil profile characteristics* عند الضرورة (فقرة 4.14.2).

ويحدد AquaCrop **للطبقة السطحية** ما يلي:

- الماء السهل التبخر REW: the Readily Evaporable Water لمحاكاة التبخر من التربة. يتم اشتقاق قيم REW الافتراضية من خصائص احتجاز ماء التربة في الجزء الناعم من التربة. يعبر REW عن الكمية القصوى من الماء التي يمكن استخلاصها من طبقة التربة السطحية في المرحلة الأولى من عملية التبخر. يمكن تعديل قيمة REW في واجهة سطح التربة 'Soil surface' في قائمة خصائص مقطع التربة (فقرة 3.14.2).
- القيمة الافتراضية لرقم المنحني curve number (CN) بالأخذ بعين الاعتبار قيمة Ksat لطبقة التربة السطحية. نحتاج قيمة CN لمحاكاة كمية الهطول المطري التي تضيع بسبب الجريان السطحي. يمكن تعديل قيمة CN في واجهة سطح التربة 'Soil surface' في قائمة خصائص مقطع التربة (فقرة 3.14.2).

نحتاج لاعتبار طبقات مختلفة من التربة فقط في حال وجود فروقات جوهرية في إحدى القيم التالية: TAW (فروقات أكبر من 10 ملم / م), Ksat,محتوى الحصويات أو النفوذية بين الطبقات.



شكل c14.2: الخصائص الفيزيائية للتربة وخصائص سطح المياه الجوفية

2.14.2 القيم الإرشادية لخصائص التربة الفيزيائية Indicative values for soil physical characteristics

إن كمية المياه المتبقية في التربة عند الإشباع والسعة الحقلية تتغير مع تغير نسيج التربة soil texture ومحتوى المادة العضوية organic matter content والبنية structure. إن محتوى الطين clay والمادة العضوية لطبقة من طبقات التربة يحدد في الغالب محتوى المياه في هذه الطبقة عند نقطة الذبول الدائم. إن الناقلية الهيدروليكية المشبعة (K_{sat}) لا تتغير فقط بين أنواع الترب، لكن تتغير أيضا ضمن النوع الواحد من الترب. حتى في الحقل الواحد يمكن قياس تغيرات مهمة في قيمة K_{sat} في المكان والزمان وذلك نتيجة لتغيرات في بنية التربة والكثافة الظاهرية bulk density والنشاط البيولوجي وإدارة التربة.

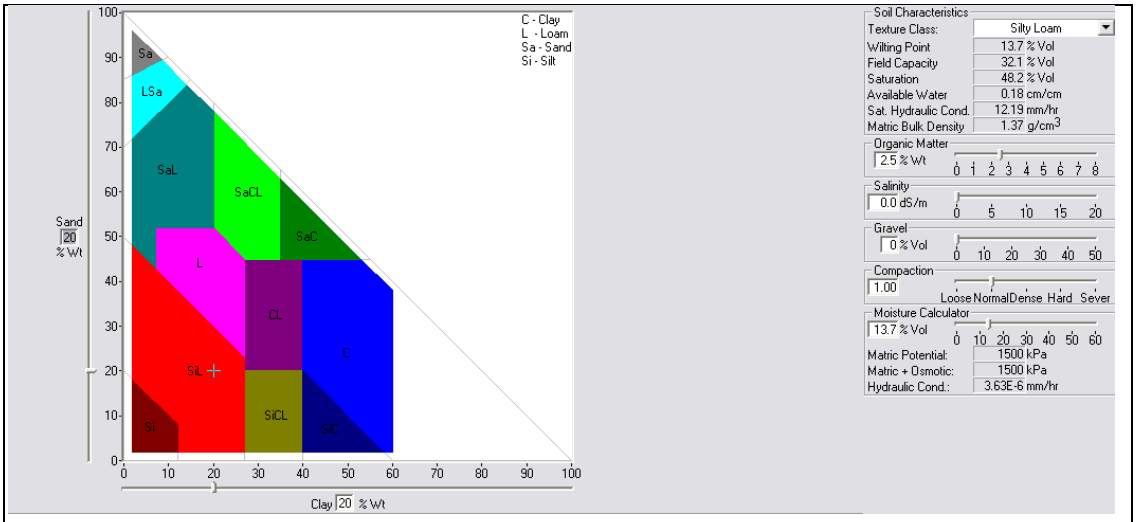
يمكن للمستخدم الاستفادة من القيم الإرشادية المقدمة بواسطة برنامج AquaCrop لفئات قوام تربة مختلفة (الجدول c14.2)، أو استيراد بيانات محددة محلياً أو مشتقة من قوام التربة soil texture بمساعدة علاقات تحويل خصائص الترب أو ما يدعى بـ Pedo-transfer functions (الإطار 14.2). إن القيم الواردة في الجدول c14.2 أو المشتقة بمساعدة pedo-transfer functions هي فقط قيم دلالية (إرشادية)، وليس المقصود منها أن تحل محل القياسات.

عن طريق اختيار الأمر" تحديث قائمة خصائص نوع التربة" <Update list of soil type characteristics> في قائمة خصائص مقطع التربة *Soil profile characteristics* (شكل b14.2) يمكن تحديث القيم الدلالية للخواص الهيدروليكية للتربة ويمكن أضافة أو حذف أنواع ترب من القائمة. الخصائص مخزنة في ملف SOIL.DIR من فهرس برنامج AquaCrop.

الجدول c14.2: الخصائص الفيزيائية الافتراضية لمحتوى ماء التربة عند الإشباع والسعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة، والقيم المعدلة للناقلية الهيدروليكية المشبعة ل12 ملف تربة (12 تصنيفا لأنواع مختلفة من الترب) المدرجة في المكتبة الفرعية DATA في مجلد AquaCrop.

Soil type نوع التربة	soil water content المحتوى المائي للتربة			Saturated hydraulic conductivity الناقلية الهيدروليكية المشبعة
	Saturation الإشباع	Field Capacity السعة الحقلية	Permanent Wilting Point نقطة الذبول الدائم	
	vol %	vol %	vol %	mm/day
Sand تربة رملية	36	13	6	3,000
Loamy sand تربة رملية لومية	38	16	8	2,200
Sandy loam تربة لومية رملية	41	22	10	1,200
Loam تربة لومية	46	31	15	500
Silt loam لومية سلتية	46	33	13	575
Silt تربة سلتية	43	33	9	500
Sandy clay loam لومية طينية رملية	47	32	20	225
Clay loam لومية طينية	50	39	23	125
Silty clay loam لومية طينية سلتية	52	44	23	150
Sandy clay طينية رملية	50	39	27	35
Silty clay طينية سلتية	54	50	32	100
Clay تربة طينية	55	54	39	35

الإطار 14.2: خصائص مياه التربة المشتقة من توابع تحويل خصائص التربة Pedo-transfer functions المتاحة في حاسبة الخصائص الهيدروليكية Hydraulic Properties Calculator.



آلة حاسبة طورتها دائرة البحوث الزراعية USDA Agricultural Research Serviceبالتعاون مع جامعة ولاية واشنطن، وهي متاحة في الإنترنت.

Calculator developed by the USDA Agricultural Research Service in cooperation with the Washington State University (Keith E. Saxton: ksaxton@wsu.edu) available at

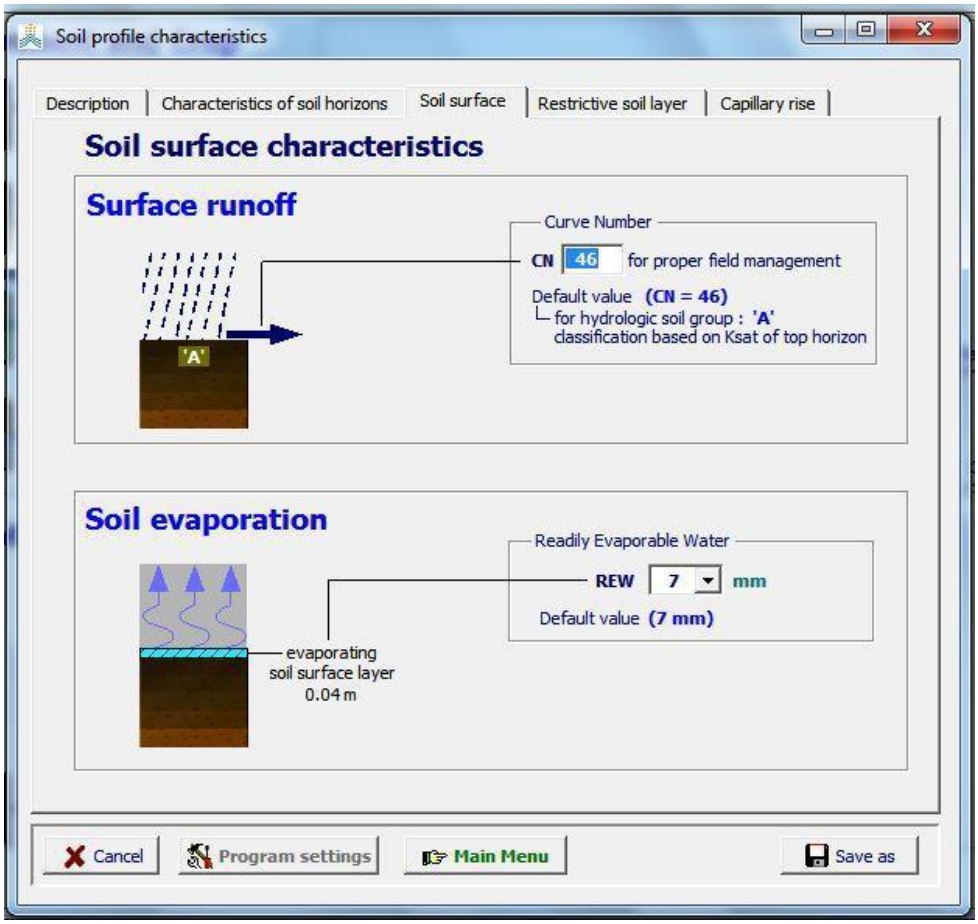
Internet: http://http//hydrolab.arsusda.gov/soilwater/Index.htm

3.14.2 خصائص الطبقة السطحية للتربة Characteristics of the soil surface layer

عند تحديد بيانات التربة للطبقة العليا، يتم اشتقاق وعرض قيم افتراضية لرقم منحني الجريان السطحي Curve Number(CN) (الجدول d14.2) والماء السهل التبخر Readily Evaporable Water (الشكل d14.2).

- إن رقم منحني الجريان Curve number (CN) يكون مطلوباً لمحاكاة الجريان السطحي surface runoff (انظر الفصل 3)، وتشير قيمته إلى قيمة فئة الرطوبة السابقة (السالفة) antecedent moisture class II (AMCII).
- يعبر الماء سهل التبخر Readily Evaporable Water (REW) عن كمية المياه التي يمكن أن تتبخر من طبقة التربة السطحية في مرحلة الحد من الطاقة energy limiting stage(انظر الفصل 3).

يمكن للمستخدم تحديد قيم افتراضية غير القيم المعروضة لكل من CN وREW إذا توفرت معلومات محددة عن سطح التربة.



شكل d14.2: خصائص طبقة سطح التربة.

الجدول d14.2: مجموعات التربة الهيدرولوجية، والمجالات الموافقة للناقلية الهيدروليكية المشبعة للتربة (Ksat) للطبقة العليا من التربة والقيم الافتراضية لـ Curve Number (CN)(بافتراض استخلاص ابتدائي 5%من S) من أجل فئة الرطوبة السابقة II antecedent moisture class II (AMCII) .

Hydrologic soil group مجموعة التربة الهيدرولوجية	Saturated hydraulic conductivity (Ksat) mm/day الناقلية الهيدروليكية المشبعة مم / يوم	CN default value for AMC II القيمة الافتراضية لرقم منحني الجريان السطحي
A	864 <	46
B	347 – 864	61
C	36 – 346	72
D	≤ 35	77

يبقى بإمكان المستخدم تحديد قيمة CN مختلفة عن الافتراضية (شكل d14.2) دون أن يأخذ بعين الاعتبار استخدامات الأرض والغطاء والتي سيتم أخذها بعين الاعتبار في إدارة الحقل. يوجد تمييز واضح بين قيمة CN المشتقة من خصائص مقطع التربة (CN_{soil} والتي تعتبر باراميتر تربة) وبين تعديل قيمة CN_{soil} نتيجة لإجراءات إدارة الحقل (والتي تعتبر باراميتر إدارة حقل).

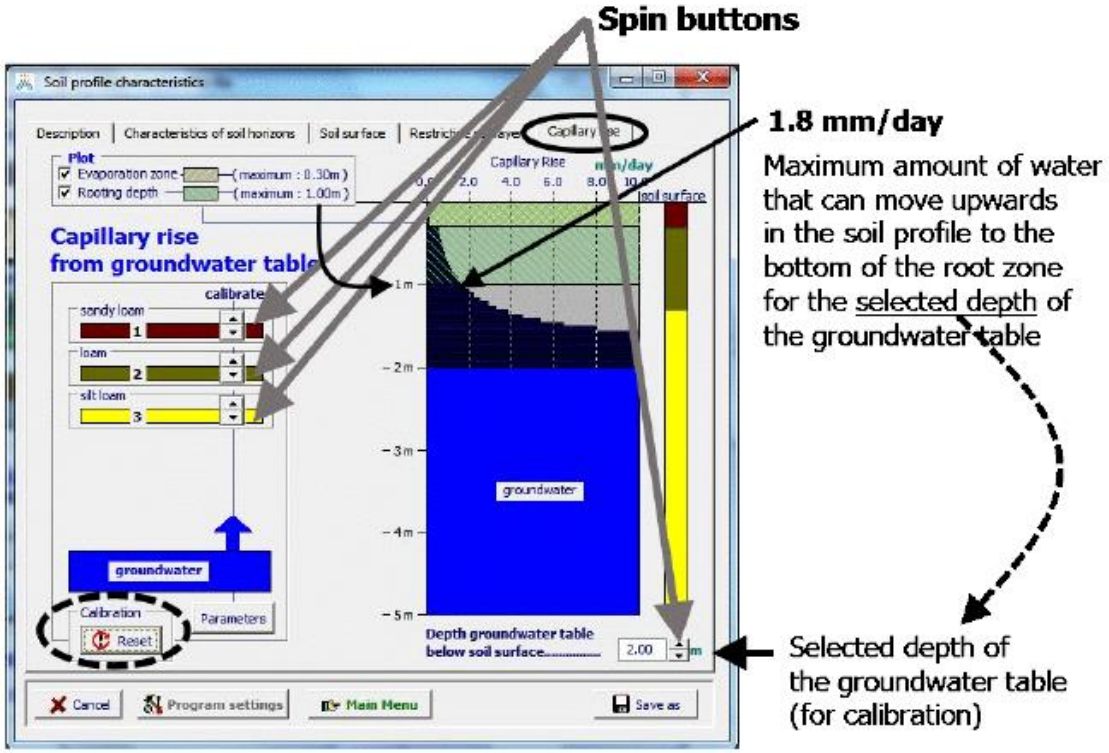
يجب الانتباه إلى أن قيمة CN تختلف عند حسابها باعتبار قيمة استخلاص ابتدائي 20% من S أو 5% من S, للتحويل من $CN_{0.20}$ إلى $CN_{0.05}$ الموافقة (والتي تستخدم في AquaCrop اعتبارا من النسخة 5) ويمكن للمستخدم أن يجد القيم الموافقة في الجدول e14.2.

جدول e14.2: قيم $CN_{0.20}$ (باعتبار قيمة استخلاص ابتدائي 20% من S) مع قيم $CN_{0.05}$ الموافقة (باعتبار قيمة استخلاص ابتدائي 5% من S)

CN0.20	CN0.05	CN0.20	CN0.05	CN0.20	CN0.05
100	100	80	72	60	46
98	98	78	70	58	44
96	95	76	67	56	41
94	93	74	64	54	39
92	90	72	61	52	37
90	87	70	59	50	35
88	84	68	56	48	33
86	81	66	53	46	31
84	78	64	51	44	29
82	75	62	48	42	27

4.14.2 الارتفاع الشعري Capillary rise

في واجهة الارتفاع الشعري "Capillary rise"، يمكن للمستخدم دراسة الحد الأقصى الممكن لتدفق المياه الصاعد (باتجاه الأعلى) للتربة العلوية من أجل أعماق مختلفة لمنسوب المياه الجوفية (الشكل e14.2).



الشكل e14.2: واجهة الصعود الشعري 'Capillary rise' من قائمة خصائص التربة *Soil profile characteristics*. حيث يمكن معايرة كمية المياه الأعظمية التي يمكن أن تنتقل صعودا باتجاه منطقة الجذور (من أجل المحصول المحدد) بواسطة Spin buttons وذلك لعمق محدد للمياه الجوفية.

يتم حساب الحد الأقصى للارتفاع الشعري بواسطة معادلة أسية exponential equation (الفصل 3). يتم الحصول على البارامترات a وb، التي تصف الارتفاع الشعري لكل طبقة تربة، من خلال أخذ صنف نوع التربة soil type class والناقلية الهيدروليكية المشبعة بعين الاعتبار. يستطيع المستخدم معايرة كمية المياه الأعظمية التي يمكن أن تصعد من سطح المياه الجوفية عند عمق محدد باتجاه منطقة الجذور بمساعدة spin buttons.في المثال في الشكل e14.2: يكون الصعود الشعري الأعظمي باتجاه منطقة الجذور (سماكتها متر واحد وهي من خصائص المحصول) معروفا من أجل خصائص طبقة التربة وهو بحدود 1 mm/day (بدلا من 1.8 mm/day المعروضة) لعمق سطح مياه جوفية 2 متر لذلك قم (1) بتحديد عمق المياه الجوفية عند 2 متر (2) استخدم spin buttons للطبقات لتقليل كمية الصعود الشعري إلى أسفل منطقة الجذور حتى 1.0 mm/day.

يتم عرض القيم المعايرة والقيم الافتراضية للبارامترات a وb عن طريق اختيار الأمر "بارامترات" <Parameters>. باختيار أمر <Reset>، يمكن للمستخدم إبطال المعايرة وعندها تتم إعادة البارامترات a وb إلى قيمهم الافتراضية.

يمكن أن تختلف قيمة الصعود الشعري عند تشغيل المحاكاة عن القيمة الأعظمية المعايرة:

- ستكون قيمة الصعود الشعري أصغر إذا كان المحتوى المائي في منطقة الجذور عند أو أعلى من السعة الحقلية (لا توجد قوة موجهة) أو إذا كان قريبا من نقطة الذبول (الناقلية الهيدروليكية أصغر بكثير من أن تحرك المياه نحو الأعلى).
- ستختلف قيمة الصعود الشعري إذ اختلف عمق سطح المياه الجوفية عن العمق المحدد في قائمة خصائص مقطع التربة من أجل المعايرة. يتم تحديد عمق المياه الجوفية (ونوعية المياه) من أجل المحاكاة في قائمة خصائص المياه الجوفية Groundwater characteristics.

5.14.2 إعدادات البرنامج Program settings

من قائمة خصائص مقطع التربة، يمكن للمستخدم الوصول إلى إعدادات البرنامج التي تؤثر في محاكاة (نمذجة) الجريان السطحي وملوحة التربة والارتفاع الشعري (الجدول f14.2).

الجدول f14.2: إعدادات البرنامج التي تؤثر في الجريان السطحي وملوحة التربة.

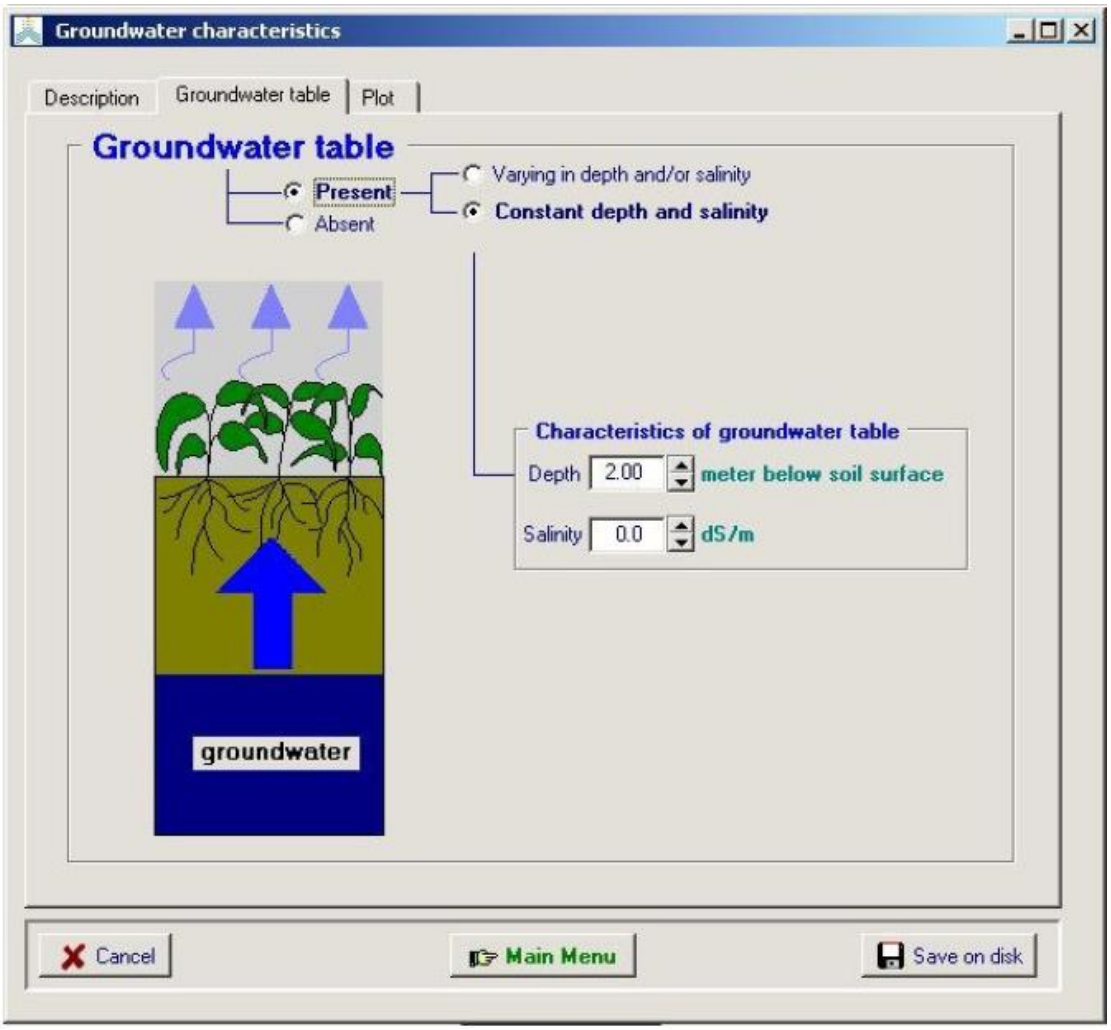
Symbol الرمز	Program parameter بارامترات البرنامج	Default القيم الافتراضية
	Surface runoff الجريان السطحي	
	▪ Adjustment of the CN value to the relative wetness of the topsoil (The CN values for the three different antecedent moisture classes (AMC) are displayed) تعديل قيمة CN إلى الرطوبة النسبية للتربة السطحية (يتم عرض قيم CN لثلاث فئات رطوبة سالفة (AMC)).	Yes
	▪ Default thickness of the topsoil that will be considered for the determination of its wetness (required for the determination of AMC) السماكة الافتراضية للتربة السطحية التي ستؤخذ بالاعتبار لتحديد رطوبتها (مطلوبة لتحديد AMC).	30 cm
	Soil salinity ملوحة التربة	
	▪ Salt diffusion factor (expressing the capacity of salt diffusion in the soil matrix. عامل انتشار الملح (يعبر عن قدرة انتشار الملح في هيكل التربة).	20 %
	▪ Salt solubility قابلية ذوبان الملح	100 g/liter
	Capillary rise الارتفاع الشعري	
	▪ Shape factor for effect of soil water content gradient on capillary rise عامل الشكل لتأثير تدرج محتوى مياه التربة على الارتفاع الشعري	16

15.2 خصائص المياه الجوفية Groundwater characteristics

يمكن عرض الخصائص المختارة للمياه الجوفية في قائمة عرض خصائص المياه الجوفية *Display of groundwater characteristics* وتحديثها في قائمة خصائص المياه الجوفية *Groundwater characteristics*. يمكن للمستخدم الاختيار بين وجود وعدم وجود سطح المياه الجوفية. إن خصائص سطح المياه الجوفية المأخوذة بعين الاعتبار هي العمق تحت سطح التربة والملوحة.

1.15.2 العمق والملوحة الثابتان Constant depth and salinity

إذا بقيت الخصائص ثابتة خلال الموسم، فإن المستخدم يحدد عمق السطح والملوحة للمياه الجوفية (الشكل a15.2). يتم عرض الخصائص بشكل تخطيطي في واجهة المخطط Plot.



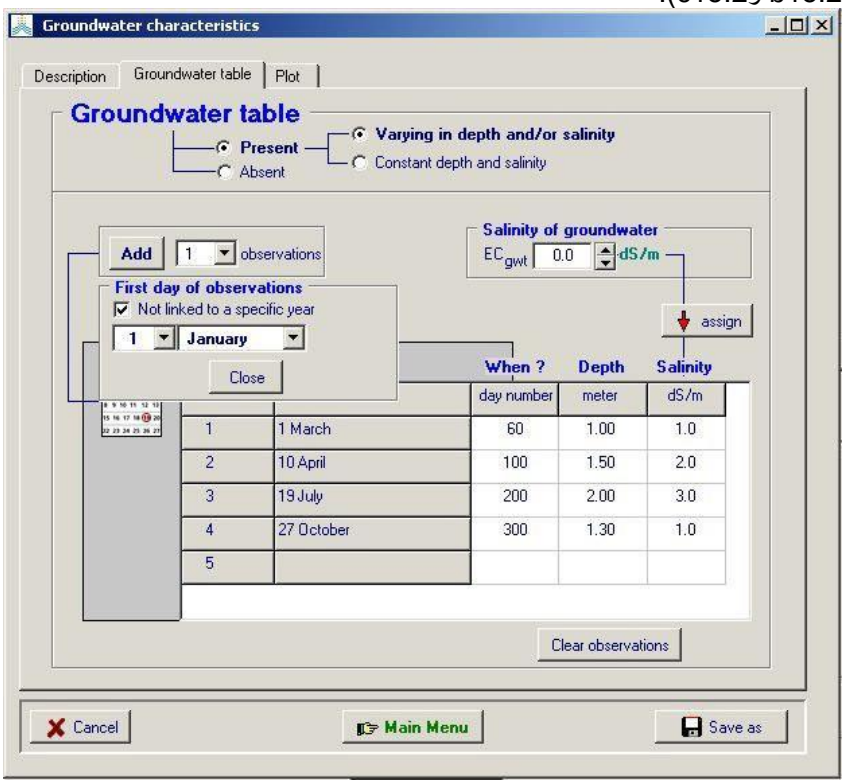
الشكل a15.2: تحديد الخصائص الثابتة لسطح المياه الجوفية في نافذة سطح المياه الجوفية في قائمة خصائص المياه الجوفية *Groundwater characteristics*.

2.15.2 الخصائص تتغير خلال السنة (السنوات) Characteristics vary throughout the year(s)

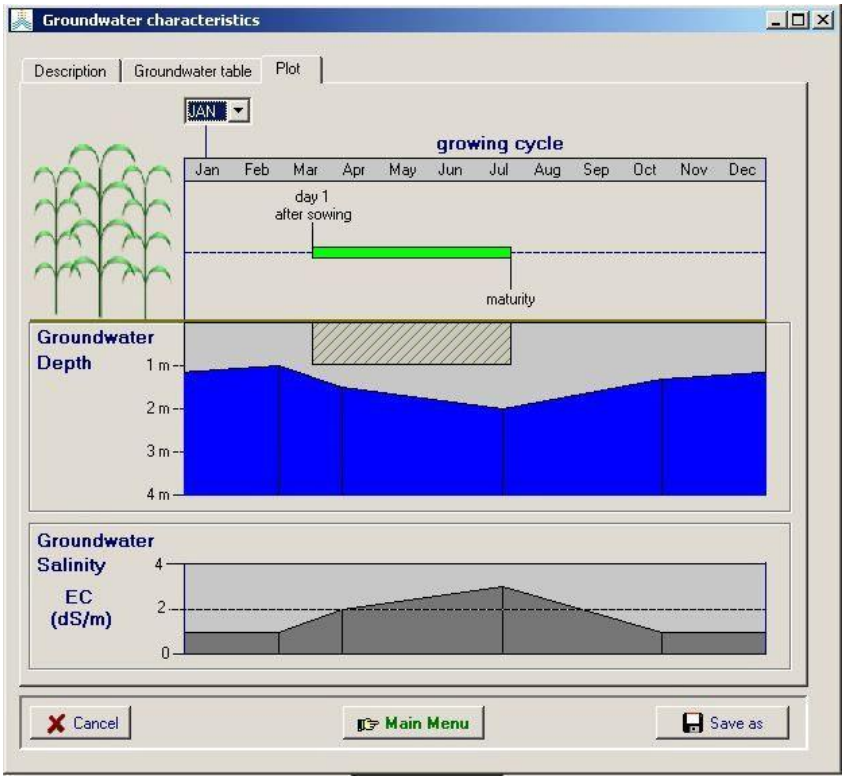
الخصائص يمكن أن تتغير على مدار السنة. يتم تحديد الخصائص في واجهة سطح المياه الجوفية (الشكل b15.2 وd15.2) ويتم عرضها بشكل مخطط في واجهة المخطط Plot tab sheet (الشكل c15.2 وe15.2). تحدد خصائص سطح المياه الجوفية (العمق والملوحة) في أزمنة مختلفة خلال الموسم منسوبة إلى اليوم الأول للمراقبات (الشكل b15.2 وd15.2). إذا كانت الخصائص صالحة لكل الأعوام فلا حاجة لتحديد العام لأول مراقبة. عند التشغيل يشتق AquaCrop عمق سطح المياه الجوفية ونوعية المياه لكل يوم، بواسطة استيفاء داخلي خطي linear interpolation (الشكل c15.2 وd15.2). أما بالنسبة للأيام الواقعة خارج فترة المراقبة فيتم اعتبار قيمة الخصائص مساوية للقيمة الأولى بالنسبة للسنوات الأسبق ومساوية للقيمة الأخيرة بالنسبة للسنوات اللاحقة.

- **الخصائص غير مرتبطة بعام محدد Characteristics are not linked to a specific year**

إذا كانت الخصائص غير مرتبطة بسنة محددة، يتم تطبيق استيفاء داخلي خطي بين الخصائص المحددة في رقم اليوم الأول والأخير (الشكل b15.2 وc15.2).



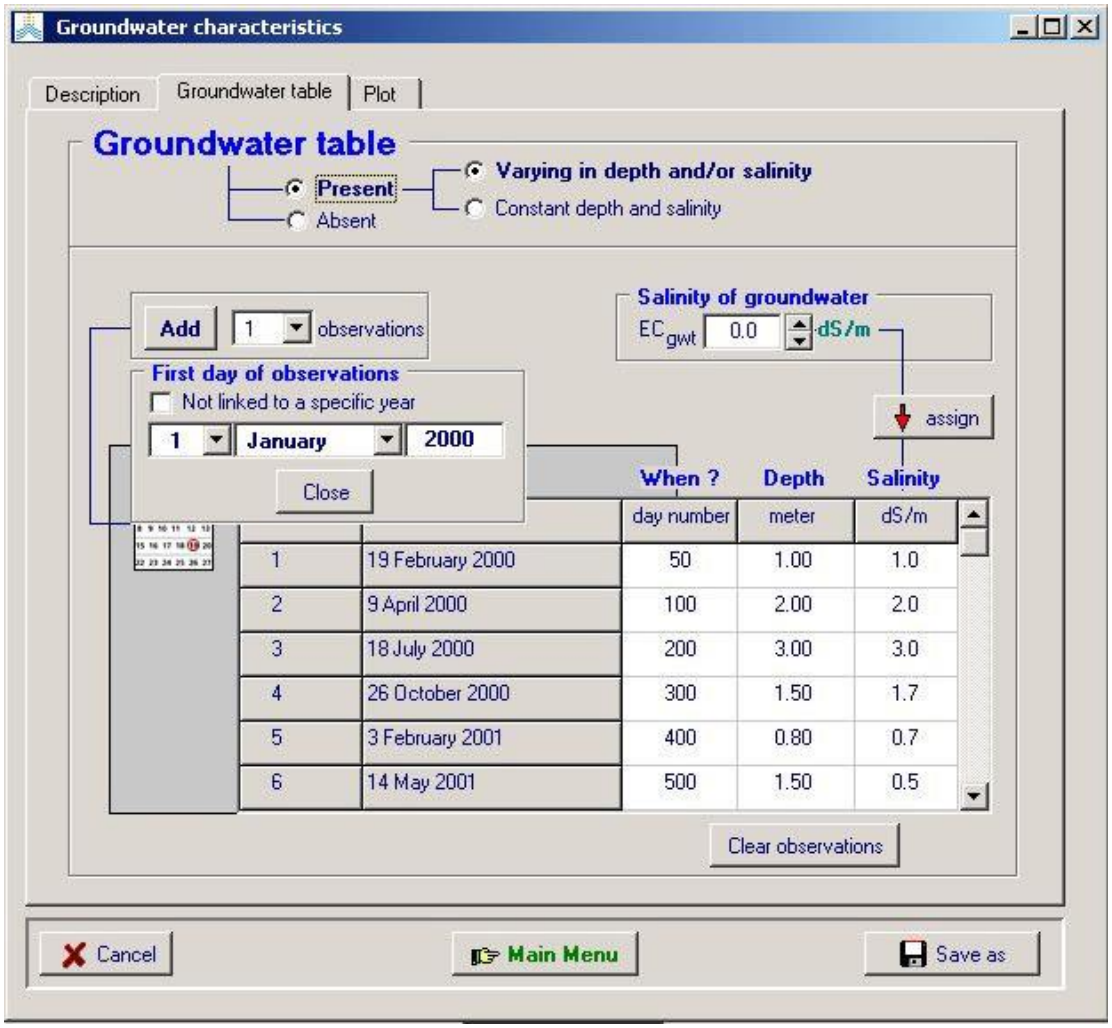
الشكل b15.2: تحديد خصائص متغيرة لسطح المياه الجوفية غير المرتبطة بعام محدد في قائمة خصائص المياه الجوفية.



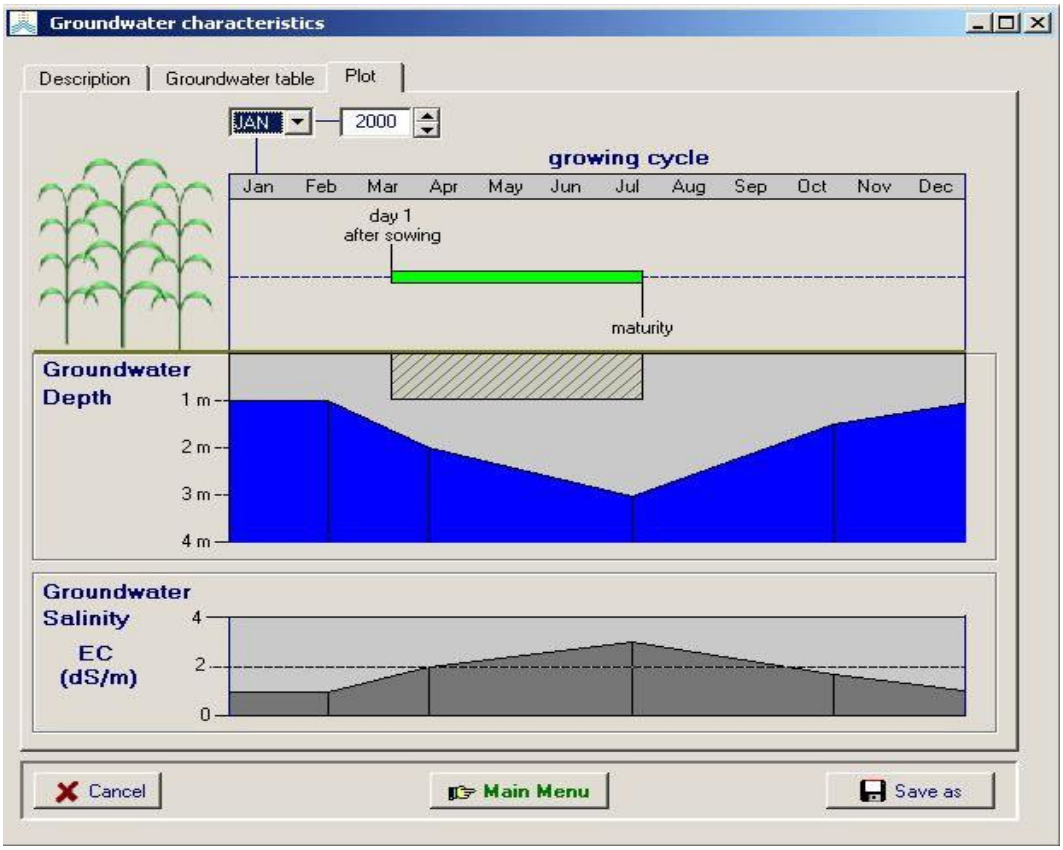
الشكل c15.2: عرض تخطيطي لخصائص متغيرة لسطح المياه الجوفية غير مرتبطة بعام محدد في قائمة خصائص المياه الجوفية.

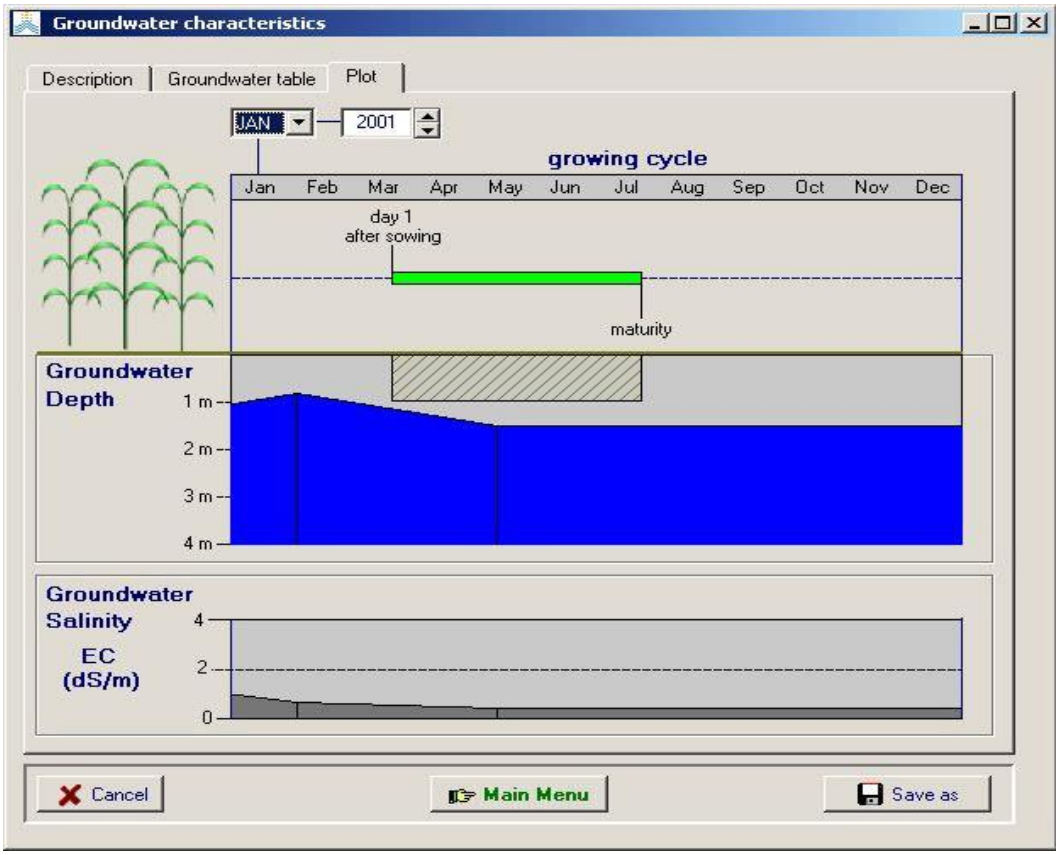
- **الخصائص مرتبطة مع سنة محددة Characteristics are linked to specific year(s)**

إذا كانت الخصائص مرتبطة بسنة (سنوات) محددة، عندها يتم تطبيق استيفاء داخلي خطي linear interpolation بين الخصائص المحددة عند أرقام الأيام (الشكل d15.2 وe15.2). تكون الخصائص للأيام التي قبل رقم اليوم الأول المحدد متطابقة مع الخصائص المحددة لرقم اليوم الأول المحدد. وتبقى الخصائص المحددة لرقم اليوم الأخير صالحة لكل الأيام التالية.



الشكل d15.2: تحديد الخصائص المتغيرة لسطح المياه الجوفية المرتبط مع سنة محددة في قائمة خصائص المياه الجوفية.





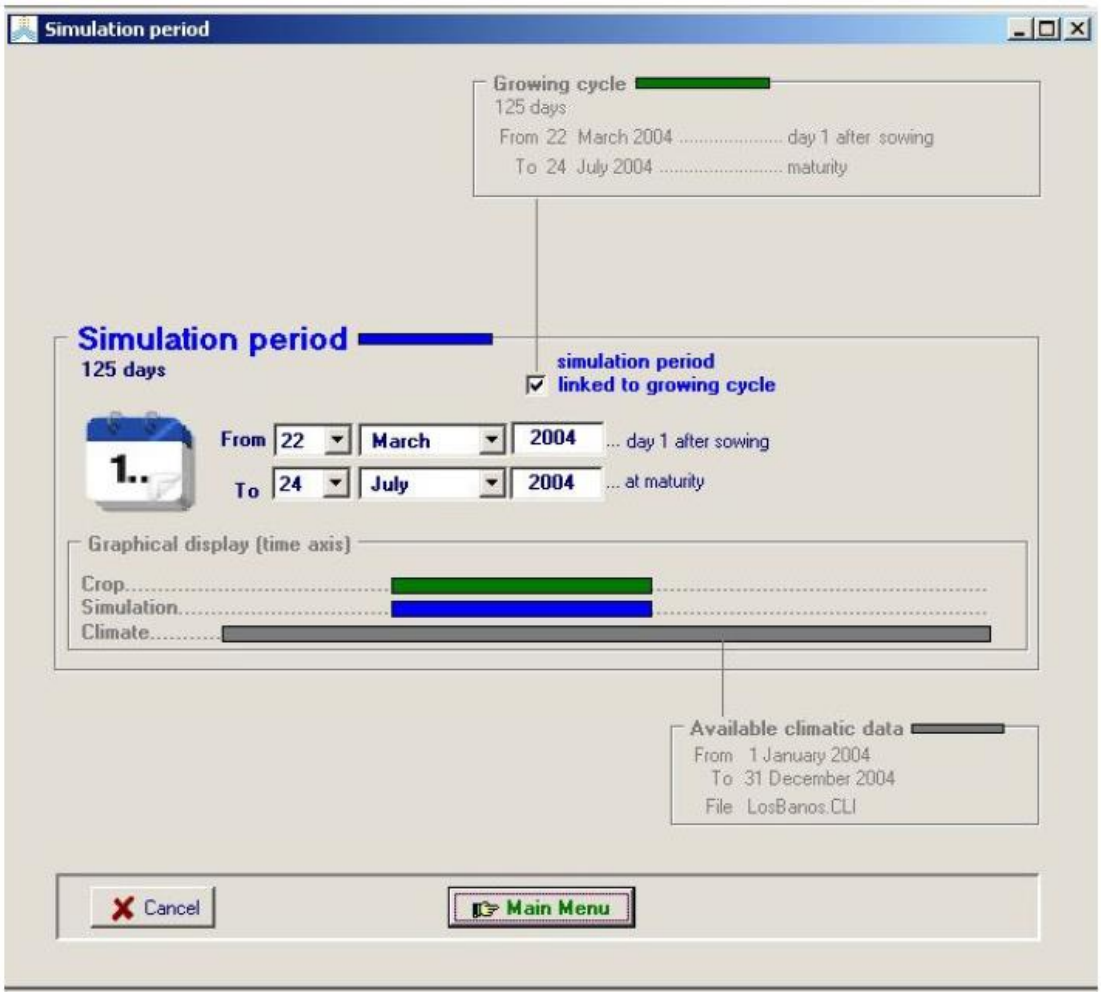
الشكل e15.2 : العرض التخطيطي للخصائص المتغيرة لسطح المياه الجوفية المرتبط مع الأعوام (2000 و2001) في قائمة خصائص المياه الجوفية.

16.2 فترة النمذجة (المحاكاة) Simulation period

يمكن عرض فترة المحاكاة المختارة لتشغيل المحاكاة في قائمة "عرض فترة المحاكاة" *Display of simulation period* وتعديلها في قائمة فترة المحاكاة *Simulation period*. إن طول دورة النمو Growing cycle ومجال البيانات المناخية المتاحة Available climatic data تكون أيضاً معطاة (معروضة) كمرجع في القائمة (شكل a16.2 وb16.2).

1.16.2 تحديد مجال فترة المحاكاة Specifying the range of the simulation period

يقوم المستخدم بضبط مجال فترة المحاكاة عن طريق تحديد اليوم الأول والأخير والشهر وأخيراً السنة. يمكن أن تكون فترة المحاكاة أقصر أو أطول أو مرتبطة مع دورة النمو (شكل a16.2)، طالما أن الفترة لا تتجاوز مجال البيانات المناخية. إذا لم يتم اختيار ملف مناخ climate file، عندها يمكن للمستخدم اختيار أي فترة محاكاة، لكن سيكون من الواجب تحديد البيانات المناخية عند وقت التشغيل.



الشكل a16.2: مواصفات فترة المحاكاة في قائمة فترة المحاكاة *Simulation period* (مرتبطة بدورة النمو (linked to the growing cycle).

الرسم البياني في القائمة يعرض على محور الزمن (1) طول فترة زراعة المحصول و (2) فترة المحاكاة المختارة و (3) طول الفترة الزمنية التي من أجلها تتوفر البيانات المناخية.

2.16.2 يوم البداية لفترة المحاكاة Starting day of the simulation period

يمكن أن تكون فترة المحاكاة مرتبطة بفترة النمو إذا تم الحصول على محتوى التربة المائي من عينات ممثلة مأخوذة من الحقل في بداية دورة النمو أو إذا كان ممكنا تقديره بشكل جيد (شكل a16.2). وهي الحالة الافتراضية.

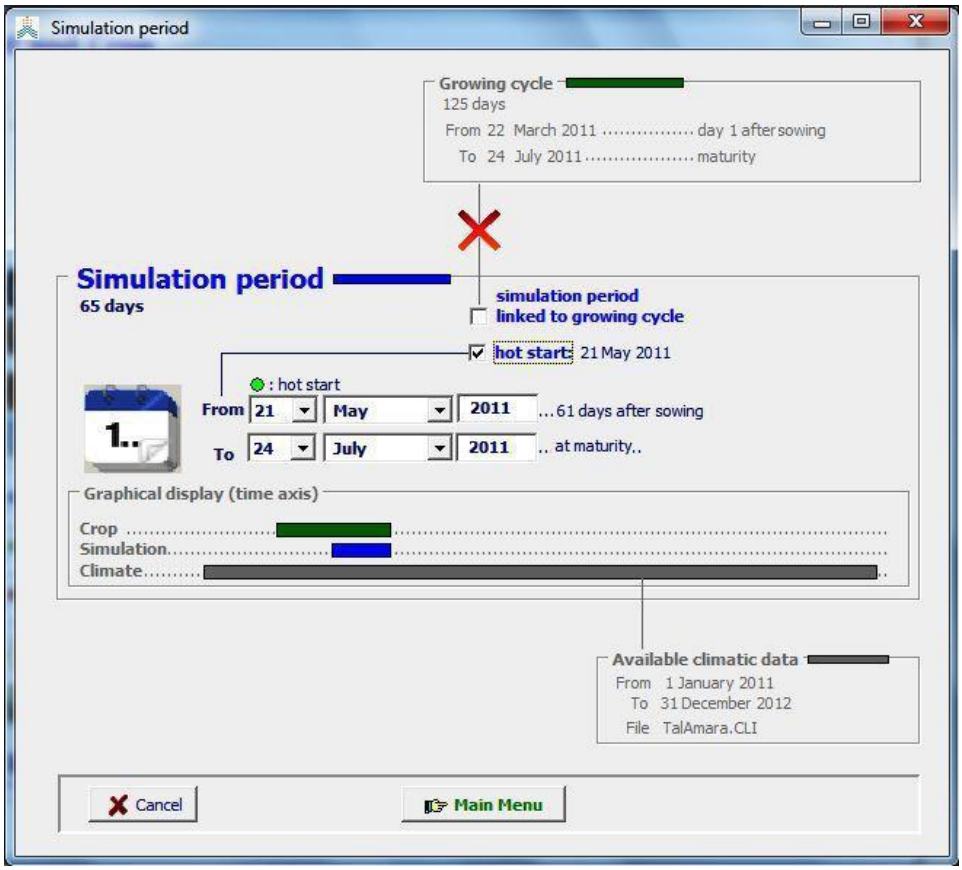
يمكن أن تبدأ المحاكاة في أي يوم يكون تقدير الشروط الابتدائية فيه مقبولا إذا لم تتوفر البيانات الحقلية، كبداية الربيع مثلا عندما يكون محتوى ماء التربة عند السعة الحقلية غالبا بعد أمطار الشتاء الطويلة. يمكن أن يكون موعد بداية آخر لفترة المحاكاة في نهاية فترة طويلة من الجفاف حيث يرجح أن يكون محتوى ماء التربة قريبا من نقطة الذبول. وبما أنه ليس شرطا أن تتطابق فترة المحاكاة مع دورة نمو المحصول، فإن تحديد بداية فترة المحاكاة في موعد مناسب قبل الزراعة هو طريقة جيدة لحسن تقدير الشروط الابتدائية عند إنبات المحصول.

3.16.2 بداية حارة ضمن دورة النمو Hot start within the growing cycle

عندما تنتهي المحاكاة ضمن دورة النمو، تحفظ النتائج النهائية لهذه المحاكاة من أجل التشغيل للمحاكاة اللاحقة (فقرة 17.2). يميز AquaCrop بداية حارة للمحاكاة 'hot start' إذا كان اليوم الأول للتشغيل اللاحق يلي مباشرة اليوم الأخير للمحاكاة السابقة ويقوم بتحميل النتائج النهائية المحفوظة من المحاكاة السابقة، بحيث تصبح الشروط في نهاية المحاكاة السابقة هي الشروط الابتدائية في المحاكاة.

تصبح البداية الحارة متاحة، عند توقيف المحاكاة ضمن دورة النمو (بعد تاريخ البذار/الزراعة وقبل نهاية دورة النمو)، عند العودة إلى القائمة الرئيسية ***Main menu*** (تظهر الرسالة 'hot start pending' تحت فترة المحاكاة Simulation period). عدل الشروط البيئية في القائمة الرئيسية إذا كان هذا ضروريا (مثلا اختر ملف مناخ أو ملف إدارة ري أو ملف إدارة حقل جديد). حدد فترة المحاكاة (بداية حارة) للتشغيل التالي في قائمة فترة المحاكاة ***Simulation period***:

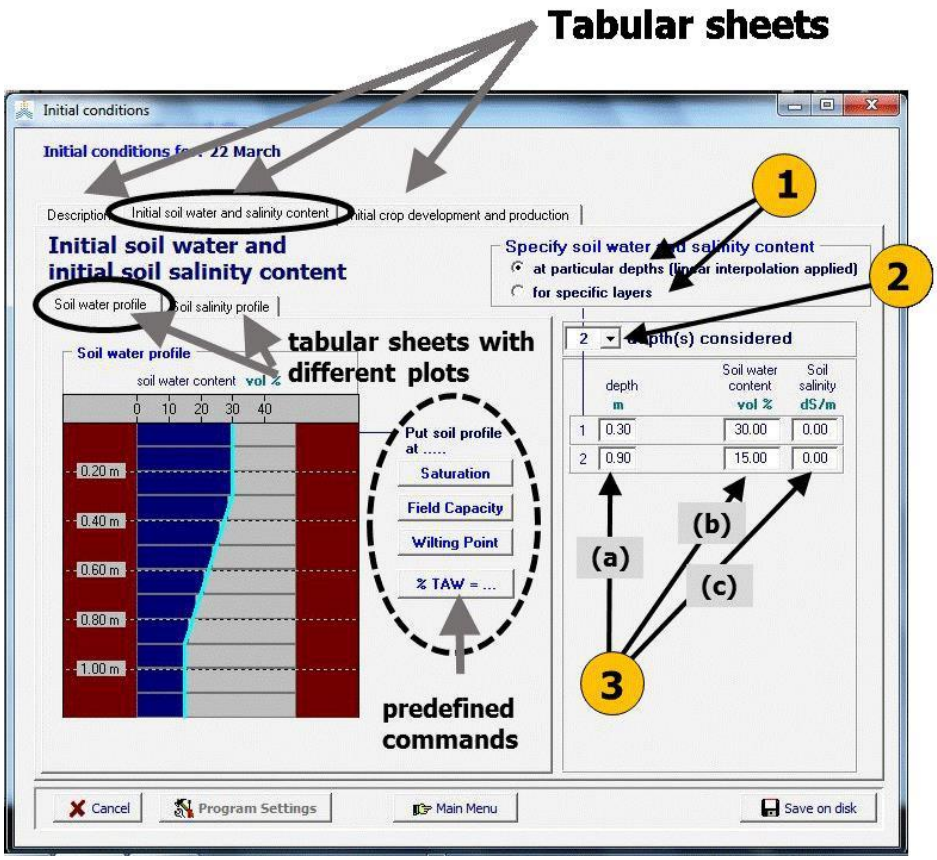
- من From (اليوم الأول يجب أن يكون اليوم الأول لفترة التشغيل التالي هو نفسه اليوم الأخير للتشغيل السابق): لتحقيق شرط البداية الحارة، يقوم AquaCrop بعرض يوم البداية الحارة في قائمة فترة المحاكاة ***Simulation period*** لتسهيل الاختيار. باختيار الخيار 'hot start' يصبح اليوم الأخير للتشغيل السابق هو اليوم الأول للتشغيل التالي (شكل b16.2).
- إلى To (اليوم الأخير): لا حاجة لإعادة تحديد اليوم الأخير إذا كان قد حدد سلفا عند نهاية دورة النمو (أو في تاريخ لاحق)، إذا كان قد حدد عند الاختيار الأولي (شكل a16.2).



شكل b16.2: تحديد بداية حارة hot start في قائمة فترة المحاكاة *Simulation period*.

17.2 الشروط الأولية Initial conditions

يمكن عرض المعلومات التي يستخدمها برنامج AquaCropعند بداية كل تشغيل للمحاكاة في قائمة عرض الشروط الأولية *Display of initial conditions* وتعديلها في قائمة الشروط الأولية *Initial conditions* (الشكل a17.2). حيث تحدد حالة محتوى التربة من الماء والأملاح، تطور الغطاء النباتي والجذور وإنتاج الكتلة الحيوية في بداية أول يوم من فترة المحاكاة.



الشكل a17.2: قائمة الشروط الابتدائية *Initial conditions* وواجهتها: التوصيف 'Description' المحتوى الابتدائي لملوحة وماء التربة 'Initial soil water and salinity content' وتطور المحصول والانتاج الابتدائي'Initial crop development and production' .

1.2.17 المحتوى الأولي للمياه في التربة Initial soil water content

يمكن تحديد محتوى ماء التربة ومحتوى الملوحة في نقاط مختلفة من مقطع التربة عند بداية فترة المحاكاة في واجهة محتوى ماء التربة والملوحة الابتدائيين 'Initial soil water and salinity content' من قائمة الظروف الابتدائية *Initial conditions* (الشكل a17.2):

1. حدد ما إذا كان المحتوى محددا عند عمق معين أو لطبقات تربة محددة. وهذا مختلف عن تحديد عدد طبقات التربة الذي تم في ملف مقطع التربة.
2. اختر عدد الأعماق أو الطبقات المختلفة التي تم الاعتيان منها أو التي يمكن تقدير محتوى الماء والملوحة فيها (من طبقة واحدة ممثلة حتى 12 طبقة/عمق مختلفة).
3. حدد (a) العمق (أو سماكة الطبقة) و (b) محتوى ماء التربة (c) محتوى الملوحة عند كل عمق أو لكل طبقة. يتحدد محتوى ماء التربة بنسبة مئوية حجمية ويتحدد محتوى الملوحة بالناقلية الكهربائية لمستخلص معجون إشباع التربة (EC_e).

يمكن بمساعدة أوامر معرفة مسبقا أن يوضع كامل مقطع التربة عند رطوبة محددة (إشباع، سعة حقلية، نقطة ذبول، نسبة مئوية محددة من TAW) ومحتوى ملوحة محددة (EC_e). يجب اختيار مقطع التربة الصحيح لاستخدام الأوامر المعرفة مسبقا.

- **الشروط الابتدائية عندما تكون فترة المحاكاة مرتبطة بدورة النمو**

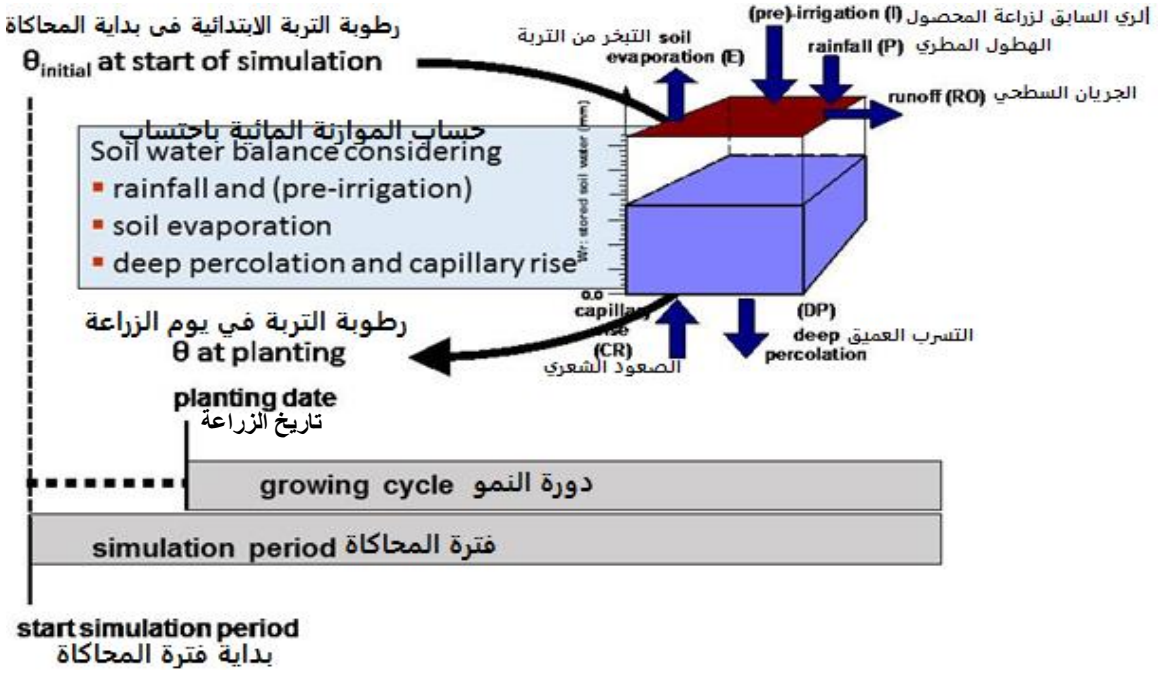
يمكن معرفة محتوى التربة من الماء والأملاح بقياس محتوى التربة المائي في مقطع التربة. في الحالة المثالية يتم أخذ العينات في يوم البذار/الزراعة. وفي هذه الحالة تكون بداية فترة المحاكاة منطبقة على يوم البذار/الزراعة (أي مرتبطة مع دورة النمو). يبقى تقدير الشروط الابتدائية ممكنا في غياب عينات، حيث إن شروط محتوى المياه الأولي في التربة تكون محددة من خلال الظروف المناخية (البخر-نتح والهطول المطري) وعمليات الري في الفترة التي تسبق فترة المحاكاة. فإذا بدأت فترة المحاكاة عند نهاية فصل ماطر جداً، فيمكن لمحتوى مياه التربة في مقطع التربة أن يكون قريباً من السعة الحقلية. إما إذا بدأت المحاكاة في فصل حار وجاف، فعندها يمكن للتربة السطحية topsoil أن تكون رطبة من خلال الري السابق لكن التربة التحتية subsoil ستكون جافة ويكون محتوى المياه قريباً من نقطة الذبول.

- **الشروط الابتدائية عندما تكون تبدأ فترة المحاكاة قبل دورة النمو**

يمكن استخدام قياسات أو عينات أجريت في وقت سابق عند عدم وجود قياسات في تاريخ البذار/الزراعة لتحديد محتوى التربة الأولي للمياه. في هذه الحالة يجب أن تبدأ المحاكاة في اليوم الذي أخذت فيه العينة (أبكر من تاريخ البذار/الزراعة) وتصبح فترة المحاكاة غير مرتبطة بدورة النمو (شكل b17.2). يتم اشتقاق محتوى التربة المائي في تاريخ البذار/الزراعة أثناء تشغيل AquaCrop. يقوم البرنامج بتحديث قيمة الرطوبة الابتدائية $\theta_{initial}$ كل يوم قبل بداية دورة النمو باحتساب الراشح من مياه المطر، الري السابق لدورة النمو، التبخر من التربة، التسرب العميق والصعود الشعري. يجب تقدير محتوى التربة المائي الأولي في غياب أية قياسات أو عينات في بداية فترة المحاكاة:

- يمكن أن يفترض أن رطوبة التربة الابتدائية في الشتاء (كانون الثاني January) قريبة من السعة الحقلية (FC)، في المناخ الذي يتميز بشتاء وافر الأمطار واحتياج تبخري للغلاف الجوي صغير أو مهمل (قيمة تبخر-نتح مرجعي ETo قريبة من الصفر) كما هو الحال في شمال أوروبا، ورغم أن تاريخ بذار/زراعة المحصول هو في الربيع (آذار/نيسان March\April)، يمكن أن تبدأ المحاكاة في أول كانون الثاني/January لأن محتوى التربة المائي الابتدائي يمكن أن يفرض عند للسعة الحقلية.
- يمكن أن يفترض أن رطوبة التربة الابتدائية في نهاية الصيف (منتصف آب mid-August) قريبة من حد الذبول الدائم (PWP)، في المناخ الذي يتميز بصيف معدوم الأمطار واحتياج تبخري للغلاف الجوي عال (قيمة تبخر-نتح مرجعي ETo أكبر من 5 مم) كما هو الحال في منطقة البحر المتوسط، يمكن أن تبدأ فترة المحاكاة في منتصف الصيف (15 آبAugust 15) رغم أن تاريخ البذار /الزراعة في الزراعات البعلية يكون بعد بداية أمطار الشتاء (تشرين الثاني/كانون الأول November/December) لأنه يمكن افتراض محتوى تربة مائي ابتدائي عند السعة الحقلية في ذلك التاريخ.

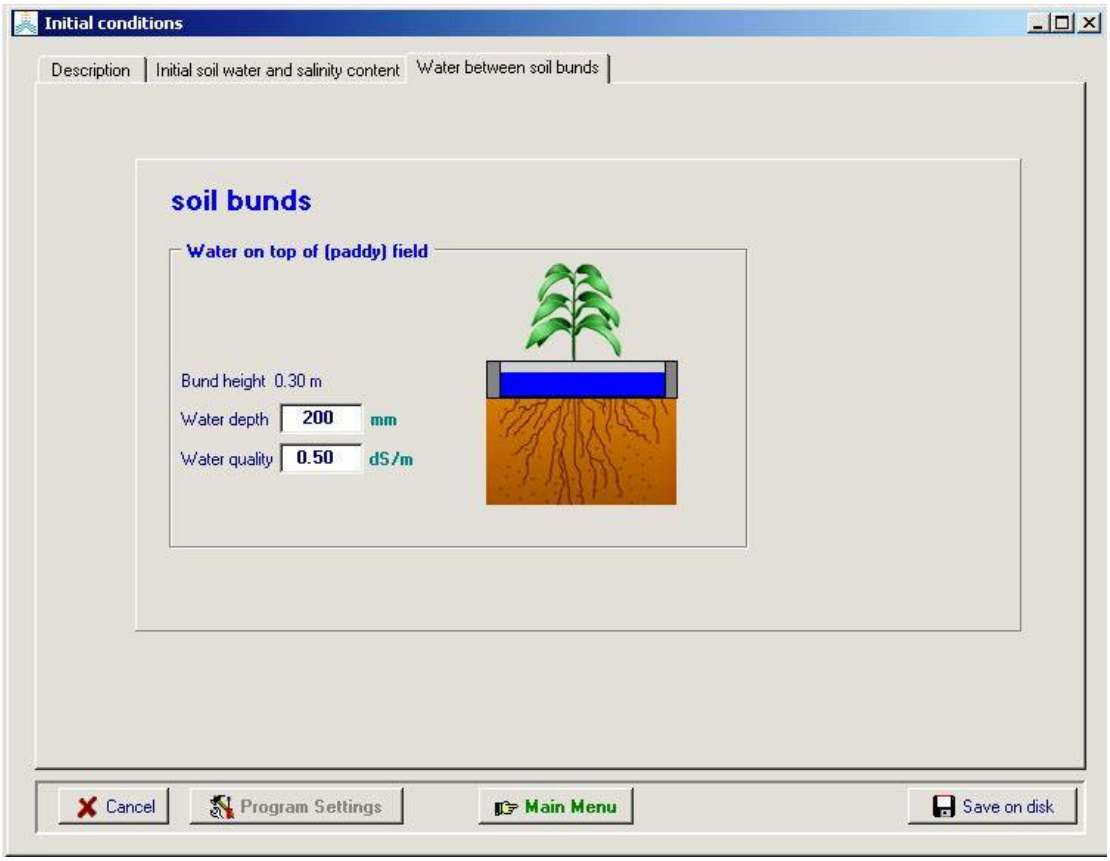
تبدأ فترة المحاكاة في كلتا الحالتين قبل تاريخ البذار/الزراعة للمحصول بمدة ملحوظة (شكل b17.2).



شكل b17.2: تحديد محتوى التربة المائي عند الزراعة باحتساب ظروف الطقس بين بداية المحاكاة وتاريخ البذار/الزراعة.

2.17.2 المياه بين سدات التربة (الأحواض) Water between soil bunds

يمكن تحديد عمق طبقة المياه فوق التربة السطحية وكذلك نوعية هذه المياه، إذا كان الحقل محاطاً بسدات ترابية (حواجز ترابية) (انظر 13.2 إدارة الحقل)، عند بداية تشغيل المحاكاة (الشكل c17.2).

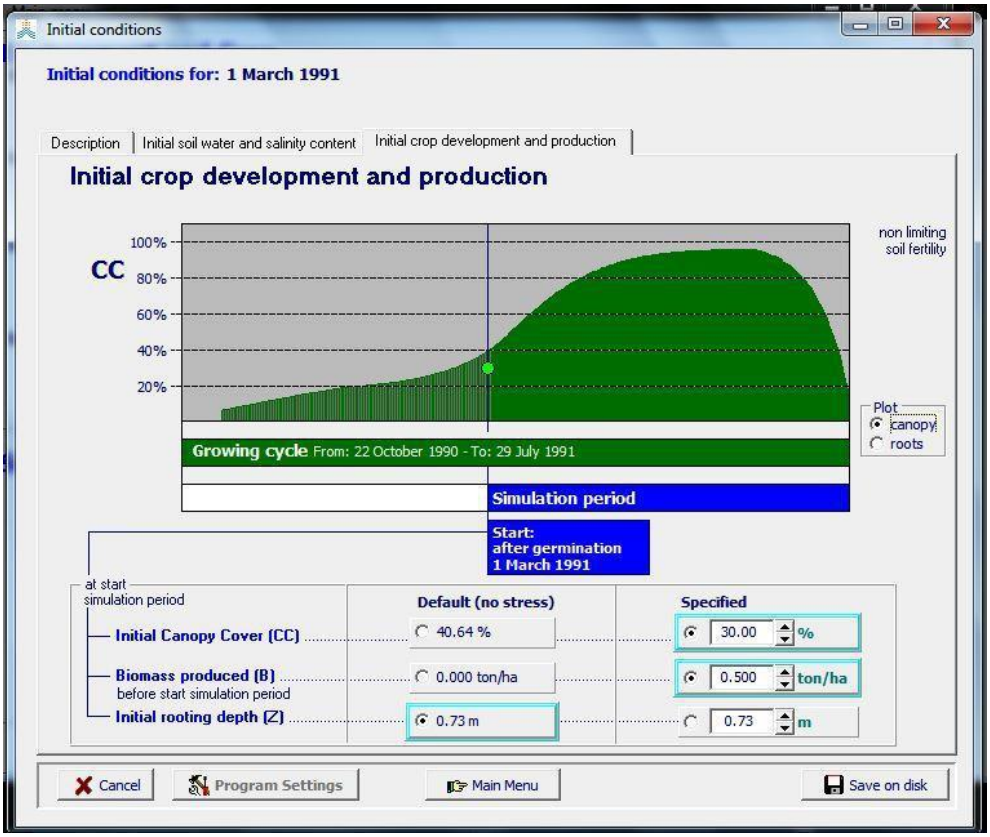


الشكل c17.2: مواصفات عمق ونوعية المياه بين سدات التربة عند بداية فترة المحاكاة في قائمة الشروط الأولية *Initial conditions* عند وجود السدات.

3.17.2 تطور المحصول والإنتاج الابتدائيين Initial crop development and production

يمكن أن يحدد المستخدم بالإضافة إلى محتوى التربة المائي والملحي الابتدائيين، تطور الغطاء النباتي الابتدائي CC وعمق الجذور الأعظمي الابتدائي Z والكتلة الحيوية فوق الأرض B والتي تم إنتاجها قبل بداية فترة المحاكاة في واجهة تطور المحصول والإنتاج الابتدائيين 'Initial crop development and production'.

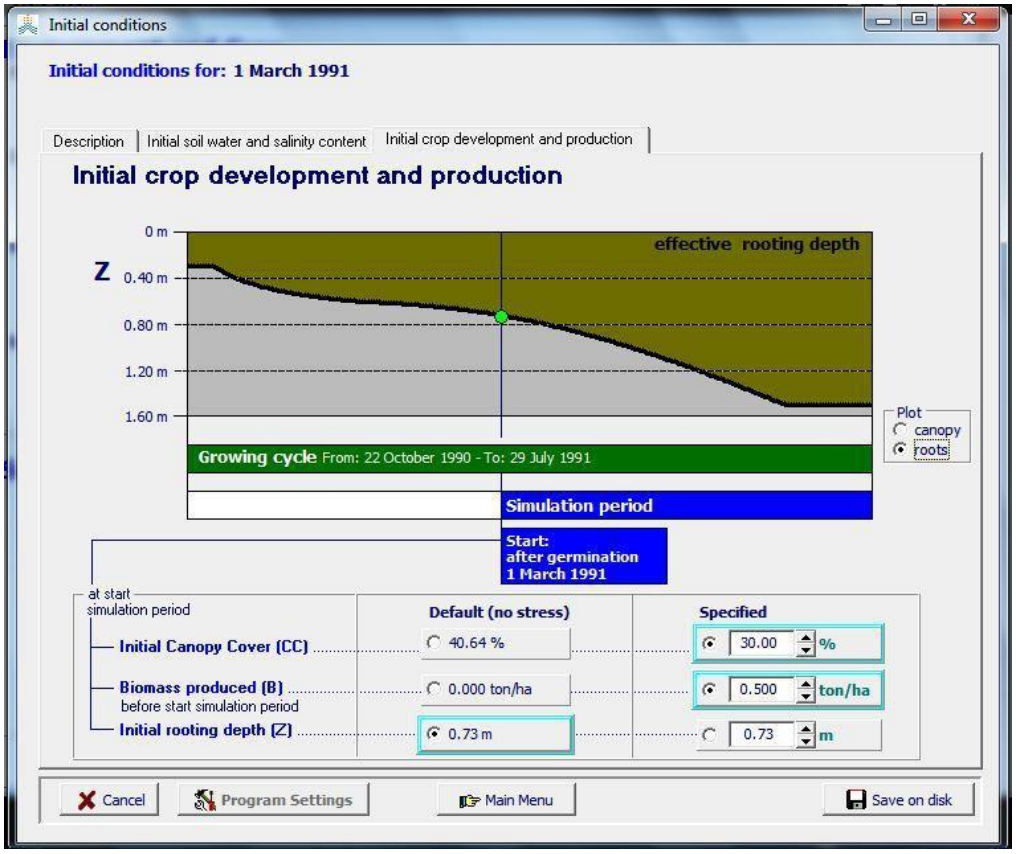
قد نضطر لبدء فترة المحاكاة بعد انبات المحصول إما لعدم توفر تقدير موثوق للشروط الابتدائية قبل الزراعة أو لعدم توفر البيانات المناخية. في حال غياب أية إجهادات فسيكون للغطاء النباتي وعمق الجذور القيمة العظمى التي يمكن الوصول إليها عند نهاية اليوم السابق لبداية فترة المحاكاة. أما إذا تأثر تطور المحصول بأية إجهادات قبل فترة المحاكاة فيوجد خيار لتعديل حالة الغطاء النباتي (CC) وعمق الجذور (Z) في قائمة الشروط الابتدائية ***Initial conditions***, ويمكن تحديد الكتلة الحيوية فوق الأرض (B)التي تم إنتاجها عند بداية المحاكاة (إذا وجدت) في نفس القائمة (شكل d17.2 و e17.2). يمكن قياس هذه الشروط الابتدائية في الحقل أو يمكن تقديرها بمساعدة الاستشعار عن بعد.



شكل d17.2: تحديد الغطاء النباتي الأخضر CC والكتلة الحيوية فوق الأرض B التي تم إنتاجها عند بداية فترة المحاكاة في قائمة الشروط الابتدائية *Initial conditions* لفترة المحاكاة التي تبدأ بعد الإنبات.

يحدد المستخدم ما يلي كشروط ابتدائية في بداية اليوم الأول من فترة المحاكاة:

1. الغطاء النباتي الابتدائي(CC) كنسبة مئوية، إذا كان مختلفا عن الغطاء النباتي الأعظمي الذي كان يمكن الوصول إليه بدون إجهادات مائية (وهي الحالة الافتراضية)، عند بداية فترة المحاكاة (شكل d17.2).
2. الكتلة الحيوية فوق الأرض (B) التي تم انتاجها عند بدء فترة المحاكاة بالطن/هكتار، إذا كانت مختلفة عن الصفر (وهو الحالة الافتراضية) (d17.2).
3. عمق الجذور الابتدائي بالمتر، إذا كان مختلفا عن عمق الجذور الأعظمي الذي كان يمكن الوصول إليه بدون إجهادات مائية (وهو الحالة الافتراضية)، عند بداية فترة المحاكاة (e17.2).



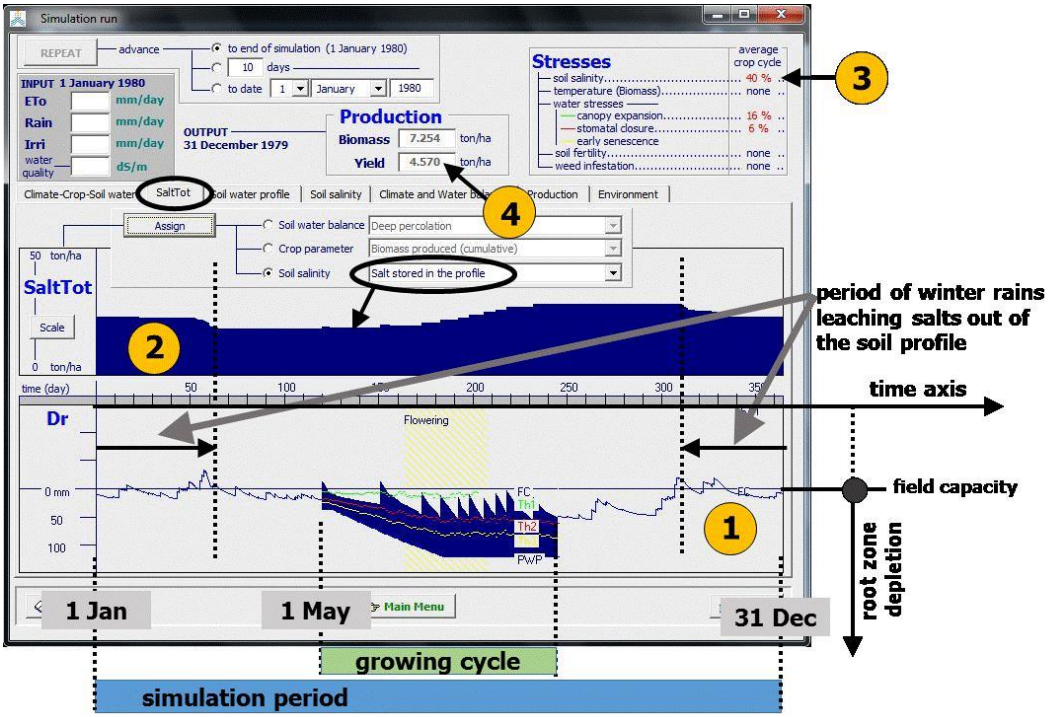
شكل e17.2: تحديد عمق الجذور الأعظمي Z عند بداية فترة المحاكاة في قائمة الشروط الابتدائية *Initial conditions* لفترة المحاكاة التي تبدأ بعد الإنبات.

4.17.2 احفظ/أعد تعيين الشروط الابتدائية Keep/Reset initial conditions

تعتبر الشروط الابتدائية المحددة في قائمة الشروط الابتدائية افتراضيا هي نفسها في بداية كل تشغيل للمحاكاة (أعد الإعدادات إلى شروط بدائية محددة .RESET to specified Initial conditions). يقدم برنامج AquaCrop خيارا لاعتبار محتوى ماء التربة والملوحة الذي تمت محاكاته في نهاية فترة المحاكاة شروطا ابتدائية للتشغيل القادم (احفظ القيم من تشغيل المحاكاة السابق KEEP values from previous simulation run). بما أن هذا الخيار ليس الخيار الافتراضي فهو يحتاج لتغيير إعدادات أحد بارامترات البرنامج والذي يتم إجراؤه في قائمة إعدادات البرنامج: معاملات تشغيل المحاكاة ***Program settings: Simulation run parameters*** (الفقرة 6.17.2). ينطبق الإعداد **<KEEP values from previous simulation run>** طالما بقي ملف التربة بدون تغيير ولم يتم إعادة نعيين الخيار إلى حالته الافتراضية**<RESET to specified initial conditions>**.

يكون التشغيل مع خيار"KEEP" مفيدا مثلا لمحاكاة تراكم الأملاح عبر السنوات المتعاقبة. بإعادة المحاكاة مع اعتبار كامل العام كفترة محاكاة، يمكن دراسة تأثير غسيل أمطار الشتاء للأملاح خارج منطقة الجذور.

في المثال المعروض في الشكل f17.2 تم تشغيل محاكاة متعاقبة لمحصول بندورة مزروع في أول أيار/May في منطقة تونس في تونس في تربة لومية غضارية رملية متجانسة. تم ري المحصول بالخطوط وتم تزويده بري مسبق عند الزراعة. كانت مياه الري المستخدمة سيئة النوعية (4 dS/m) تم تشغيل المحاكاة من أول كانون الثاني/Jan حتى 31 كانون الأول/Dec وكررت لعدد من السنوات حتى أصبح محتوى الملوحة في منطقة الجذور وإجهاد الملوحة وهبوط انتاج المحصول عند مستو ثابت تقريبا.

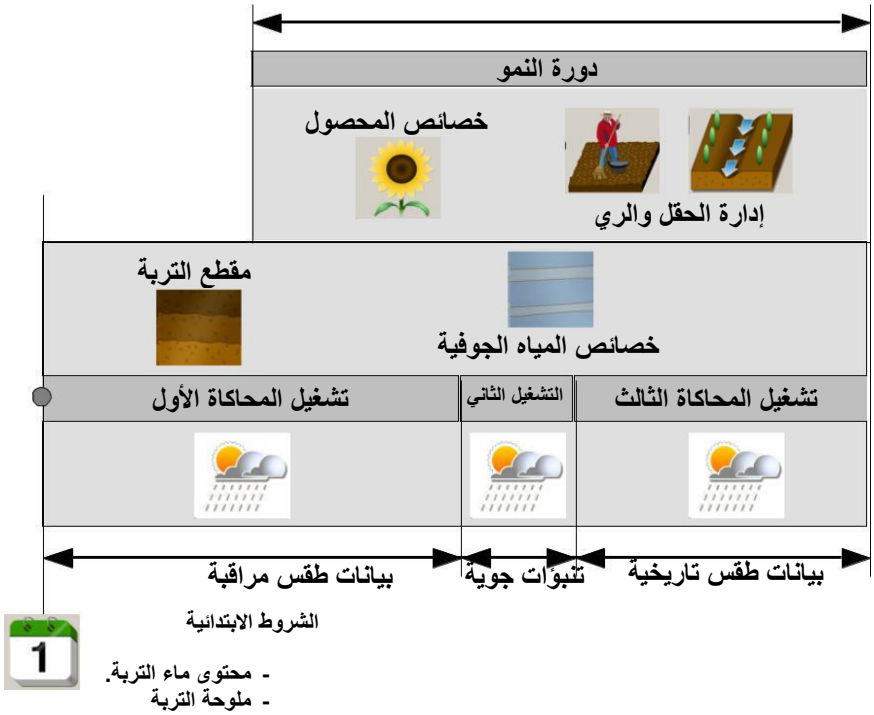


شكل f17.2: يظهر في قائمة تشغيل المحاكاة *Simulation run*(1) استهلاك ماء منطقة الجذور root zone depletion (2) الملح المخزون في منطقة الجذور (3) إجهادات ملوحة التربة (4) غلة المحصول، كنتيجة للري باستخدام مياه سيئة النوعية وتأثير غسيل مياه الأمطار خارج فترة النمو. تم تكرار التشغيل لعدة سنوات مع خيار احفظ KEEP للشروط الابتدائية.

5.17.2 بداية حارة ضمن دورة النمو Hot start within the growing cycle

عندما تنتهي المحاكاة ضمن دورة النمو، تحفظ النتائج النهائية لهذه المحاكاة من أجل التشغيل للمحاكاة اللاحقة. يميز AquaCrop بداية حارة للمحاكاة 'hot start' إذا كان اليوم الأول للتشغيل اللاحق يلي مباشرة اليوم الأخير للمحاكاة السابقة ويقوم بتحميل النتائج النهائية المحفوظة من المحاكاة السابقة، بحيث تصبح الشروط في نهاية المحاكاة السابقة هي الشروط الابتدائية في المحاكاة. تكون البداية الحارة هي الخيار الافتراضي في حالة تشغيل محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو (فقرة 6.17.2 إعدادات البرنامج).

تفيد البداية الحارة عند تشغيل AquaCrop للحصول على تقدير أولي للغلة قبل نهاية الموسم الحالي، أو لتقييم احتياجات الري للقسم المتبقي من الموسم. يتم هذا الإجراء بتشغيل سلسلة متعاقبة من المحاكاة بملفات مناخية مختلفة وبالتالي ملفات إدارة ري مختلفة (جدول a17.2).



شكل g17.2: ثلاثة عمليات محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو، ولكل منها ملف مناخي خاص بها.

في المثال المعروض في الشكل g17.2, تقدم التشغيل الأول حتى اليوم i من الموسم باستعمال بيانات مناخية مقاسة لتلك الفترة، واستمر التشغيل الثاني لمدة n يوما ببيانات مناخية متوقعة، واستمر التشغيل الثالث من اليوم (i+n+1) حتى نهاية دورة النمو ببيانات مناخية تاريخية. يمكن الحصول على مجال التغيرات الذي يمكن أن تكون الغلة أو احتياجات الري ضمنه بإعادة التمرين ببيانات تاريخية مختلفة للتشغيل الثالث. تصبح سلسلة البيانات المناخية المقاسة أطول مع تقدم الموسم ويصبح التقدير أكثر دقة. يمكن أن يكون لكل واحد من التشغيلات الثلاث ملف إدارة الري الخاص به عند تقيم احتياجات الري للقسم المتبقي من الموسم. مثلا، يمكن أن يكون للتشغيل الأول جدول ري مراقب 'irrigation schedule' ويكون للتشغيل الثاني ملف ري بمعيار لتوليد ملف ري 'generate an irrigation schedule' وللتشغيل الثالث ملف ري بتحديد احتياج الري الصافي 'determine net irrigation requirement'.

جدول a17.2: خطوات تشغيل سلسلة محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو

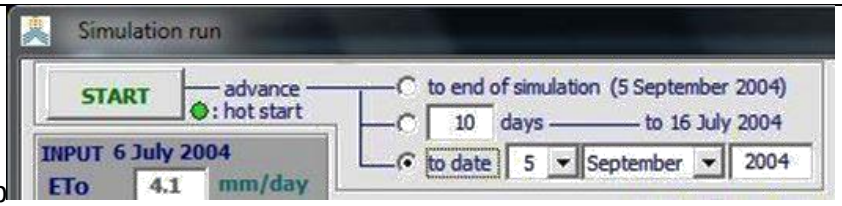
1- اختر ملف محصول.
2- حدد تاريخ البذار/الزراعة.
3- حدد البيئة. يتم تحديد البيئة إما بقبول الإعدادات الافتراضية أو باختيار الملفات المناسبة للمناخ وإدارة الري وإدارة الحقل وملف مقطع تربة وملف مياه جوفية وملف شروط ابتدائية.
4- تحديد فترة المحاكاة للتشغيل الأول (شكل a16.2).
From (اليوم الأول): يمكن أن تبدأ فترة المحاكاة قبل أو عند أو بعد تاريخ البذار/الزراعة. وهو اليوم الذي تكون الشروط الابتدائية منطبقة عليه.
To (اليوم الأخير): ينصح باختيار اليوم الأخير من دورة النمو أو يوم لاحق كآخر يوم من فترة المحاكاة, عند تشغيل سلسلة متعاقبة من التشغيلات ضمن دورة النمو. وهذا يسهل الإعدادات لتشغيل سلسلة المحاكاة المتعاقبة في الخطوة رقم 10.

كرر الخطوات من 5 إلى 10 حتى نهاية دورة النمو:

5- ابدأ المحاكاة باختيار <run> من القائمة الرئيسية***Main menu*** .
6- حدد في لوحة التقدم advance panel في الزاوية العلوية اليسرى من قائمة تشغيل المحاكاة ***Simulation run*** (شكل a-h17.2) إما: تاريخ (الخيار ' to date:') أو عدد الأيام التي يجب أن يحاكيها البرنامج (الخيار 'n days'). ستكون البداية الحارة متاحة في هذه الحالة للتشغيل اللاحق عندما يكون اليوم الذي تم التقدم إليه أقل من نهاية دورة النمو. تظهر رسالة بداية حارة 'hot start :●' في لوحة التقدم، في أي تشغيل تكون فيه شروط البداية الحارة محققة (شكل b-h17.2)

a

b



شكل h17.2: تحديد التاريخ الذي يجب أن يتقدم إليه التشغيل، في بداية تشغيل المحاكاة، في لوحة التقدم advance في قائمة تشغيل المحاكاة *Simulation run*

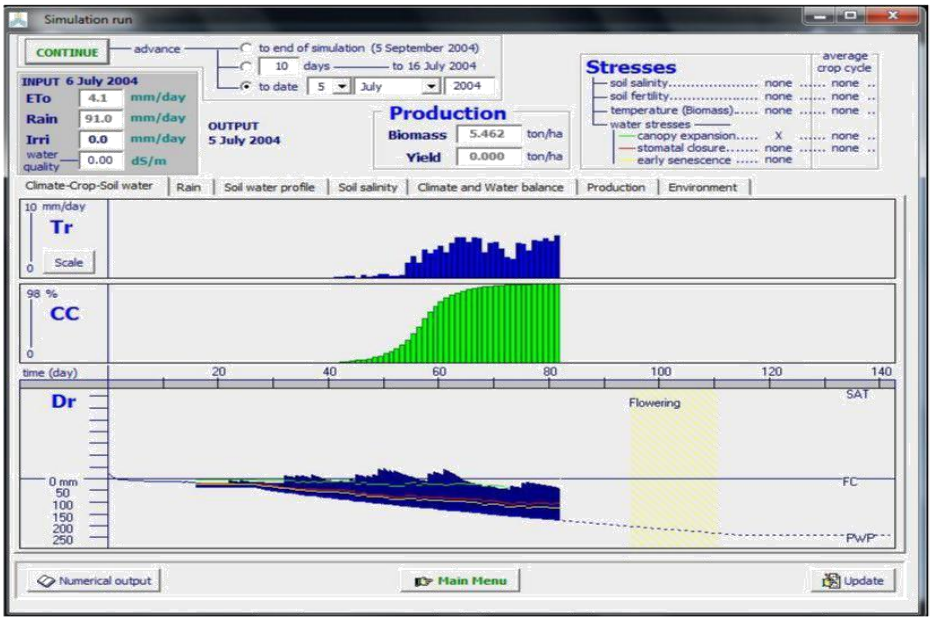
7- ابدأ المحاكاة، والتي سوف تتوقف في التاريخ المحدد في لوحة التقدم (شكل i17.2).

8- أغلق قائمة تشغيل المحاكاة *Simulation run* وعد إلى القائمة الرئيسية *Main Menu*. إذا كانت المحاكاة قد توقفت ضمن دورة النمو (بعد تاريخ البذار/الزراعة وقبل نهاية دورة النمو)، ستصبح البداية الحارة متاحة في التشغيل القادم وسيتم حفظ الشروط النهائية التي تمت محاكاتها. ستعرض رسالة 'hot start pending' تحت فترة المحاكاة في القائمة الرئيسة.

9- عدل الشروط البيئية إذا دعت الضرورة (اختر ملف مناخي أو ملف إدارة ري أو ملف إدارة حقل جديد).

10- حدد فترة المحاكاة للتشغيل اللاحق (شكل b16.2):

- من From (اليوم الأول): لتحقيق شرط البداية الحارة يجب أن يكون اليوم الأول لفترة التشغيل التالي هو نفسه اليوم الأخير للتشغيل السابق، يقوم AquaCrop بعرض يوم البداية الحارة في قائمة فترة المحاكاة ***Simulation period*** لتسهيل الاختيار. باختيار الخيار 'hot start' يصبح اليوم الأخير للتشغيل السابق هو اليوم الأول للتشغيل التالي (شكل b16.2).
- إلى To (اليوم الأخير): لا حاجة لإعادة تحديد اليوم الأخير إذا كان قد حدد سلفا عند نهاية دورة النمو (أو في تاريخ لاحق)، إذا كان قد حدد عند الاختيار الأولي (الخطوة 4).



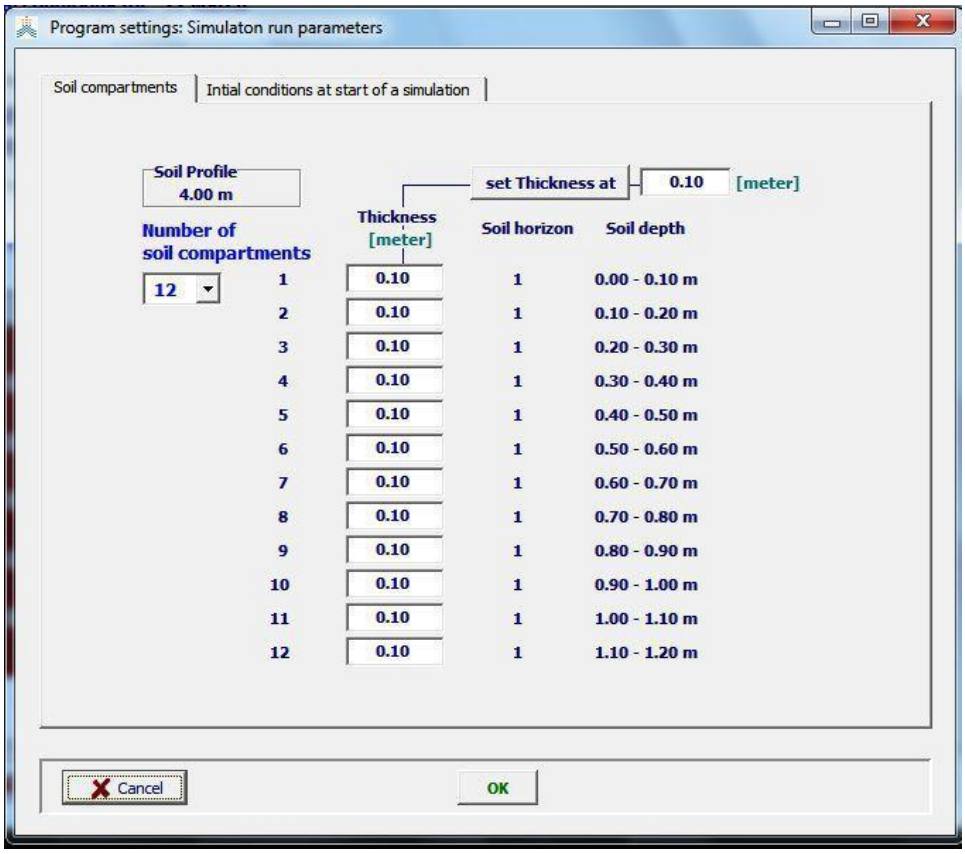
شكل i17.2: نهاية المحاكاة ضمن دورة النمو

6.17.2 إعدادات البرنامج Program settings

في إعدادات البرنامج، يمكن للمستخدم تعديل عدد وحجم حُجرات (أقسام) التربة Soil compartments وتغيير الإعدادات المفترضة عند بداية تشغيل المحاكاة.

- **حُجرات (أقسام) التربة Soil compartments**

من أجل الوصف الدقيق لاحتجاز وحركة المياه والأملاح في مقطع التربة خلال موسم النمو، يقوم برنامج AquaCrop بتقسيم مقطع التربة إلى أجزاء صغيرة (انظر إلى موازنة مياه التربة في الفصل 3)، حيث يتم تقسيم مقطع التربة إلى حُجرات تربة soil compartments(عددها الافتراضي 12) بثخانة افتراضية thickness Dz = 0.10m. ومع ذلك، بعد اختيار المحصول يقوم برنامج AquaCrop بتعديل حجم الحُجرات لتغطي كامل منطقة الجذر وذلك إذا تجاوز عمق التجذير الأعظمي rooting depth القيمة 1.20 متر. من أجل مناطق الجذر العميقة، تكون Dz غير ثابتة إنما تزداد بشكل أسي exponentiallyمع العمق، بحيث يمكن وصف الرشح (أو تسرب المياه للأسفل) infiltration وتبخر مياه التربة ونتح المحصول من طبقات التربة العليا بتفاصيل كافية. تكون الخصائص الهيدروليكية لكل حُجرة compartment هي خصائص طبقة التربة التي تنتمي لها تلك الحجرة. يكون لدى المستخدم خياراً في إعدادات البرنامج، لاستبدال إعدادات برنامج AquaCrop عن طريق تعديل عدد وسماكة حجرات التربة (شكل j17.2).

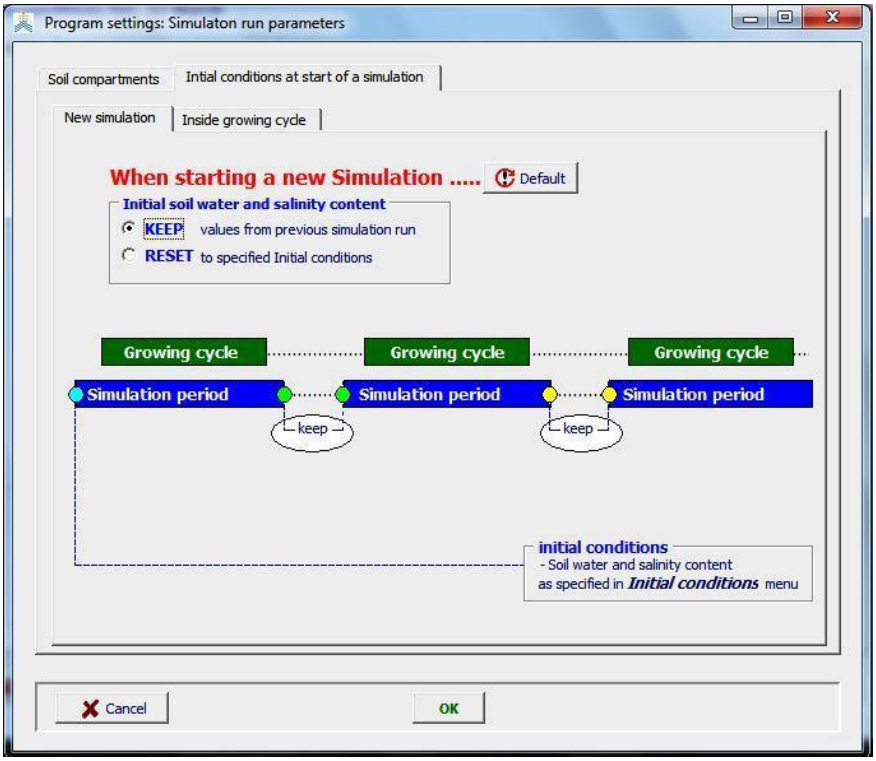


شكل j17.2: تحديد عدد وسماكة أقسام التربة في قائمة إعدادات البرنامج: بارامترات تشغيل المحاكاة the *Program settings: Simulation run parameters*

- **إعدادات عند بداية تشغيل المحاكاة Setting at the start of the simulation run**

محاكاة جديدة (ليست ضمن دورة النمو)New simulation (not within the growing cycle)

عند بدء تشغيل محاكاة جديدة، يتم بشكل افتراضي إعادة تعيين شروط محتوى مياه التربة وملوحة التربة في مقطع التربة إلى الشروط الأولية المحددة (انظر1.17.2). وهذا صحيح عندما لا تكون تشغيلات المحاكاة المتتالية مرتبطة في الوقت (زمنياً) أو تكون مطبقة على حقول مختلفة. مع الخيار "حافظ" Keep، فإن محتوى مياه التربة وملوحة التربة عند نهاية تشغيل المحاكاة تصبح محتوى مياه التربة وملوحة التربة عند بداية التشغيل التالي (شكل k17.2). هذا يفترض بأن التشغيلات المختلفة تشير كلها إلى حقل واحد معين وأنها متعاقبة في الزمن (يتم زرع محصول واحد تلو الآخر في نفس الحقل). من الواضح أنه في مثل هذه الحالات فإن المستخدم لا يعود بإمكانه تغيير نوع التربة.

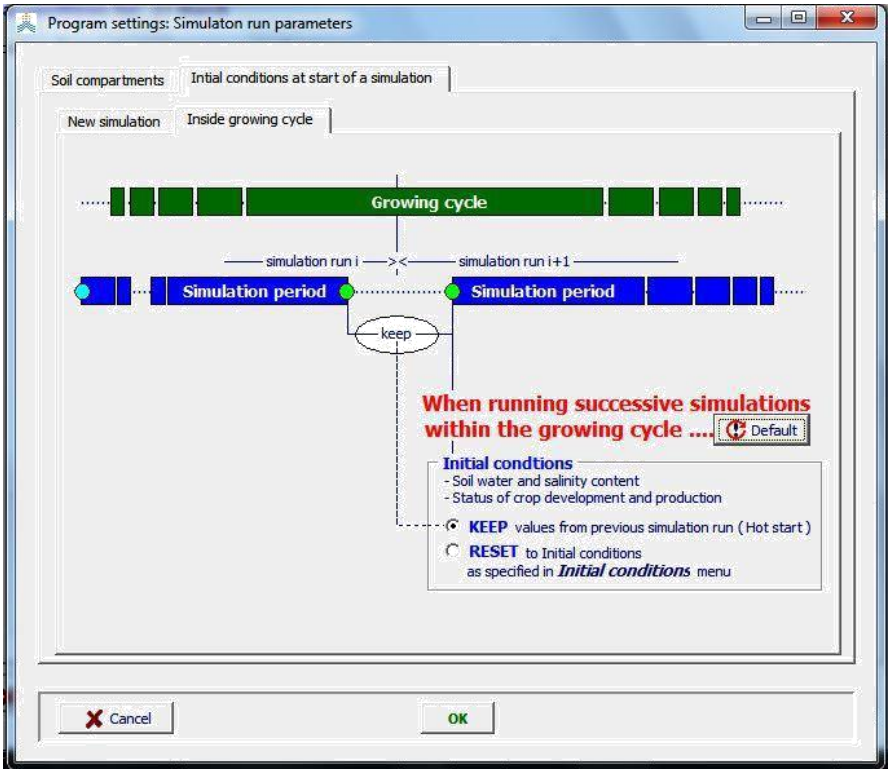


شكل k17.2: تحديد بارامترات البرنامج من أجل محتوى التربة المائي ومحتوى التربة الملحي الابتدائيين في قائمة إعدادات البرنامج: بارامترات تشغيل المحاكاة the *Program settings: Simulation run parameters*

يبقى الخيار <KEEP values from previous simulation run> منطبقا طاما بقي نفس ملف التربة ولم يتم إعادة الخيار إلى الحالة الافتراضية (<RESET to specified initial conditions>).

ضمن دورة النمو Inside growing cycle

تكون البداية الحارة متاحة في AquaCrop عند تشغيل سلسلة محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو، يصبح محتوى التربة المائي ومحتوى التربة الملحي وحالة تطور المحصول والإنتاج التي تمت محاكاتها في نهاية المحاكاة هي الشروط الابتدائية للتشغيل اللاحق في حالة البداية الحارة والتي هي الحالة الافتراضية في قائمة إعدادات البرنامج: بارامترات تشغيل المحاكاة Program *settings: Simulation run parameters* (شكل m17.2).



شكل m17.2: الخيار الافتراضي لبارامترات البرنامج للشروط الابتدائية، عند تشغيل سلسلة محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو، في قائمة إعدادات البرنامج: بارامترات تشغيل المحاكاة the *Program settings: Simulation run parameters*

تبقى البداية الحارة منطبقة طالما:

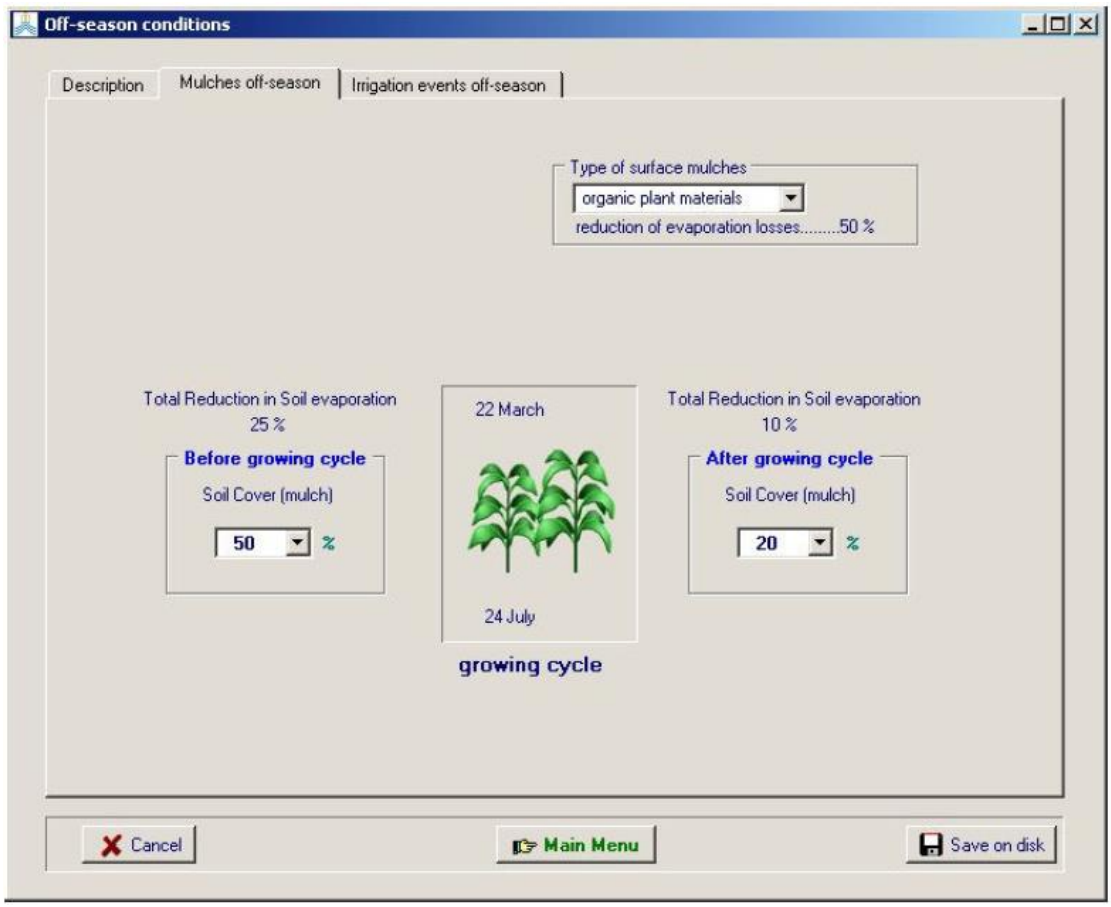
- لم يغير المستخدم بين التشغيلات المتعاقبة ملف المحصول أو التربة أو الشروط الابتدائية المحددة في قائمة الشروط الابتدائية.
- نهاية المحاكاة السابقة ضمن دورة النمو.
- اليوم الأول لفترة المحاكاة يلي مباشرة اليوم الأخير من المحاكاة السابقة.

18.2 الشروط المسيطرة خارج موسم النمو Off season Conditions

إذا كانت فترة المحاكاة simulation period (انظر 16.2 فترة المحاكاة) ليست مرتبطة تماماً مع دورة النمو growing cycle إنما تبدأ قبل غرس أو بذار المحصول أو تنتهي بعد وقت النضج، عندها يجب أن تؤخذ شروط الإدارة خارج فترة دورة النمو بعين الاعتبار. يمكن عرض المعلومات المستخدمة من قبل برنامج AquaCrop خارج وقت الموسم (مثل وجود تغطية للتربة mulches وعمليات الري ونوعية مياه الري خارج دورة النمو) في قائمة عرض الشروط خارج الموسم *Display of off-season conditions* وتحديثها في قائمة الشروط خارج الموسم *Off-season conditions* (الشكل a18.2 و b18.2).

1.18.2 تغطية التربة في خارج الموسم Mulches in the Off-season

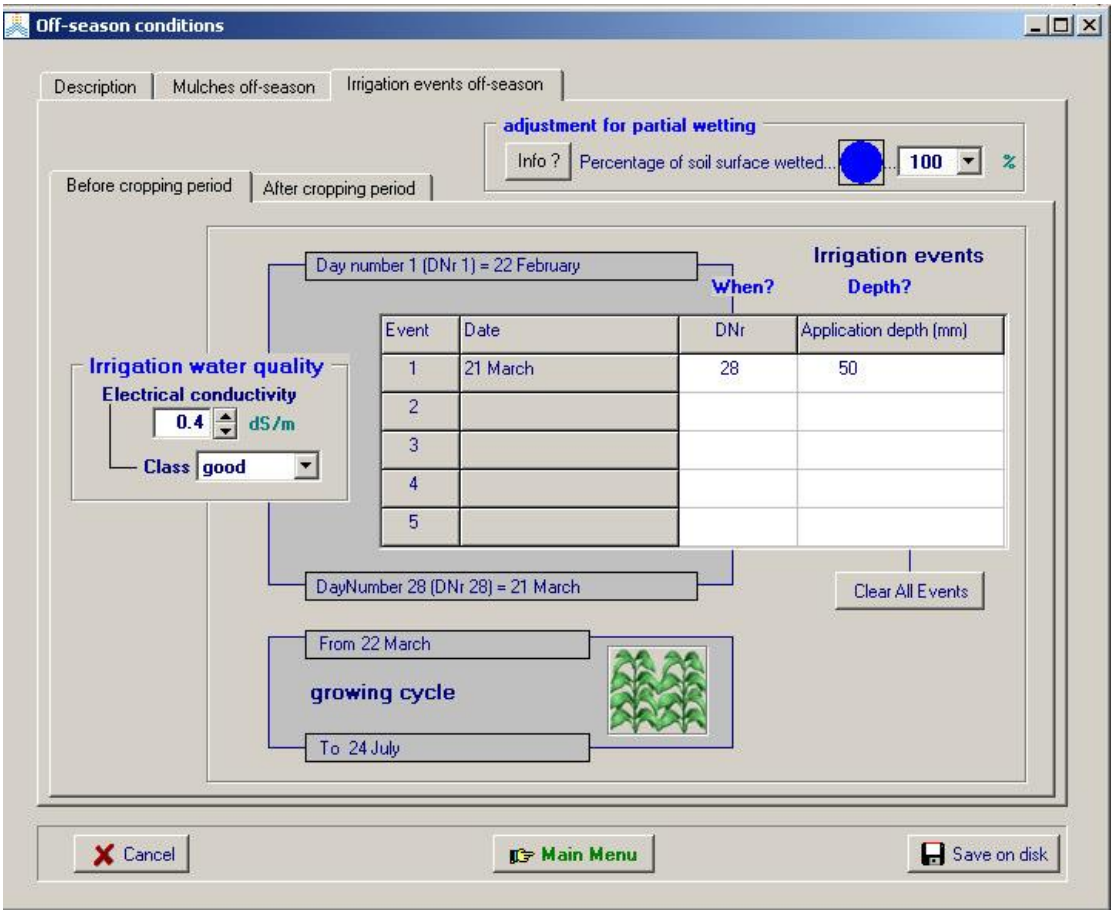
يمكن تحديد تغطية التربة mulches للأرض غير المزروعة (الأرض البور أو التي تكون بوضع الإراحة fallow land) قبل أو بعد دورة النمو ونوع التغطية كما في الشكل a18.2. يقلل غطاء التربة من خسارة المياه عن طريق التبخر من الأرض غير المزروعة.



الشكل a18.2: مواصفات التغطية في قائمة الشروط خارج موسم النمو *Off-season conditions*.

2.18.2 عمليات الري في خارج الموسم Irrigation events in the off-season

يمكن جدولة مواعيد الري لتغطي فترة زمنية قبل أو بعد دورة النمو (الشكل b18.2). هذا يسمح للمستخدم بمحاكاة ري مسبق pre-irrigation قبل بذار أو غرس المحصول أو جدولة عمليات ري خارج موسم المحصول لغسل الأملاح المتراكمة في منطقة الجذر. يمكن تحديد نوعية مياه الري خارج الموسم، التي من الممكن أن تختلف عن النوعية خلال الموسم، عن طريق اختيار فئة نوعية لمياه الري (الجدول 18.2) أو عن طريق تحديد قيمة للناقلية الكهربائية لمياه الري.



الشكل b18.2: مواصفات الري السابق (لفترة زراعة المحصول) pre-irrigation في قائمة الشروط خارج الموسم.

جدول 18.2: الفئات والقيم الافتراضية الموافقة لنوعية مياه الري

Class Quality of irrigation water فئة نوعية مياه الري	Electrical Conductivity (dS/m) الناقلية الكهربائية	
	Default value القيمة الافتراضية	Range المجال
excellent ممتازة	0	0.0 ... 0.2
good جيدة	0.4	0.3 ... 1.0
Moderate متوسطة	1.0	1.1 ... 2.0
Poor رديئة	1.7	2.1 ... 3.0
very poor رديئة جداً	2.5	> 3.0

19.2 خصائص المشروع Project characteristics

عند تشغيل المحاكاة، يؤخذ بالاعتبار الشروط الأولية القابلة للتطبيق عند بداية فترة المحاكاة والظروف البيئية ذات الصلة خلال فترة المحاكاة. إذا كانت فترة المحاكاة لا تتطابق تماما مع دورة نمو المحصول، عندها تؤخذ الشروط الصالحة خارج الموسم off-season conditions بعين الاعتبار. قبل تشغيل المحاكاة، يمكن للمستخدم (في القائمة الرئيسية) تحديد تاريخ البذار وفترة المحاكاة والظروف البيئة الأولية وخارج الموسم المناسبة (ملف المشروع هو "لا شيء" "None"). كما يمكن للمستخدم تحميل ملف مشروع يحتوي على كافة المعلومات المطلوبة لذلك التشغيل.

عندما يتم اختيار ملف مشروع project file، فيمكن عرض خصائصه في قائمة عرض خصائص المشروع *Display of project characteristics* وتحديثها في قائمة خصائص المشروع *Project characteristic*.

1.19.2 مشاريع التشغيل الواحد ومشاريع التشغيل المتعدد Single run and multiple run projects

يتم التمييز بين المشاريع التي تحتوي على المعلومات المطلوبة لتشغيل محاكة منفردة single run(تكون لاحقة اسم الملف "PRO") والمشاريع التي تتألف من مجموعة من التشغيلات المتتالية، أو ما يدعى بمشاريع التشغيل المتعدد multiple run projects (تكون لاحقة اسم الملف "PRM").

في حالة المشروع المتعدد التشغيلات، يمكن للمستخدم تقييم تأثير الظروف الجوية (الأمطار والطلب التبخري ودرجة حرارة الهواء) على تطور المحصول والإنتاج عن طريق تشغيل محاكاة خاصة لعدد من السنوات المتعاقبة. يمكن أيضا استخدام مشروع متعدد التشغيل لمحاكاة تناوب أو دورة المحاصيل crop rotation (محاصيل مختلفة متلاحقة).

2.19.2 بنية ملف المشروع Structure of project files

ملف المشروع هو ملف نصي يحتوي (a) معلومات عن المشروع (b) فترة المحاكاة وزراعة المحاصيل (c) إعدادات معاملات البرنامج (d) أسماء ملفات (المحصول، البيئة، الشروط الابتدائية) المطلوبة من أجل تشغيل المحاكاة (جدول a19.2).

جدول a19.2: بنية ملف مشروع

رقم السطر	الوصف
a- معلومات	
1	وصف المشروع
2	رقم نسخةAquaCrop
b- فترة المحاكاة والزراعة (دورة النمو) للتشغيل الأول	
3	رقم اليوم [1] لأول يوم من فترة المحاكاة.
4	رقم اليوم [1] لآخر يوم من فترة المحاكاة
5	رقم اليوم [1] لأول يوم من دورة النمو
6	رقم اليوم [1] لآخر يوم من دورة النمو
c. – معاملات البرنامج	
7 -27	القيم لمعاملات البرنامج وعددها 21
d –الاسم [2] والمكتبة [3] لاثني عشر ملفا تحوي خصائص المحصول المضبوط بدقة و البيئة (المناخ, الإدارة, والتربة) والشروط الابتدائية.	
28 - 37	ملف مناخ والملفات المتضمنة فيه: ملف درجة حرارة، ملف ETo, ملف هطول مطري وملف CO2 بالإضافة إلى ملف محصول وملف إدارة ري وملف إدارة حقل وملف مقطع تربة وملف سطح مياه جوفية وملف شروط ابتدائية وملف شروط خارج فترة النمو.
في حالة مشروع متعدد التشغيلات، يجب تكرار تحديد القسم b والقسم c لكل تشغيل من التشغيلات المتعاقبة (في السطور الأربعين القادمة). لا يمكن إعادة تحديد معاملات البرنامج حيث أن الإعدادات المحددة لأول تشغيل (القسم c) تنطبق على كل التشغيلات.	
(1) رقم اليوم: يعود رقم اليوم إلى عدد الأيام التي مرت منذ تاريخ 0th January 1901 at 0 am (انظر الدليل المرجعي للإجراء الحسابي reference manual for the calculation procedure). (2) اسم الملف: في غياب اسم ملف (none) يتم اعتماد الإعدادات الافتراضية (انظر الجدول 2-3). (3) المكتبة (المسار): في غياب ملف. يتم اعتماد (none) كمكتبة.	

جدول b19.2: عدد الأيام التي مرت منذ (0th January 1901, 0 am)

حدود صلاحية طريقة الحساب: الطريقة صالحة من عام 1901 ولغاية 2099 (المجال الزمني في AquaCrop)

1. اطرح 1901 من العام.
2. اضرب بالرقم 365.25.
3. أضف القيمة حسب الشهر:

- January:	0	كانون الثاني
- February:	31	شباط
- March:	59.25	آذار
- April:	90.25	نيسان
- May:	120.25	أيار
- June:	151.25	حزيران
- July:	181.25	تموز
- August:	212.25	آب
- September:	243.25	أيلول
- October :	273.25	تشرين الأول
- November:	304.25	تشرين الثاني
- December:	334.25	كانون الأول

4. أضف رقم اليوم ضمن الشهر.
5. خذ القسم الصحيح من الرقم (the integer).

مثال: لحساب قيمة 24 آب 1982(24 August 1982):

1. اطرح 1901 من العام: 1982 - 1901 = 81
2. اضرب بالرقم 365.25: 81 * 365.25 = 29585.25
3. أضف القيمة حسب الشهر (212.25 لشهر آب): 29585.25 + 212.25 = 29797.5
4. أضف رقم اليوم ضمن الشهر: 29797.5 + 24 = 29821.5
5. خذ القسم الصحيح من الرقم (the integer): 29821

جدول c19.2: خوارزمية الحساب لرقم اليومday-Number من تاريخ معطى (يوم/شهر/سنة day/month/year).

CONST Elapsed Days :

ARRAY [1..12] of double = (0,31,59.25,90.25,120.25,151.25,181.25, 212.25,243.25,273.25,304.25,334.25);

INPUT: Dayi : DD (Integer); Monthi : MM (Integer); Yeari : YYYY (Integer); ***OUTPUT:*** DayNr (LongInt);

PROCEDURE DetermineDayNr (Dayi,Monthi,Yeari : INTEGER;

VAR DayNr : Longint);

BEGIN

DayNr := TRUNC((Yeari - 1901)*365.25 + ElapsedDays[Monthi] + Dayi + 0.05); END; (* DetermineDayNr *)

3.19.2 اختيار وإنشاء مشروع Selecting and creating a project

- **اختيار مشروع Selecting a project**

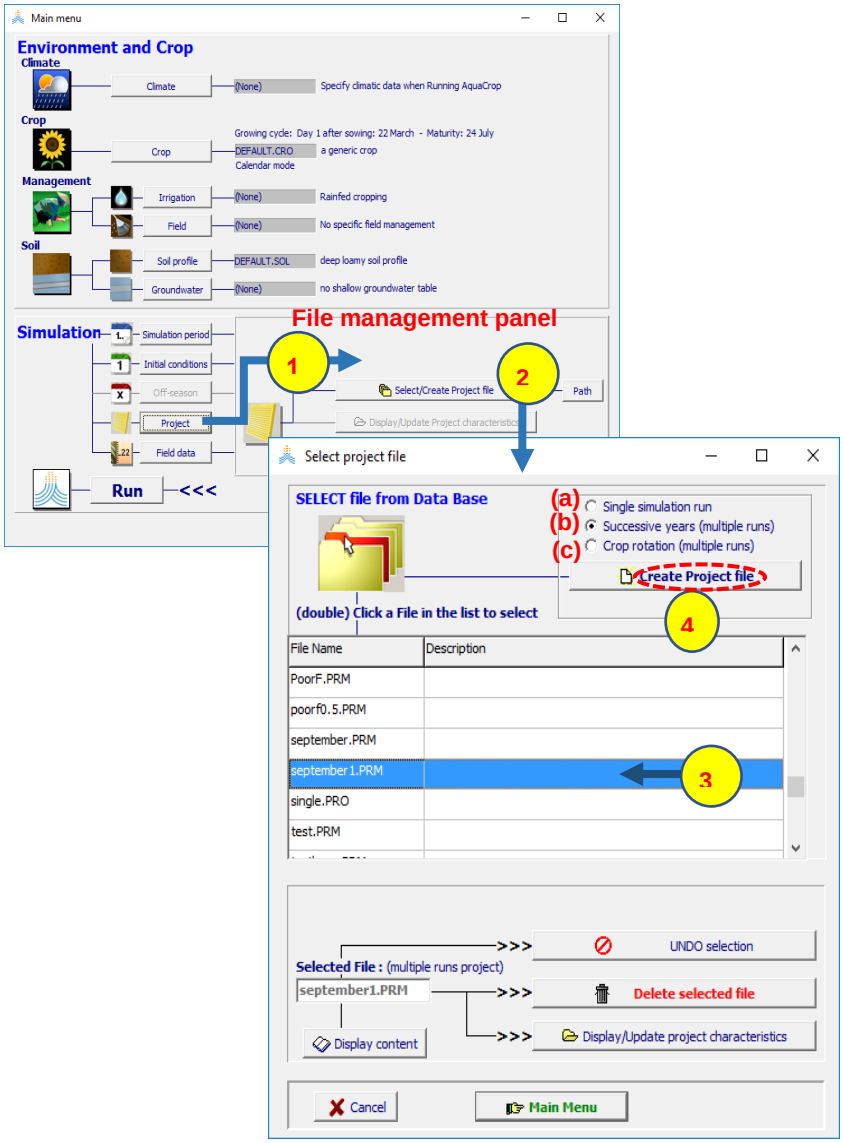
يستطيع المستخدم باختيار الأمر مشروع <Project> في القائمة الرئيسة الوصول إلى قائمة اختر ملف المشروع *Select project file* حيث يستطيع اختيار أحد المشاريع المعروضة (الشكل a19.2).

- **إنشاء مشروع Creating a project**

من السهل إنشاء مشروع إذا قام المستخدم باختيار الملفات التي تحتوي المحصول المضبوط بدقة والبيئة (المناخ، الإدارة، التربة) والشروط الابتدائية لتشغيل محدد في القائمة الرئيسة.

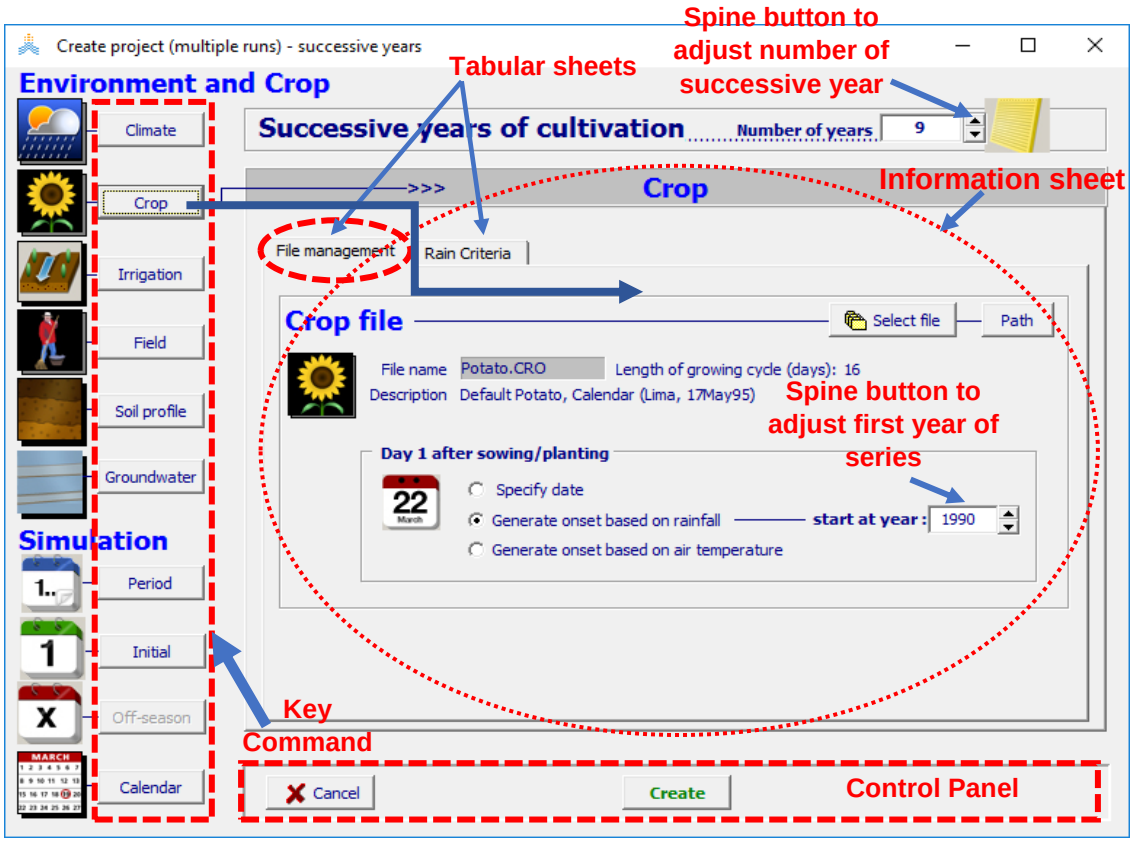
يتم إنشاء المشروع باختيار الأمر أنشئ ملف مشروع <**Create project file**> في قائمة اختر ملف مشروع ***Select project file*** بعد أن يتم تحديد نوعه (شكلa19.2).:

1. تشغيل محاكاة منفردة.
2. سنوات متعاقبة (تشغيل متعدد).
3. دورات محاصيل (تشغيل متعدد)



الشكل a19.2: باختيار (1) أمر مشروع <Project> ثم (2) أمر اختر/أنشئ ملف مشروع <Select/Create Project file>في لوحة إدارة الملفات في القائمة الرئيسية يصل المستخدم إلى قائمة اختر ملف مشروع *Select project file*حيث (3) يختار أحد الملفات الموجودة أو (4) يختار أنشئ ملف مشروع <Create project file> (بتحديد نوعه a أو b أو c).

بعد اختيار الأمر أنشئ ملف مشروع <Create project file> تظهر قائمة أنشئ مشروع Create project file (الشكل b19.2 و.c19.2). في حالة المشروع المتعدد التشغيلات والذي يتكون من تكرار المحاكاة على مدى عدة سنوات يجري عرض عدد السنوات (تبعا للبيانات المتوفرة في ملف المناخ المختار) في أعلى القائمة. يمكن تغيير عدد السنوات (سلسلة من تشغيلات المحاكاة) بواسطة spin buttons.



شكل b19.2: الأوامر المفتاحية في قائمة أنشئ ملف مشروع، حيث يمكن استعراض صفحة معلومات لإدارة الملفات وبيانات أخرى.

باختيار أحد الأوامر المفتاحية في الجانب الأيسر من قائمة أنشئ ملف مشروع، تظهر صفحة المعلومات المتوافقة معه مع الإشارة إلى الملف المختار (وإتاحة الخيار لاختيار ملف آخر) ومعلومات أخرى مطلوبة. إذا لم يتم اختيار أي ملف يتم اعتماد الشروط الافتراضية (جدول 3.2). تتألف البيانات المحددة في صفحة المعلومات من:

المناخ: الملفات المختارة التي تحتوي على بيانات الهطول المطري، التبخر-نتح المرجعي، درجة حرارة الهواء، وCO_2 بالإضافة إلى اسم ملف المناخ.

المحصول: ملف المحصول المختار وطريقة تحديد تاريخ البذار/الزراعة (الشكل b19.2):

- تاريخ محدد.
- التاريخ الذي يتم توليده بناء على بيانات الهطول المطري: يتم تحديد نافذة البحث والمعيار المختار وعدد مرات حدوث المعيار المختار قبل توليد اليوم الأول في الصفحة المبوبة معيار الهطول المطري (انظر القسم 2.11.2).
- التاريخ الذي يتم توليده بناء على بيانات درجة حرارة الهواء: يتم تحديد نافذة البحث والمعيار المختار وعدد مرات حدوث المعيار المختار قبل توليد اليوم الأول في الصفحة المبوبة معيار درجة حرارة الهواء (انظر القسم 2.11.2).

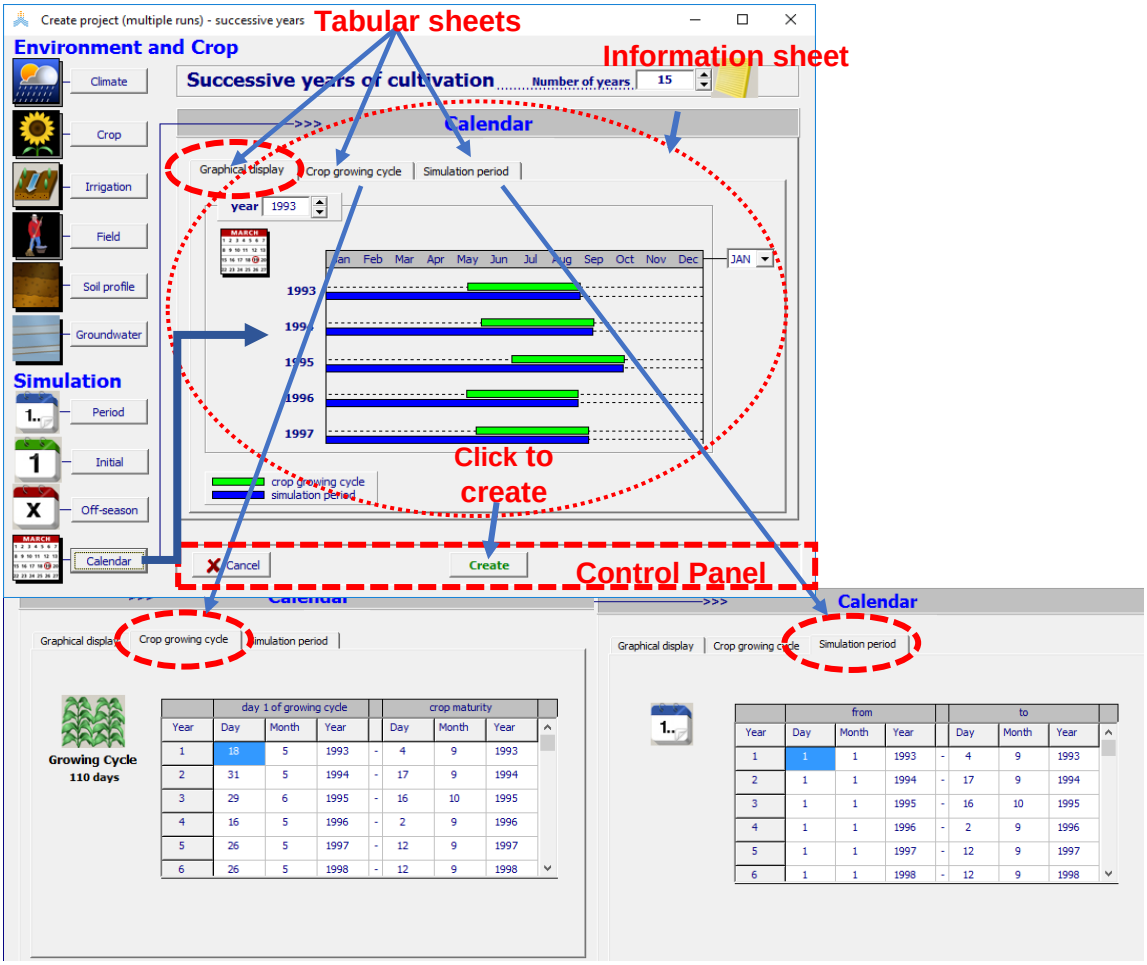
في حالة المشروع متعدد التشغيلات بسنوات متعاقبة يتم تحديد العام للتشغيل الأول من سلسلة المحاكاة.

الري: ملف إدارة الري المختار.

الحقل: ملف إدارة الحقل المختار.

مقطع التربة: ملف مقطع التربة المختار.

المياه الجوفية: ملف المياه الجوفية المختار؟



الشكل c19.2: واجهة معلومات التقويم 'Calendar information sheet' في قائمة أنشئ مشروعا Create project مع الإظهار العددي والبياني لبداية دورة النمو وفترة المحاكاة في صفحات مختلفة، في المثال المعروض الزراعة مبنية على معيار هطول مطري (حدوث أول)، في نافذة الوقت من 1 أيار/May حتى 30 حزيران/June, بينما تبدأ المحاكاة في كل عام في 1 كانون الثاني/Jan حيث يمكن افتراض أن محتوى الماء في مقطع التربة هو عند السعة الحقلية.

الفترة: فترة المحاكاة والتي يمكن أن تكون:

- مرتبطة بدورة النمو.
- تبدأ في موعد محدد.

في حالة المشروع متعدد التشغيلات بسنوات متعاقبة يمكن أيضا تحديد بداية المحاكاة للتشغيل اللاحق (سنوات متعاقبة):

- مرتبطة بدورة النمو
- تبدأ في موعد محدد
- مرتبطة بشغيل المحاكاة للعام السابق (ينطبق في هذه الحالة الخيار احفظ KEEP للظروف الابتدائية، انظر القسم 4.17.2).

الابتدائية: ملف الشروط الابتدائية المختار.

خارج فترة النمو: ملف الشروط خارج فترة النمو المختار.

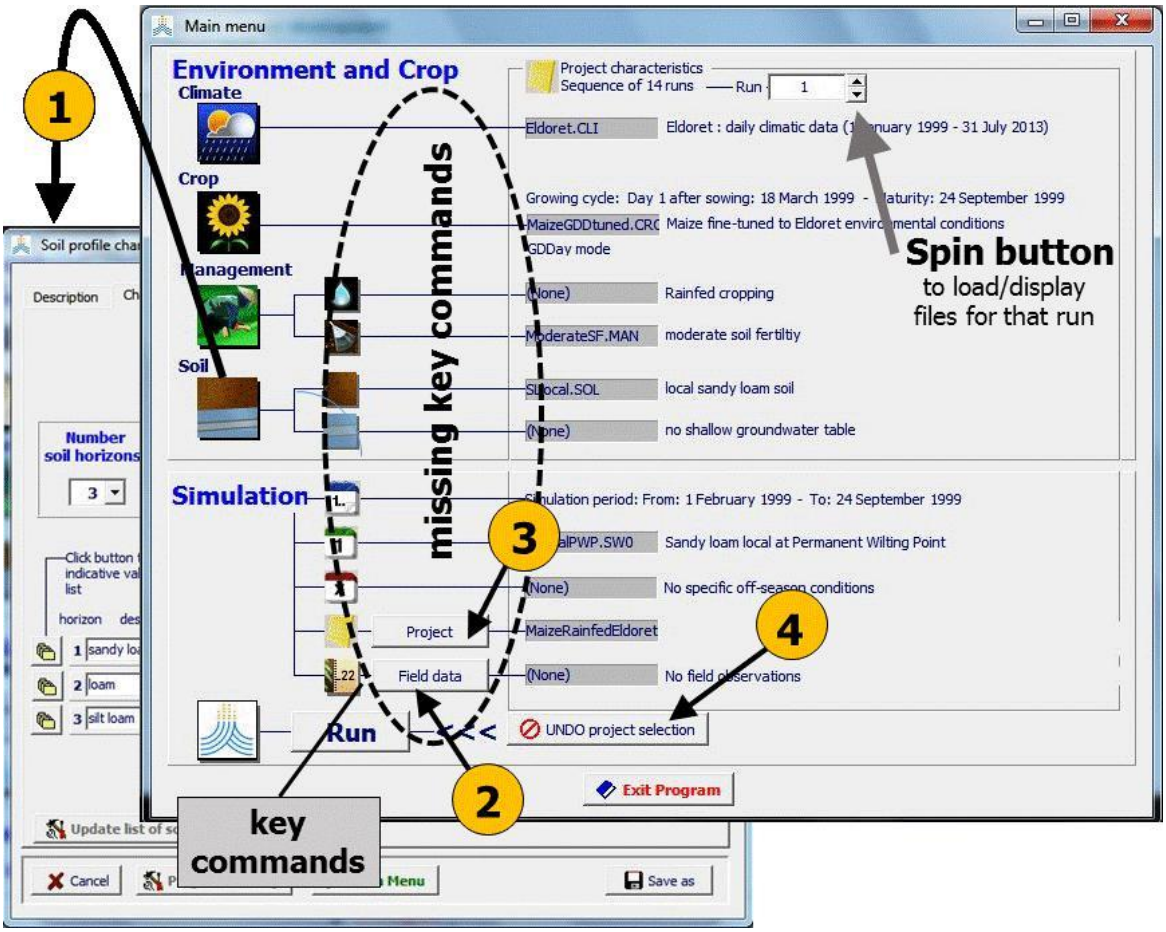
التقويم: إظهار رقمي وبياني مع بداية ونهاية دورة النمو وفترة المحاكاة في الصفحات المبوبة المختلفة (الشكل c19.2).

باختيار أمر أنشئ Create project في لوحة التحكم في أسفل قائمة أنشئ ملف مشروع Create project file (الشكل c19.2)، يتم إنشاء المشروع (والذي ينطوي على حفظ ملف نصي بالبنية والمعلومات المذكورة في الجدول a19.2).

4.19.2 تشغيل AquaCrop في وضع المشروع project mode

يتم تعديل نظام تخطيط القائمة الرئيسية (الشكل d19.2) عند تحميل مشروع (الشكل a19.2 -3) أو إنشاء مشروع (الشكل c19.2). إن هذا التعديل ضروري لتجنب اختيار أي ملف غير الملف المتضمن في المشروع. كما تكون الأوامر المفتاحية لاختيار الملفات غير مفعلة في القائمة الرئيسة (d19.2). على أي حال يبقى استعراض خصائص المدخلات ممكنا بالنقر على الأيقونة الموافقة. (انظر القسم 1.5.2). في حالة المشروع متعدد التشغيلات يمكن استعراض محتويات التشغيلات الأخرى (والتي يمكن أن تحتوي مجموعة مختلفة من الملفات) بواسطة Spin button في أعلى القائمة.

إذا اختار المستخدم الأمر ألغ اختيار المشروع <**UNDO project selection**> في القائمة الرئيسية يعود إلى الإعدادات الافتراضية المعتمدة عند بدء تشغيل AquaCrop (انظر جدول2-3).



شكل d19.2: القائمة الرئيسية في وضع المشروع project mode (مع الأوامر المفتاحية غير المفعلة) حيث يمكن (1) استعراض خصائص المدخلات (2) إضافة بيانات حقلية (3) يمكن تعديل خصائص مشروع و/أو اختيار أو إنشاء مشروع آخر (4) إلغاء اختيار مشروع (العودة إلى الإعدادات الافتراضية).

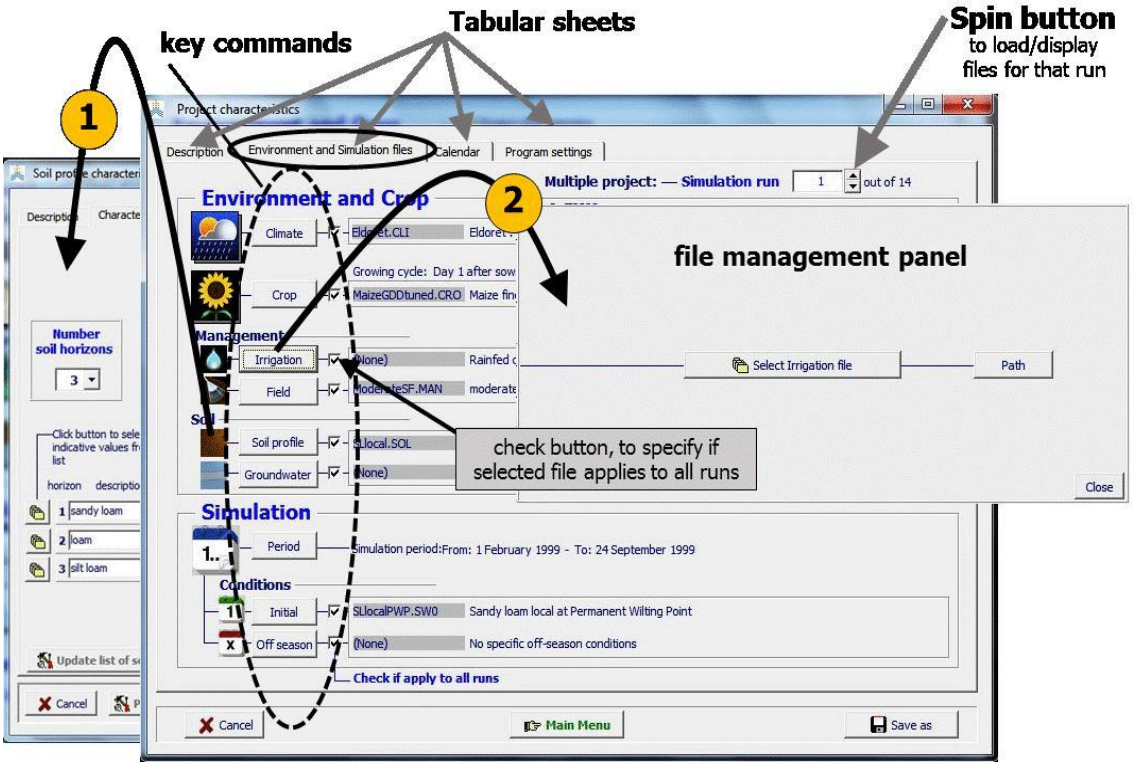
5.19.2 تعديل خصائص المشروع Updating project characteristics:

يتم عرض الملفات المختارة وتاريخ الزراعة وفترة المحاكاة ومعاملات البرنامج لتشغيل المشروع في واجهات مختلفة من قائمة خصائص المشروع *Project characteristics* حيث يمكن أن يتم تعديلها (الشكل e19.2):

- **التوصيف:** لتعديل وصف ملف المشروع.
- **ملفات البيئة والمحاكاة** Environment and simulation files: في حالة مشروع متعدد التشغيلات يجب اختيار رقم التشغيل (حيث أن تاريخ الزراعة وفترة المحاكاة ومجموعة الملفات يمكن أن تختلف بين التشغيلات) من أجل:
  - استعراض خصائص المدخلات.
  - لتغيير اختيار ملف محصول أو ري أو إدارة حقل أو مقطع تربة أو مياه جوفية أو شروط ابتدائية أو شروط خارج فترة النمو في لوحة إدارة الملفات الموافقة.

يستثنى مما سبق ملف المناخ وملف مقطع التربة وملف المحصول (في حالة اعتبار سنوات متعاقبة) حيث ينبغي اعتبار هذه الملفات عامة بين تشغيلات المحاكاة للمشروع متعدد التشغيلات. يجب تفعيل الخيار Check if applicable to all runs إذا كانت الملفات المختارة عامة لكل تشغيلات المشروع متعدد التشغيلات.

- تعديل بداية دورة النمو.
- تعديل بداية ونهاية فترة المحاكاة.



شكل d19.2: قائمة خصائص المشروع *Project characteristics* بواجهاته: التوصيف *Project characteristics*, ملفات المحاكاة والبيئة 'Environment and Simulation files' , التقويم 'Calendar', وإعدادات البرنامج'Program settings' . في واجهة ملفات المحاكاة والبيئة (1) يمكن استعراض خصائص المدخلات المختارة (2) يمكن اختيار ملفات مدخلات أخرى في لوحة إدارة الملفات الملائمة.

- **التقويم**: لعرض فترة دورة النمو وفترة المحاكاة.
- **إعدادات البرنامج**: تغيير إعدادات معاملات البرنامج.

يمكن تعديل المشرعات أيضا بإجراء التغيير مباشرة في ملف المشروع (الصندوق 19.2). تعطي هذه الطريق المتقدمة المستخدم المزيد من المرونة بالمقارنة مع واجهة البرنامج.

الصندوق 19.2: طريقة متقدمة لتعديل ملفات المشاريع بمرونة أكبر.

يمكن للمستخدم تغيير محتويات ملف مشروع – مع المحافظة على بنيته – بإجراء التغييرات المطلوبة مباشرة على الملف النصي. ويكون هذا مفيدا لإجراء تغييرات سريعة في المشاريع متعددة التشغيلات أو لبناء أنواع أخرى من المشاريع متعددة التشغيلات غير النوعين الموجودين في واجهة البرنامج (السنوات المتعاقبة ودورات المحاصيل). باستخدام هذه الطريقة يتحرر المستخدم من القيود الموجودة في واجهة البرنامج. على سبيل المثال باستخدام النسخ واللصق يمكن للمستخدم أن يصمم بسرعة مشاريع متعددة التشغيلات تختلف تشغيلاتها عن بعضها بنوع التربة أو إدارة الحقل فقط بينما تكون بقية المدخلات (بما فيها المناخ) متطابقة.

6.19.2 تشغيل سلسلة محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو بمساعدة المشروع

عند إنشاء مشروع منفرد في AquaCrop، (1) لا يمكن أن يؤخذ اليوم الأول من فترة المحاكاة في وقت لاحق لتاريخ البذار / الزراعة، و (2) يتم أخذ نهاية فترة المحاكاة تلقائيا في اليوم الأخير من دورة النمو (نضج المحصول). ولا يزال هذا الأمر بحاجة إلى تعديل، ولكن طالما لم يتم ذلك، فإن الإجراء مرهق نوعا ما وليس مباشرا.

الخطوة الأولى: أنشئ مشاريع منفردة بعدد مرات المحاكاة المخطط لها ضمن دورة النمو. يتضمن هذا الإنشاء اختيار محصول وتاريخ بذار/ زراعة وتحديد البيئة. يتضمن تحديد البيئة اختيار الملفات المناسبة للمناخ وإدارة الري والتربة وسطح المياه الجوفية والشروط الابتدائية. يجب أن تكون ملفات المحصول وتاريخ البذار/الزراعة وملف التربة وملف المياه الجوفية في كل المشاريع متطابقة لتحقيق شرط البداية الحارة بين تشغيلات المحاكاة المتعاقبة.

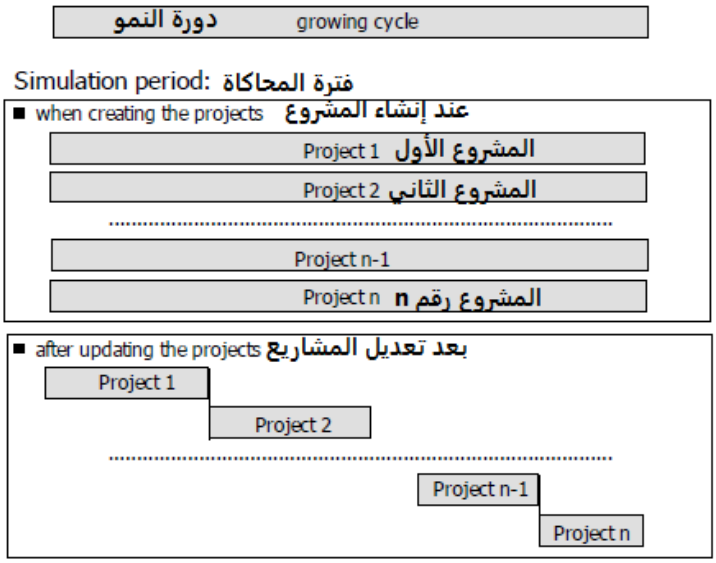
يجب أن تبدأ المحاكاة في المشروع الذي سيكون الأول في سلسلة تشغيل المحاكاة المتعاقبة في اليوم الذي تكون فيه الشروط الابتدائية المحددة في قائمة الشروط الأولية محققة فيه. أما اليوم الأخير فسيحدد أوتوماتيكيا بنضج المحصول.

استخدم في هذه المرحلة إعدادات فترة المحاكاة للمشروع الأول في كل المشاريع التالية، ولكن اختر ملفات المناخ وإدارة الحقل وإدارة الري المناسبة (والتي يمكن أن تكون مختلفة عنها في المشروع الأول). هذه الملفات تحدد البيئة المحددة (صالحة من تاريخ البداية الذي لايزال يحتاج إلى تعديل في الخطوة الثانية) في الأجزاء الموافقة لها من المحاكاة.

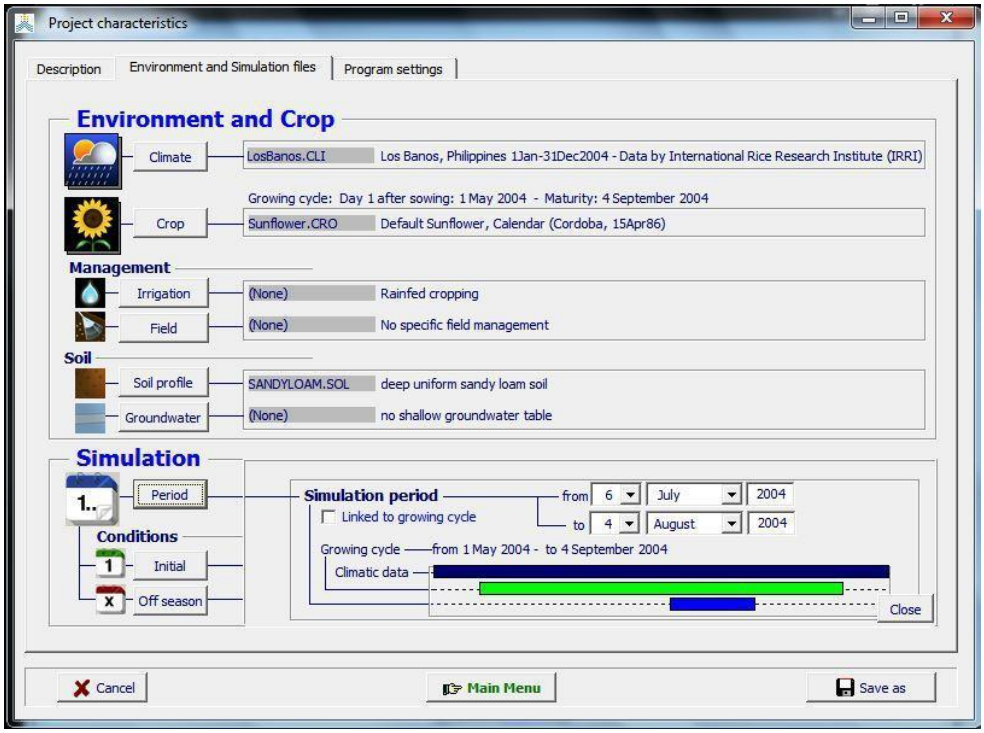
الخطوة الثانية: عدل في كل مشروع اليوم الأول واليوم الأخير من فترة المحاكاة (الشكل f19.2 وg19.2). اليوم الأول يلي اليوم الأخير من التشغيل السابق، واليوم الأخير هو اليوم السابق لليوم الأول في التشغيل اللاحق من سلسلة التشغيلات المتعاقبة ضمن دورة النمو.

يمكن كبديل عن الخطوة الثانية أن يتم تعديل اليوم الأول والأخير في ملفات المشروع (جدول a19.2). لاحظ أن AquaCrop يستخدم أرقام الأيام لتحديد بداية ونهاية كل فترة محاكاة ودورة النمو. رقم اليوم يدل على عدد الأيام التي مرت منذ 0 كانون الثاني 1901 الساعة 0 بعد منتصف الليل 0th January 1901 at 0 am. الإجراء الحسابي لرقم اليوم وخوارزمية الحساب مشروحين في الجدولين b19.2 وc19.2.

الخطوة الثالثة: شغل المشاريع واحدا بعد الآخر. سيتم تمييز بداية حارة حيث أن اليوم الأول لكل تشغيل لاحق يلي مباشرة اليوم الأخير للتشغيل السابق وتبقى البداية الحارة صالحة طالما بقيت التشغيلات المتتالية ضمن نفس دورة النمو.



شكل f19.2: تحديد اليوم الأول والأخير لفترة المحاكاة في سلسلة محاكاة متعاقبة ضمن دورة النمو.

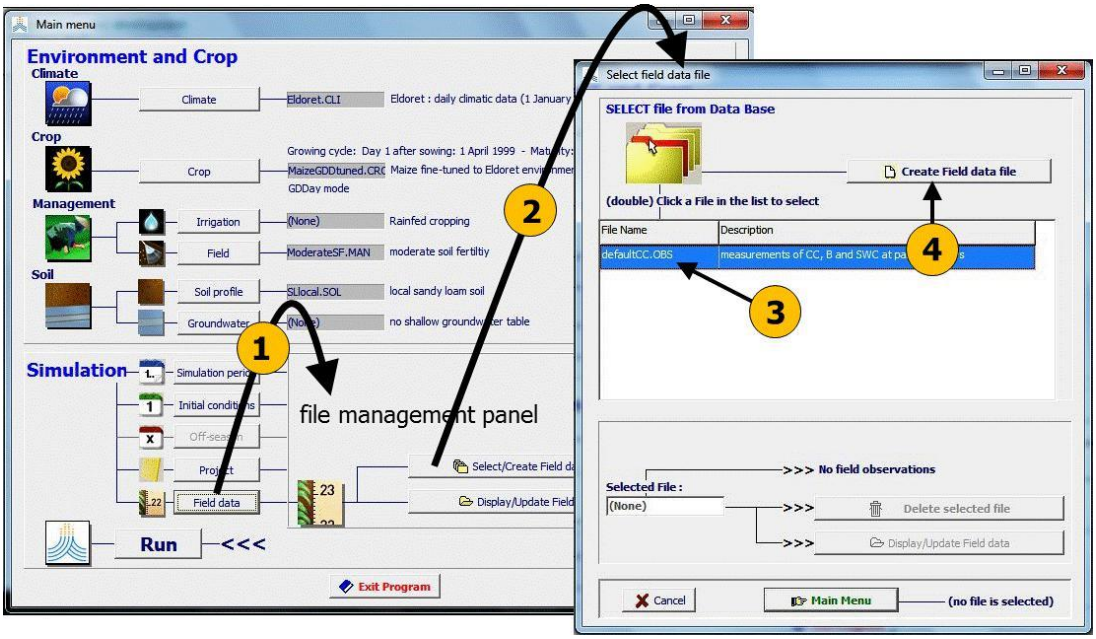


شكل g19.2: تعديل اليوم الأول والأخير لفترة المحاكاة لمشروع في قائمة خصائص المشروع *Project characteristics*.

20.2 البيانات الحقلية Field data

1.20.2 إنشاء ملفات بينات حقليةfield data files

يمكن إنشاء ملف يتضمن البيانات الحقلية المسجلة باختيار الأمر إنشاء ملف بيانات حقلية **<Create Field data file>** في قائمة اختر ملف بيانات حقلية ***Select field data file*** (الشكل a20.2).

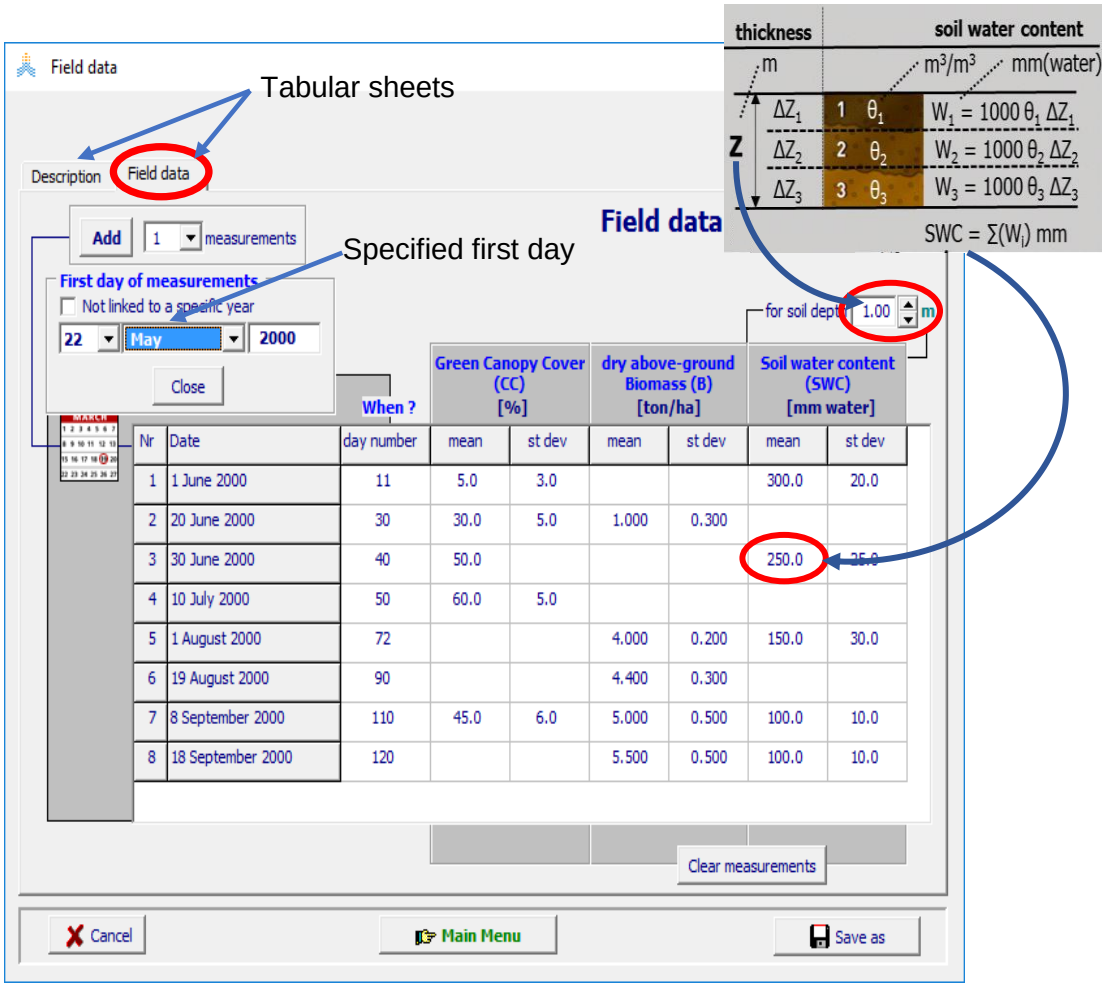


الشكل a20.2: باختيار الأمر (1) بيانات حقلية <Field data> ثم (2) الأمر اختر/أنشئ ملف بيانات حقلية <Select/Create Field data file>في لوحة إدارة الملفات في القائمة الرئيسية يصل المستخدم إلى قائمة اختر ملف بيانات حقلية *Select field data file* حيث (3) يمكن أن يختار أحد ملفات البيانات الحقلية الموجودة أو (4) يختار الأمر أنشئ ملف بيانات حقلية<Create Field data file>.

2.20.2 خصائص البيانات الحقلية Field data characteristics

يتم عرض خصائص البيانات الحقلية حيث يمكن تعديلها في واجهات مختلفة في قائمة بيانات حقلية ***Field data menu*** (الشكل b20.2):

- **التوصيف**: لتعديل توصيف الملف الذي يحتوي البيانات الحقلية.
- **بيانات حقلية**: لتعديل الغطاء النباتي المقاس (CC) الكتلة الحيوية الجافة فوق الأرض (B) والمحتوى المائي للتربة (SWC) في أيام محددة:
  - يتم التعبير عن أوقات المراقبات كأرقام أيام منسوبة إلى يوم أول محدد بصرف النظر عن ارتباطه بعام محدد.
  - يمكن أن تغطي البيانات الحقلية عدة أيام.
  - يمكن تحديد قيمة المتوسط mean وانحرافه المعياري standard deviation في حال إجراء عدة قياسات أثناء الاعتيان في يوم محدد.
  - يتم التعبير عن الغطاء النباتي الأخضر (CC)كنسبة مئوية.
  - يتم التعبير عن الكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة (B) بالطن/ هكتار.
  - يتم التعبير عن المحتوى المائي للتربة(SWC) كإجمالي (مم ماء) لعمق محدد بدقة (مثلا عمق الجذور الأعظمي): انظر الإطار الداخلي ضمن الشكل b20.2.



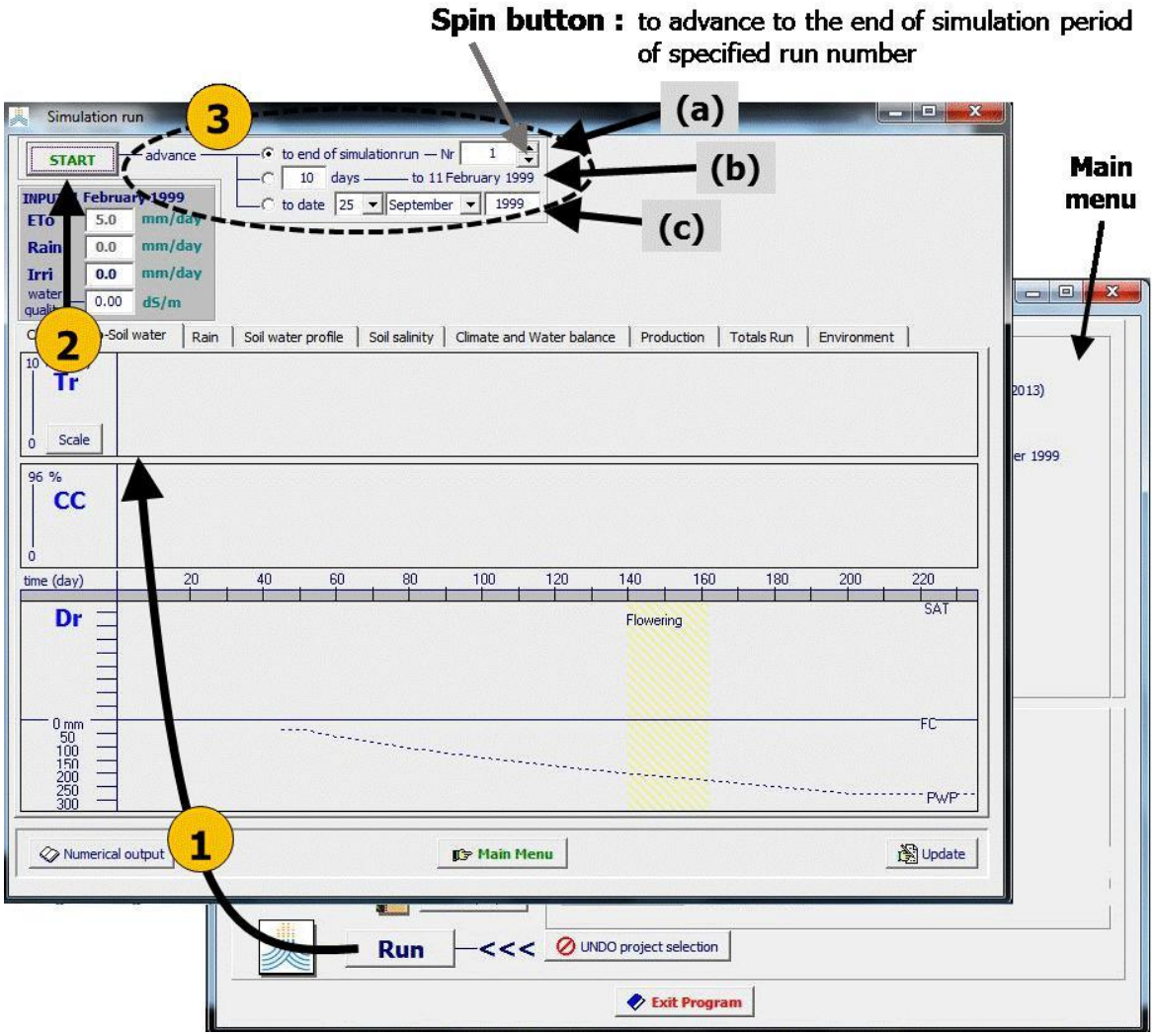
الشكل b20.2: قائمة بيانات حقلية *Field data* بواجهاتها التوصيف 'Description' ، بيانات حقلية 'Field data',حيث يتم تحديد اليوم الأول للمراقبات والبيانات الحقلية (الغطاء النباتي, الكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة و/أو المحتوى المائي للتربة) في يوم محدد.

21.2 تشغيل المحاكاة (النمذجة) Simulation run

1.21.2 مباشرة المحاكاة Launching the simulation

يصل المستخدم باختيار الأمر تشغيل <**Run**> في القائمة الرئيسية إلى قائمة تشغيل المحاكاة حيث يمكن مباشرة المحاكاة (شكل a21.2). ويستمر التشغيل باختيار أحد الخيارات حتى:

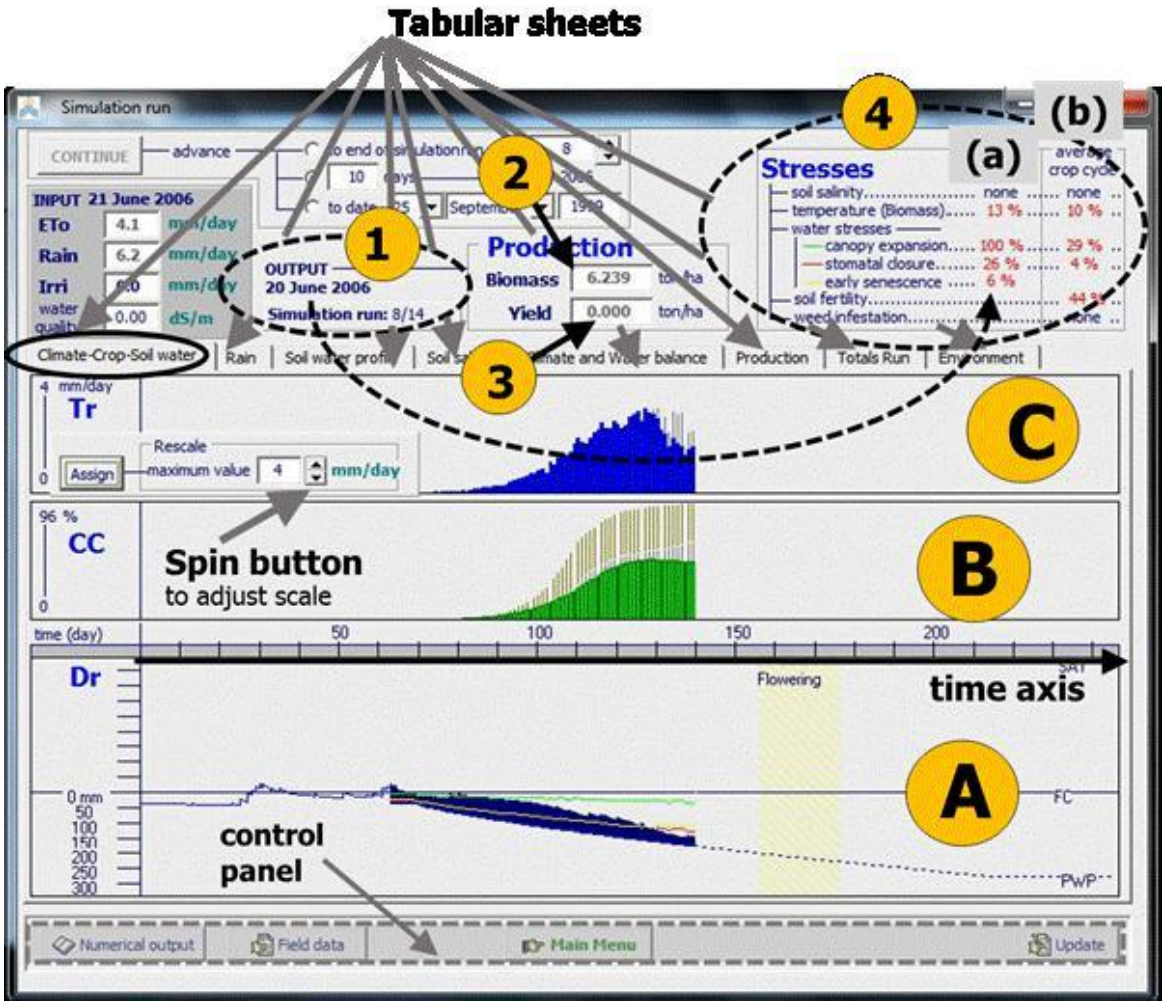
1. نهاية فترة المحاكاة. في حالة المشاريع متعددة التشغيلات يستمر التشغيل حتى نهاية فترة المحاكاة للتشغيل المحدد.
2. بما يساوي عدد الأيام المحددة.
3. حتى تاريخ محدد.



الشكل a21.2: باختيار (1) الأمر تشغيل <Run>في القائمة الرئيسية يصل المستخدم إلى قائمة تشغيل المحاكاة Simulation run حيث (2) يمكن أن تبدأ المحاكاة لتستمر بالاعتماد على (3) خيار التقدم المختار (a) حتى نهاية فترة المحاكاة للتشغيل المختار(b) تتقدم بعدد الأيام المحدد (c) حتى اليوم المحدد.

2.21.2 عرض نتائج المحاكاة Display of simulation results

تكون نتائج المحاكاة، والتي يتم تحديثها في نهاية كل خطوة زمنية يومية، متاحة للمستخدم في قائمة تشغيل المحاكاة Simulation run (الشكل b21.2). وتكون هذه النتائج صالحة لتاريخ المخرجات المعروض (اليوم الذي وصلت إليه المحاكاة). وتتكون المخرجات من الكتلة الحيوية الكلية وغلة المحصول التي تم إنتاجها ومستويات الإجهاد الحاصلة في ذلك اليوم ومتوسط الإجهادات خلال دورة النمو حتى ذلك اليوم. بالإضافة إلى ما سبق يتوفر الكثير من البيانات والمخططات البيانية في سلسلة من الواجهات التي يستطيع المستخدم من خلالها أن يتتبع تأثير إجهادات الماء والحرارة والخصوبة والملوحة والأعشاب الضارة على تطور المحاصيل وإنتاجيتها خلال تشغيل المحاكاة. تفيد إمكانية إجراء المحاكاة بخطوات زمنية قصيرة والتبديل بين واجهات مختلفة بشكل خاص لدراسة تأثير حدث معين على باراميتر محدد.



الشكل b21.2: عرض نتائج المحاكاة في قائمة تشغيل المحاكاة *Simulation run* (1) لليوم الذي وصلت إليه المحاكاة (2) الكتلة الحيوية الكلية Total biomass(3) غلة المحصول crop yieldالتي تم انتاجها حتى تاريخه (4) مستويات الإجهاد الحاصلة (a) في ذلك اليوم (b) متوسط الإجهادات خلال دورة النمو حتى ذلك التاريخ وذلك في واجهة المناخ-المحصول -ماء التربة 'Climate-Crop-Soil water' (A) استهلاك مياه منطقة الجذور root zone depletion (B) تطور الغطاء النباتي الأخضر green canopy(C) النتح من المحصول crop transpiration معروضة بشكل مخططات بيانية في لوحات مختلفة.

- **واجهة المناخ – المحصول – مياه التربة Climate-Crop-Soil water sheet**

تحتوي هذه الواجهة على مخططات بيانية لكل مما يأتي (A) استهلاك ماء التربة لمنطقة الجذور(B) (Dr) التطور الموافق للغطاء النباتي الأخضر(CC) و (C) النتح مرسومة كتوابع للزمن (الشكل b21.2). يتأثر توسع الغطاء النباتي إذا انخفض المحتوى المائي للتربة في منطقة الجذور تحت العتبة (الخط الأخضر). وهذا سيؤدي إلى تطور غطاء نباتي أبطأ من المتوقع. في مخطط الغطاء النباتي (CC) يرسم غطاء الغطاء النباتي في غياب الإجهاد المائي باللون الرمادي الفاتح في خلفية الصورة كمرجع. يتسبب الإجهاد المائي الأكثر شدة في إغلاق المسامات (الخط الأحمر)، مسببا تقليل النتح من النبات. ,يرسم النتح الأعظمي من المحصول الذي يمكن الوصول إليه في حالة محصول مروي بشكل جيد في مخطط النتح (Tr) باللون الرمادي الفاتح في الخلفية كمرجع. الإجهادات المائية الأكثر سوءا يمكن أن تحرض الشيخوخة المبكرة للغطاء النباتي عندما يتجاوز استهلاك ماء منطقة الجذور عتبة شيخوخة الغطاء النباتي (الخط الأصفر).

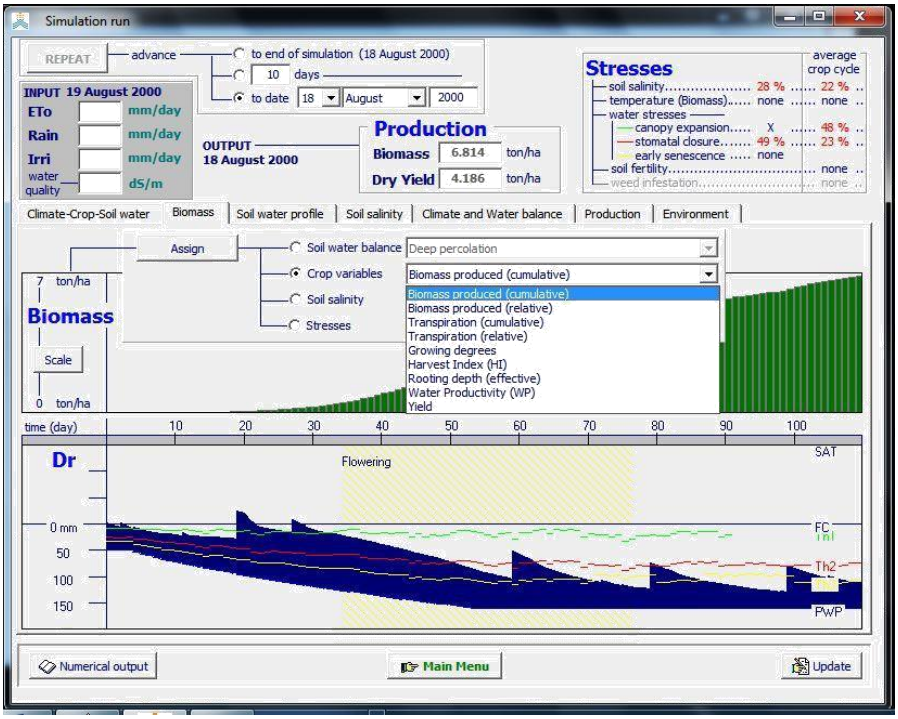
- **واجهة البارامترات المختارة Sheet with selected parameter**

يستطيع المستخدم في الواجهة الثانية من قائمة التشغيل Simulation run أن يختار معاملا معينا من أجل مزيد من التحليل (الافتراضي هو الهطول المطري) (جدول a21.2). كما يمكن اختيار العديد من معاملات المحصول أو معاملات موازنة التربة المائية أو الملحية بالإضافة إلى الإجهادات التي تمت محاكاتها كما يمكن تعديل مقياس الرسم للمخططات (شكل c21.2).

الجدول a21.2: البارامترات والمتحولات التي تخص موازنة مياه التربة والمحصول وملوحة التربة والإجهادات التي يمكن اختيارها للعرض في قائمة تشغيل المحاكاة.

Symbol الرمز	Description الوصف		Units الواحدة
Parameters of the soil water balance بارامترات موازنة مياه التربة			
CR	Capillary rise	الصعود الشعري	mm
Sum(Cr)	Capillary rise (cumulative)	الصعود الشعري التراكمي	mm
Drain	Deep percolation	الرشح (التسرب) العميق	mm
Sum(Drain)	Deep percolation (cumulative)	الرشح العميق (التراكمي)	mm
Zgwt	Depth groundwater table	عمق سطح المياه الجوفية	m
ET	Evapotranspiration	البخر-نتح	mm
Sum(ET)	Evapotranspiration (cumulative)	البخر-نتح (التراكمي)	mm
ETx	Evapotranspiration (maximum)	البخر-نتح (الأعظمي)	mm
ET/ETx	Evapotranspiration (relative)	البخر-نتح (النسبي)	%
Inf	Infiltrated water	المياه المتسربة (الراشحة)	mm
Sum(Inf)	Infiltrated water (cumulative)	المياه الراشحة (التراكمية)	mm
Irri	Irrigation	الري	mm
Sum(Irri)	Irrigation (cumulative)	الري (التراكمي)	mm
Rain	Rainfall	الهطول المطري	mm
Sum(Rain)	Rainfall (cumulative)	الهطول المطري (التراكمي)	mm
Evap	Soil evaporation	تبخر التربة	mm
Sum(E)	Soil evaporation (cumulative)	تبخر التربة (التراكمي)	mm
Ex	Soil evaporation (maximum)	تبخر التربة (الأعظمي)	mm
E/Ex	Soil evaporation (relative)	تبخر التربة (النسبي)	%
Runoff	Surface runoff	الجريان السطحي	mm
Sum(RO)	Surface runoff (cumulative)	الجريان السطحي (التراكمي)	mm
Crop parameters بارامترات المحصول			
Biomass	Biomass produced (cumulative)	الكتلة الحيوية المنتجة (التراكمية)	ton/ha
B(rel)	Biomass produced (relative)	الكتلة الحيوية المنتجة (النسبية)	%
Sum(Tr)	Crop transpiration (cumulative)	النتح من المحصول (التراكمي)	mm
Tr/Trx	Crop transpiration (relative)	النتح من المحصول (النسبي)	%
GDD	Growing degrees	درجات حرارة النمو	°C-day

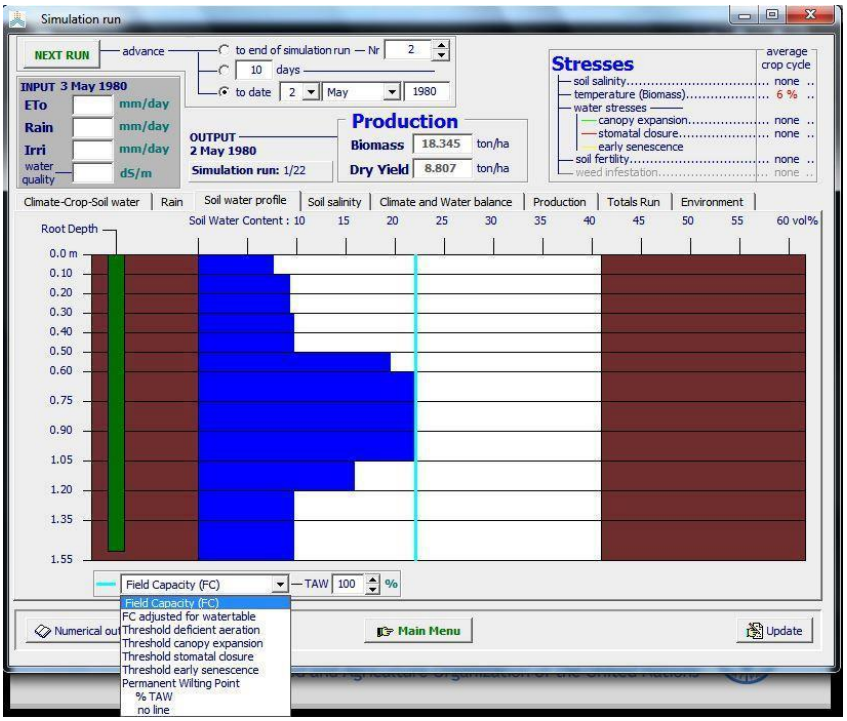
HI	Harvest Index (HI)	مؤشر الحصاد	%
Z	Effective rooting depth	عمق التجذر الفعال	m
WP	Water Productivity (WP)	إنتاجية (كفاءة) المياه	g/m2
Yield	Yield	الغلة	ton/ha
Parameters concerning soil salinity بارامترات تخص ملوحة التربة			
SaltIn	Salt infiltrated in the profile	الملح المتسرب في المقطع	ton/ha
Sum(Sin)	Salt infiltrated in the profile (cumulative)	الملح المتسرب في المقطع (التراكمي)	ton/ha
SaltOut	Salt drained out of the profile	الملح المصروف خارج المقطع	ton/ha
Sum(Sout)	Salt drained out of the profile (cumulative)	الملح المصروف خارج المقطع -التراكمي	ton/ha
SaltUp	Salt moved upward from groundwater table	الملح الصاعد للأعلى من المياه الجوفية	ton/ha
Sum(Sup)	Salt moved upward (cumulative)	الملح الصاعد (التراكمي)	ton/ha
SaltTot	Salt stored in the profile	الملح المخزن في المقطع	ton/ha
SaltZ	Salt stored in the root zone	الملح المخزن في منطقة الجذر	ton/ha
ECe	EC of saturated soil-paste extract	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة	dS/m
ECsw	EC of soil water in root zone	الناقلية الكهربائية في منطقة الجذر	dS/m
ECgw	EC of groundwater table	الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية	dS/m
Stresses الإجهادات			
StExp	Water stress reducing canopy expansion	إجهاد مائي يقلل توسع الغطاء النباتي	%
StSto	Water stress inducing stomatal closure	إجهاد مائي يسبب إغلاق المسامات	%
StSen	Water stress triggering early canopy senescence	إجهاد مائي يبكر شيخوخة الغطاء النباتي	%
StTr	Cold stress affecting crop transpiration	إجهاد برد يؤثر على نتح المحصول	%
StSalt	Salinity stress affecting development and production	إجهاد ملحي يؤثر على التطور والإنتاج	%
StWeed	Weed infestation (relative cover of weeds)	غزو الأعشاب الضارة (غطاء نسبي)	%



الشكل c21.2: اختيار باراميتر للعرض في قائمة تشغيل المحاكاة.

- **واجهة مقطع مياه التربة Soil water profile sheet**

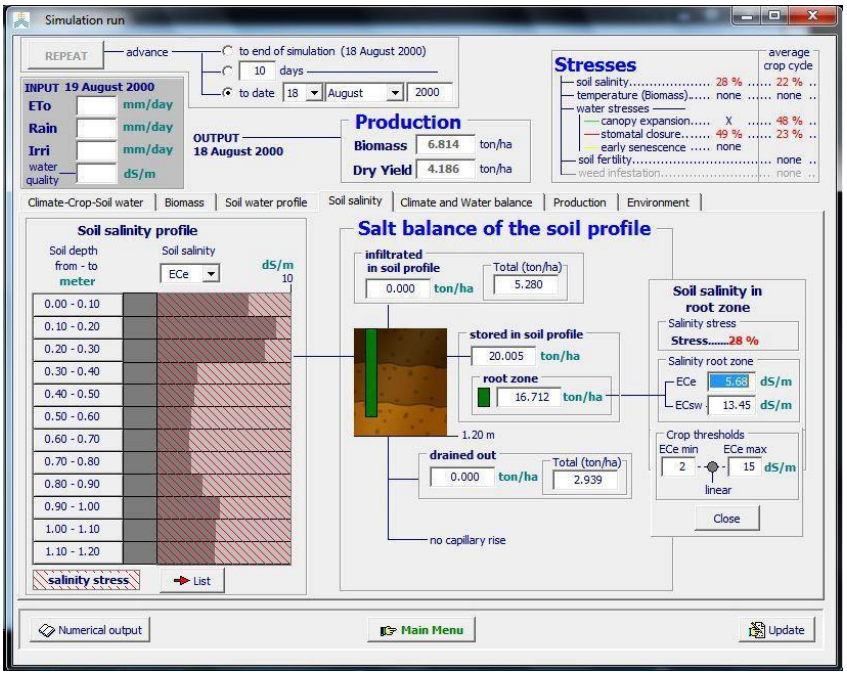
يتم تعديل محتوى المياه المنمذج (المحاكى simulated) في الحُجرات compartments المختلفة لمقطع التربة وذلك لكل يوم من فترة المحاكاة، في واجهة مقطع مياه التربة في قائمة تشغيل المحاكاة. يمكن اختيار خطوط ترسم محتوى التربة المائي الموافق للسعة الحقلية أو للسعة الحقلية المعدلة في حال وجود مياه جوفية أو لنقطة الذبول الدائم أو لنسبة مئوية من إجمالي الماء المتاح أو للعتبة العليا لظروف نقص التهوية أو توسع الغطاء النباتي أو إغلاق المسامات أو الشيخوخة المبكرة للغطاء النباتي (شكل d21.2).



شكل d21.2: اختيار محتوى مائي محدد للإظهار في واجهة مقطع ماء التربة 'Soil water profile' في قائمة تشغيل المحاكاة Simulation run menu.

- **واجهة ملوحة التربة Soil salinity sheet**

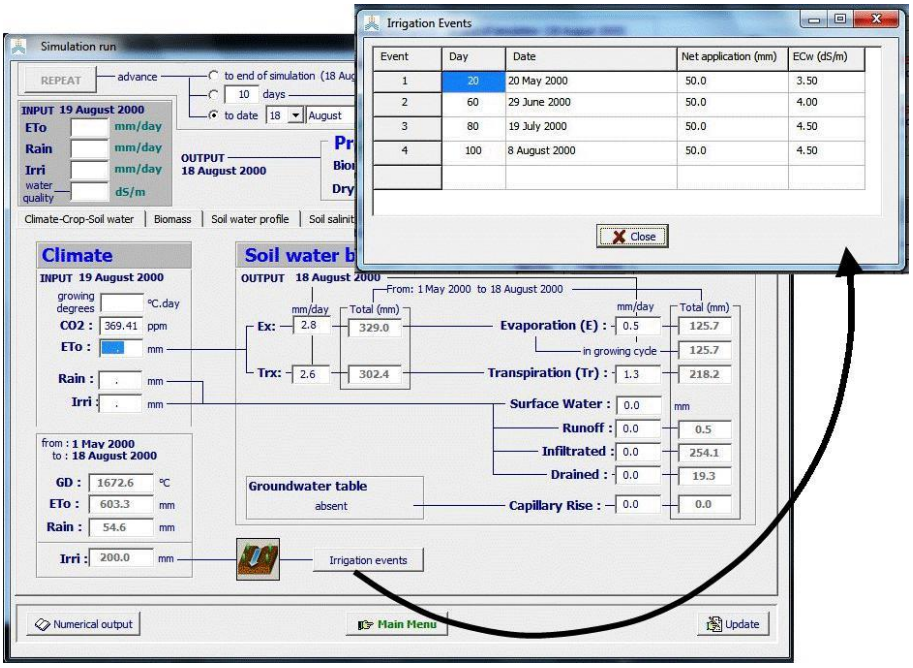
في واجهة ملوحة التربة في قائمة تشغيل المحاكاة، يتم تعديل مقطع ملوحة التربة وبارامترات موازنة الملح في مقطع التربة ومنطقة الجذر وذلك لكل يوم من أيام فترة المحاكاة (الشكل e21.2).



شكل e21.2: عرض بروفيل ملوحة التربة وموازنة الملح salt balance في واجهة ملوحة التربة في قائمة تشغيل المحاكاة.

- **واجهة المناخ وموازنة المياه Climate and Water balance sheet**

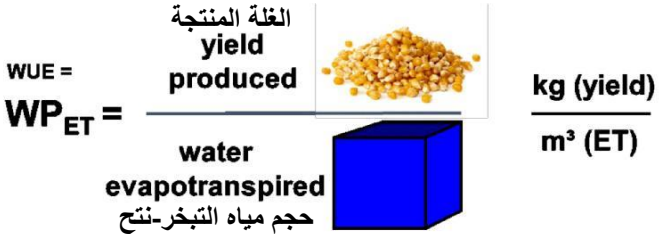
يتم إعطاء قيم لتبخر التربة والنتح من المحصول والجريان السطحي والمياه المتسربة (الراشحة) والمياه المفرغة (المصروفة) drainageوالارتفاع الشعري في واجهة المناخ وموازنة المياه في قائمة تشغيل المحاكاة. يتم عرض عمليات الري في قائمة عمليات الري Irrigation Events(الشكل f21.2).

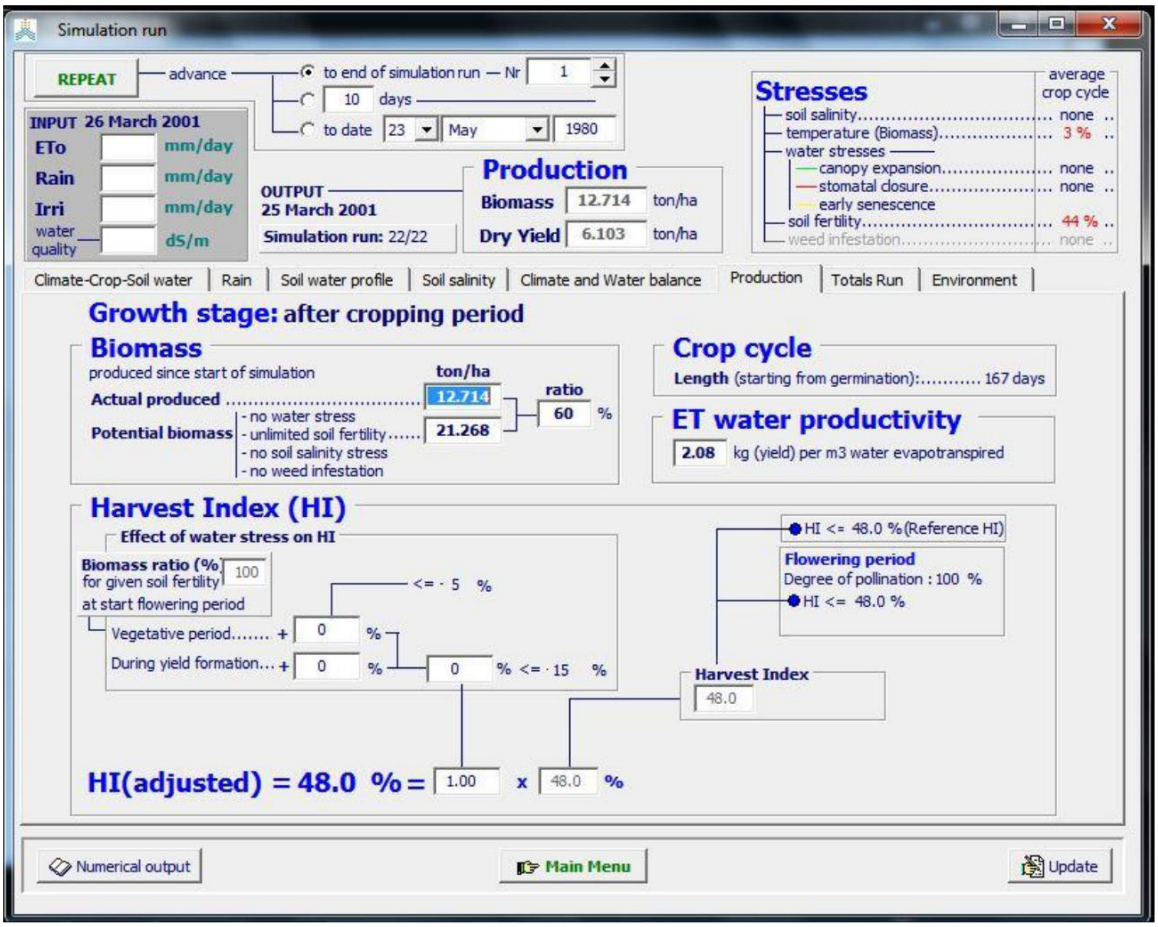


الشكل f21.2: عرض بارامترات المناخ وموازنة مياه التربة في واجهة المناخ والموازنة المائية في قائمة تشغيل المحاكاة وعمليات الري في قائمة عمليات الري.

- **واجهة الإنتاج Production sheet**

في واجهة الإنتاج في قائمة تشغيل المحاكاة، يتم إعطاء معلومات عن تأثير الإجهاد المائي قبل تفتح الأزهار وبعدها ante and post-anthesis على تعديل مؤشر الحصاد HI (الشكل g21.2). يتم أيضاً عرض كمية الكتلة الحيوية المنمذجة المنتجة والكتلة الحيوية التي كان من الممكن أن تنتج في ظل غياب المياه، ويتم عرض إجهاد خصوبة التربة وإجهاد ملوحة التربة. يتم أيضاً إعطاء معلومات عن إنتاجية (كفاءة) مياه التبخر ET water productivity (الغلة أو العائد لكل وحدة من المياه المتبخرة).

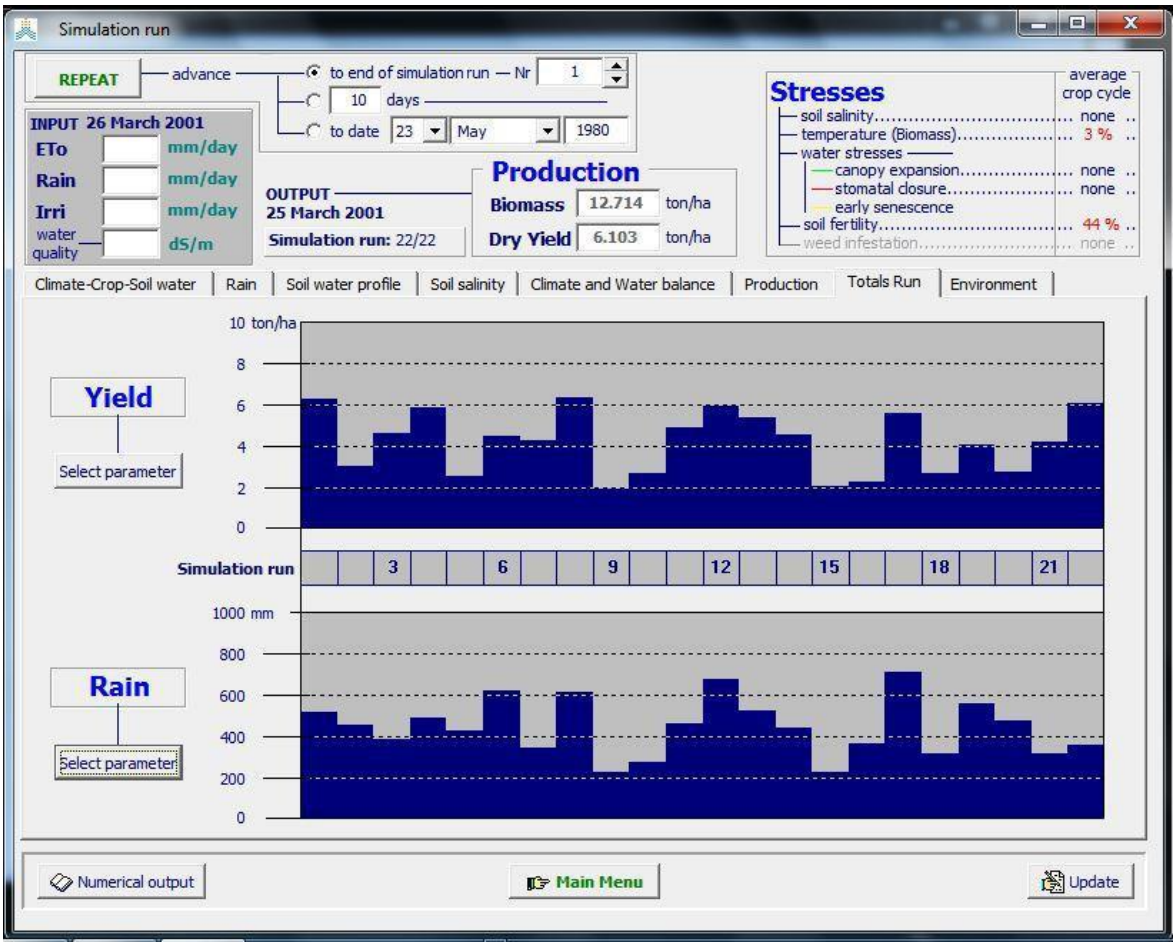




الشكل g21.2: معلومات عن إنتاج الكتلة الحيوية وإنتاجية المياه المتبخرة وتأثير الإجهاد المائي قبل تفتح الأزهار وبعدها على تعديل مؤشر الحصاد في قائمة تشغيل المحاكاة.

- **واجهة إجمالي التشغيلات Totals Run sheet**

في واجهة إجمالي التشغيلات في قائمة تشغيل المحاكاة، يتم إعطاء معلومات عن الإجمالي totals لعدد محدد من البارامترات (جدول b21.2) عند نهاية كل تشغيل محاكاة (الشكل h21.2).



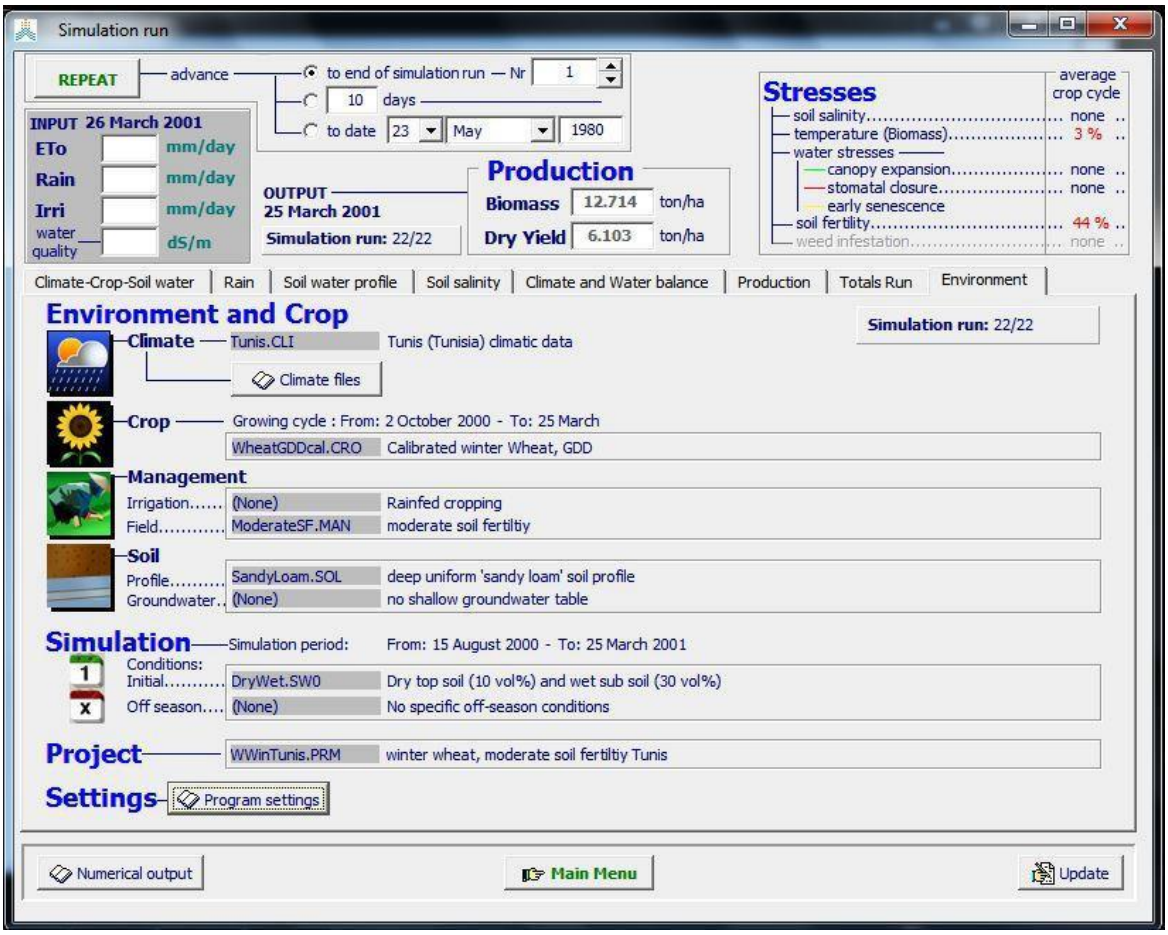
الشكل h21.2: معلومات عن الغلة المنمذجة والهطول المطري الإجمالي (خلال فترة المحاكاة) للسنوات المتعاقبة لمشروع متعدد التشغيلات في واجهة إجمالي التشغيلات في قائمة تشغيل المحاكاة.

الجدول b21.2: البارامترات التي يمكن اختيارها للعرض في واجهة إجمالي التشغيلات قائمة تشغيل المحاكاة.

Symbol الرمز	Description الوصف		Units الوحدات
Rain	Rainfall	الهطول المطري	mm
ETo	ETo	البخر-نتح المرجعي	mm
GD	GD	درجات حرارة النمو	°C
CO2	CO2	تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون	ppm
Irri	Irrigation	الري	mm
Inf	Infiltrated water	المياه المتسربة (الراشحة)	mm
RO	Runoff	الجريان السطحي	mm
Drain	Deep percolation	التسرب (الرشح) العميق	mm
CR	Capillary rise	الارتفاع الشعري	mm
Evap	Soil evaporation	تبخر التربة	mm
E/Ex	Soil evaporation (relative)	تبخر التربة (النسبي)	%
Tr	Total transpiration	النتح الإجمالي	mm
Trw	Crop transpiration	النتح من المحصول	mm
Tr/Trx	Crop transpiration (relative)	النتح من المحصول (النسبي)	%
SaltIN	Salt infiltrated in the soil profile	الملح المتسرب في مقطع التربة	ton/ha
SaltOUT	Salt drained out of the soil profile	الملح المصروف من مقطع التربة	ton/ha
SaltUP	Salt moved upward by capillary rise	الملح الصاعد عن طريق الارتفاع الشعري	ton/ha
SaltProf	Salt stored salt the soil profile	الملح المخزن في مقطع التربة	ton/ha
Ccyle	Length of crop cycle	طول دورة النمو	day
SaltStr	Average salinity stress	متوسط إجهاد الملوحة	%
FertStr	Average soil fertility stress	متوسط إجهاد خصوبة التربة	%
WeedStr	Average relative cover of weeds	متوسط الغطاء النسبي للأعشاب الضارة	%
TempStr	Average temperature stress (transpiration)	متوسط إجهاد الحرارة (تبخر-نتح)	%
ExpStr	Average leaf expansion stress	متوسط إجهاد توسع الورقة	%
StStr	Average stomatal stress	متوسط إجهاد المسامات	%
Biomass	Biomass	الكتلة الحيوية	ton/ha
Brelative	Relative Biomass (Ref: optimal conditions)	الكتلة الحيوية النسبية (مرجع الشروط المثالية)	%
HI	Harvest Index	مؤشر الحصاد	-
Yield	Yield	الغلة	ton/ha
WPet(Y)	ET water productivity (kg yield per m3 ET)	إنتاجية المياه المتبخرة (كغ غلة لكل م3 متبخر)	kg/m3

- **واجهة البيئة المحاكاة (المنمذجة) Simulated environment sheet**

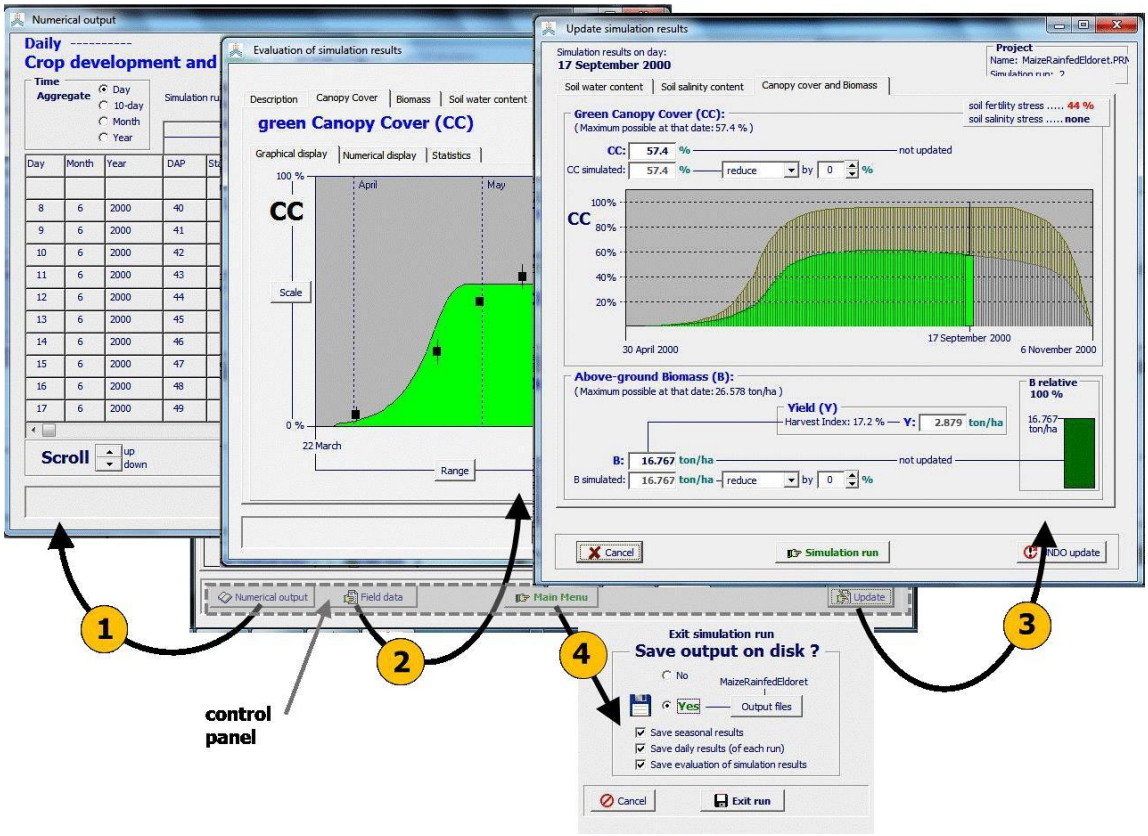
في واجهة البيئة المحاكاة في قائمة تشغيل المحاكاة، يتم عرض ملفات الإدخال المختارة لتشغيل المحاكاة، ويمكن من خلال هذه الواجهة أيضاً التحقق من إعدادات البرنامج (الشكل i21.2). يمكن عرض خصائص أي من المدخلات باختيار الأيقونة الموافقة.



الشكل i21.2: عرض ملفات الإدخال المختارة في واجهة البيئة 'Environment' في قائمة تشغيل المحاكاة.

3.21.2 خيارات لوحة التحكم Options in control panel

يصل المستخدم إلى سلسلة من القوائم الأخرى من لوحة التحكم في أسفل قائمة تشغيل المحاكاة Simulation run (الشكل j21.2):



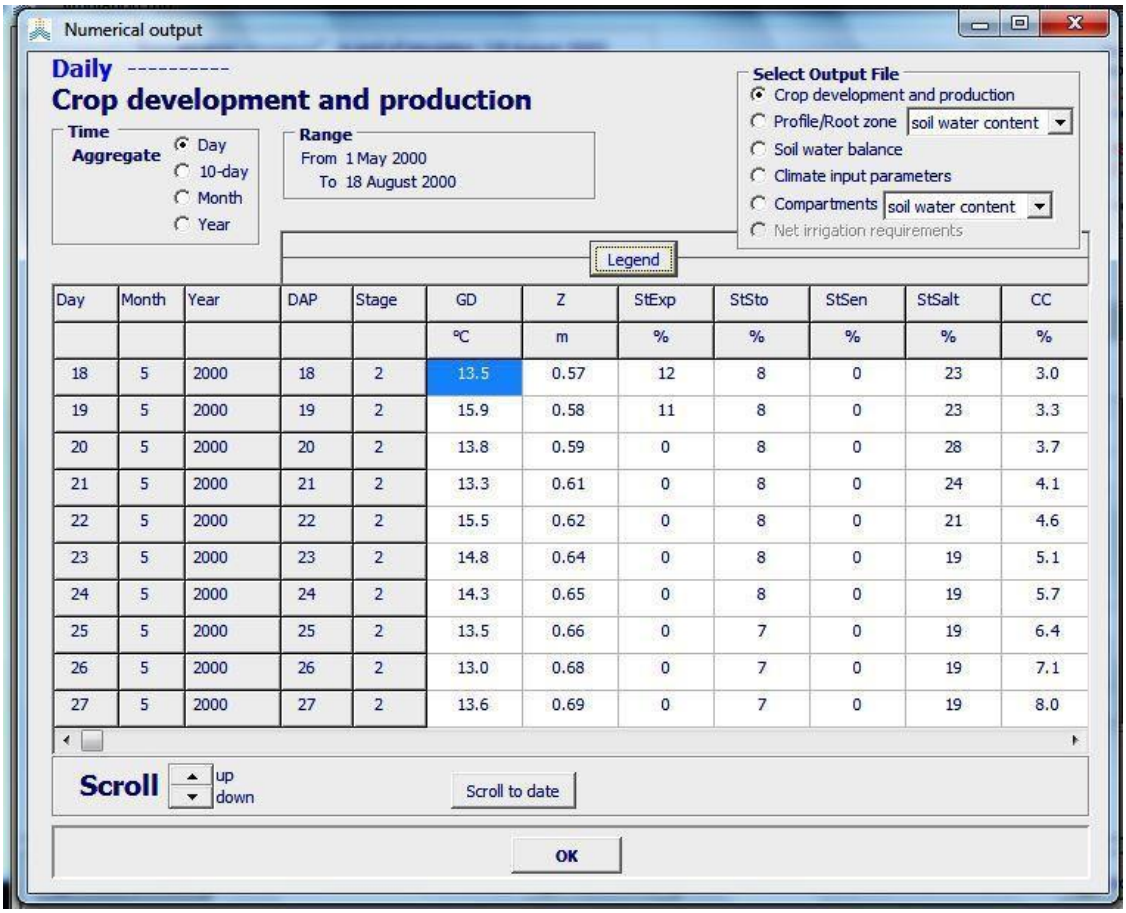
شكل j21.2: يصل المستخدم إلى القوائم: المخرجات العددية *Numerical output*,تقييم نتائج المحاكاة *Evaluation of simulation results*, تحديث نتائج المحاكاة *Update simulation results* ولوحة الخروج *Exit panel* باختيار الأوامر التالية بالترتيب(1) المخرجات العددية ,<Numerical output> (2) بيانات حقلية <Field data> (3) تحديث <Update> (4)<Main menu> من لوحة التحكم في أسفل قائمة تشغيل المحاكاة *Simulation run*.

يمكن أن يصل المستخدم إلى:

- **المخرجات العددية Numerical output:** يتم تسجيل نتائج المحاكاة في ملفات الإخراج، ويتم عرض البيانات من خلال اختيار الأمر المخرجات العددية **<Numerical output>** في قائمة تشغيل المحاكاة.
- **تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of the simulation results:** يمكن للمستخدم تقييم نتائج المحاكاة بمساعدة البيانات الحقلية المخزنة في ملف بيانات حقلية (انظر القسم 20.2). يصل المستخدم 'إلى قائمة محاكاة نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results باختيار أمر بيانات حقلية **<Field data>.**
- **تحديث متغيرات الحالة أثناء تشغيل المحاكاة Update state variables while running a simulation:** يمكن للمستخدم تحديث متغيرات الحالة أثناء تشغيل المحاكاة في قائمة تحديث نتائج المحاكاة Update simulation results باختيار أمر تحديث **<Update>**.
- **حفظ مخرجات المحاكاة في ملف مخرجات Save simulation results in output files**: يمكن حفظ المخرجات عند الخروج من قائمة تشغيل المحاكاة *Simulation run* وذلك بقيام المستخدم باختيار الأمر **<Main menu>.**

4.21.2 المخرجات العددية Numerical output

يتم تسجيل مخرجات المحاكاة في ملفات مخرجات ويمكن أن تعرض بيانات الملف المختار في قائمة المخرجات العددية *Numerical output* باختيار أمر المخرجات العددية<Numerical output> (شكل 1-j21.2). يمكن عرض البيانات بشكل بيانات عشرية (لكل عشرة أيام) أو شهرية أو سنوية (k21.2).



Day	Month	Year	DAP	Stage	GD	Z	StExp	StSto	StSen	StSalt	CC
					°C	m	%	%	%	%	%
18	5	2000	18	2	13.5	0.57	12	8	0	23	3.0
19	5	2000	19	2	15.9	0.58	11	8	0	23	3.3
20	5	2000	20	2	13.8	0.59	0	8	0	28	3.7
21	5	2000	21	2	13.3	0.61	0	8	0	24	4.1
22	5	2000	22	2	15.5	0.62	0	8	0	21	4.6
23	5	2000	23	2	14.8	0.64	0	8	0	19	5.1
24	5	2000	24	2	14.3	0.65	0	8	0	19	5.7
25	5	2000	25	2	13.5	0.66	0	7	0	19	6.4
26	5	2000	26	2	13.0	0.68	0	7	0	19	7.1
27	5	2000	27	2	13.6	0.69	0	7	0	19	8.0

الشكل k21.2: عرض البيانات المسجلة في ملفات الإخراج output files.

5.21.2 تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results

عند تشغيل محاكاة، يمكن للمستخدم تقييم نتائج المحاكاة بمساعدة البيانات الحقلية المخزنة في ملف المراقبة observation file (انظر 20.2 المراقبات الحقلية). يمكن للمستخدم الوصول إلى قائمة تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results عن طريق اختيار أمر المراقبات <*Observations*> في لوحة التحكم لقائمة تشغيل المحاكاة (الشكل 21.2-j2).

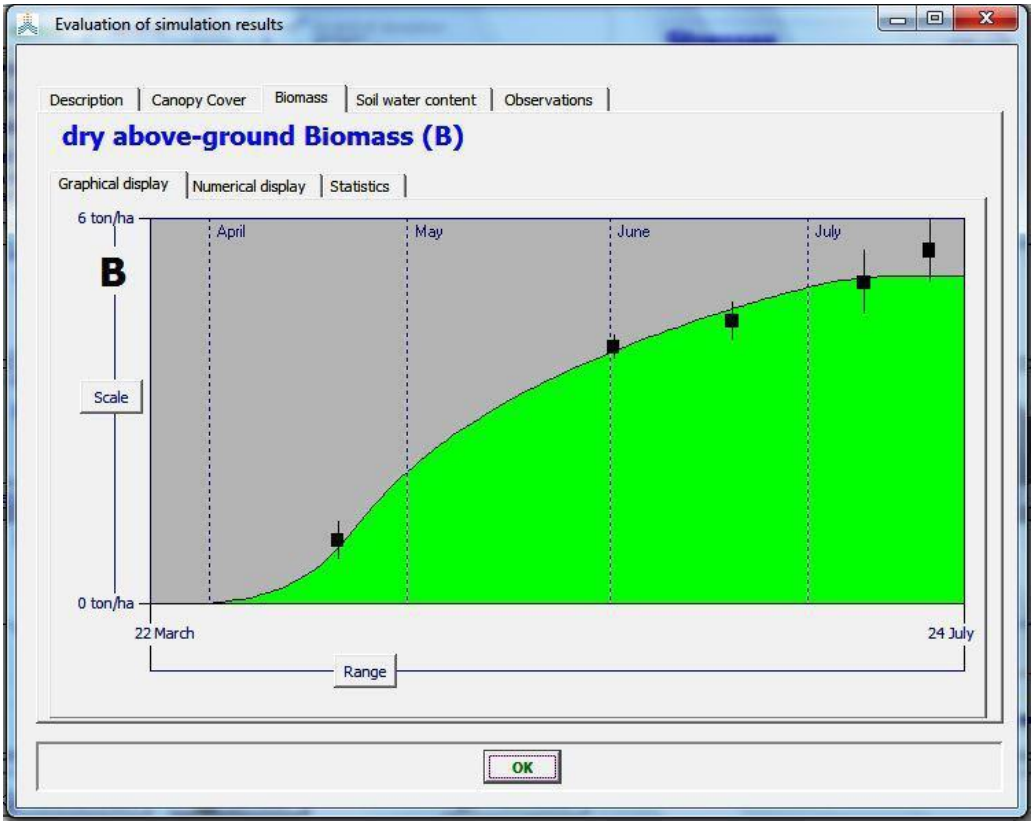
- **العروض الرسومية والعددية Graphical and numerical displays**

يمكن أن يجد المستخدم في قائمة تقييم نتائج المحاكاة لكل واحدة من المجموعات الثلاث لمراقبات الحقل (الغطاء النباتي والكتلة الحيوية ومحتوى مياه التربة) ما يلي:

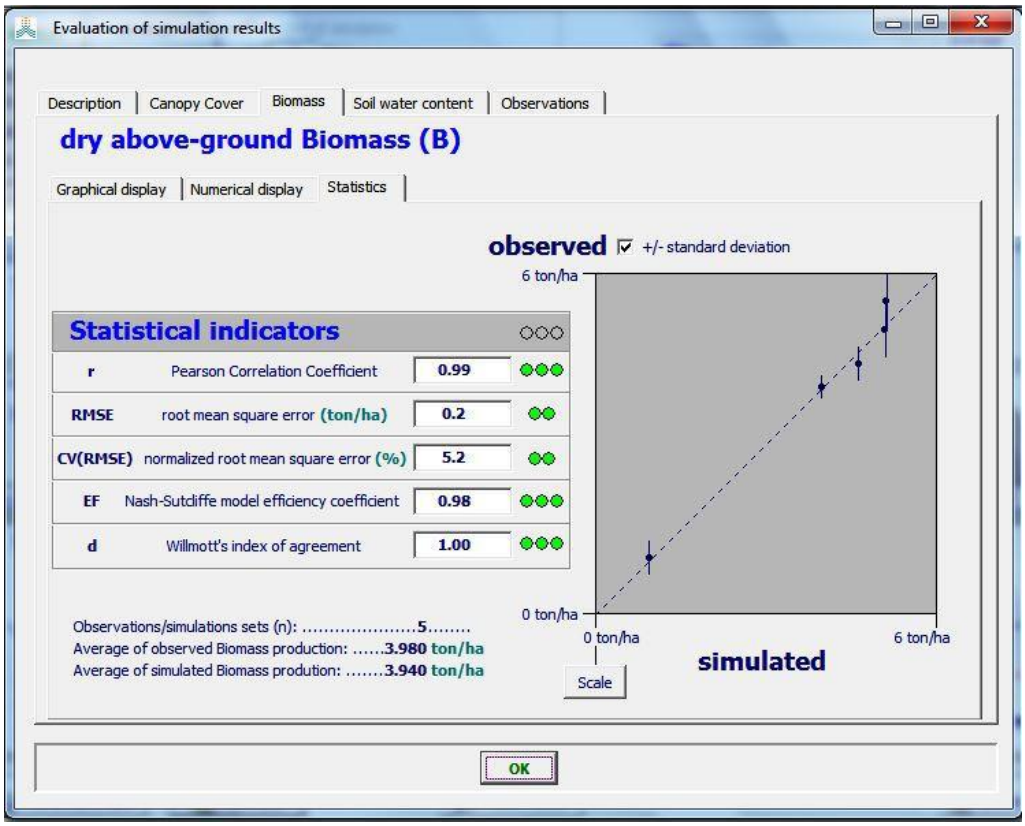
I) عرض رسومي Graphical حيث يتم الرسم التخطيطي للقيم المنمذجة simulated والقيم المراقبة observed(مع انحرافاتها المعيارية) - (الشكل 21.2m).
II) عرض عددي numerical حيث يتم عرض القيم المنمذجة والقيمة المراقبة (مع انحرافاتها المعيارية).
III) مؤشرات إحصائية لتقييم نتائج المحاكاة (الشكل 21.2n).

- **حفظ نتائج المحاكاة save results**

يمكن حفظ تقييم نتائج المحاكاة عند الخروج من قائمة تشغيل المحاكاة Simulation run في مجموعتي ملفات مخرجات: ملفات إخراج بيانات تحتوي القيم المنمذجة في كل يوم للغطاء النباتي والكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي والمراقبات الحقلية مع انحرافاتها المعيارية. وملفات مخرجات إحصائية تحوي تقييم نتائج المحاكاة للغطاء النباتي والكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي.



الشكل m21.2: الكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة المنمذجة (الخط) والمراقبة (النقاط) مع انحرافاتهم المعيارية (الخطوط الشاقولية) في واجهة الكتلة الحيوية 'Biomass' في قائمة تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results.



الشكل n21.2: المؤشرات الإحصائية لتقييم الكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة في واجهة الكتلة الحيوية 'Biomass' في قائمة تقييم نتائج المحاكاة *Evaluation of simulation results*.

المؤشرات الإحصائية Statistical indicators

إن تقييم أداء النموذج مهم لتقديم تقييم كمي عن قدرة النموذج على إعادة إنتاج المتغير (المتحول variable)المراقب، ولتقييم تأثير معايرة بارامترات النموذج ومقارنة نتائج النموذج مع التقارير السابقة (Krause et al., 2005). تتوفر العديد من المؤشرات الإحصائية لتقييم أداء النموذج (Loague and Green, 1991). لكل مؤشر من المؤشرات نقاط قوة ونقاط ضعف، مما يعني أنه من الضروري استخدام مجموعة (طاقم ensemble) من المؤشرات المختلفة من أجل التقييم الكافي لأداء النموذج (Willmott, 1984; Legates and McCabe, 1999). في المعادلات a21.2 إلى e21.2، O_i هي المراقبات وPi هي التنبؤات، $\bar{o}$ و $\bar{p}$ المتوسطات ، وn هو عدد المراقبات.

المؤشرات الإحصائية المتوفرة لتقييم نتائج المحاكاة مع القيم المقاسة هي:

- معامل ارتباط بيرسون Pearson correlation coefficient (r).
- جذر متوسط مربع الخطأ Root Mean Square Error (RMSE).
- جذر متوسط مربع الخطأ المعاير Normalized Root Mean Square Error (NRMSE).
- معامل كفاءة النموذج ناش-ساتكليف Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient (EF).
- مؤشر يلموت للتوافق Willmott's index of agreement (d).

معامل ارتباط بيرسون Pearson correlation coefficient (R)

تتراوح قيمة معامل بيرسون بين -1 و1، حيث تشير القيمة القريبة من 1 على توافق جيد.

$$= \left[\frac{\sum(O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum(O_i - \bar{O})^2 \sum(P_i - \bar{P})^2}}\right] \qquad (2.21a)$$

العيب الرئيسي لمعامل ارتباط بيرسون r ولمربعه r^2 هو أنه يحدد فقط كمية التشتت dispersion، وهذا يعني أن النموذج الذي يبالغ في تقدير overestimate أو يقلل من تقدير underestimate المراقبات، يمكن أن يكون له قيمة جيدة لمعامل التحديد R^2 (Krause et al.,2005). كذلك ذكر Willmott (1982) أيضاً أنه في سياق علوم الغلاف الجوي فإن كلا المعاملين r و r^2 غير كافيين وغالباً ما يكونوا مضللين عند الاستخدام لتقييم أداء النموذج. يتم تحكيم تحليل الخطأ المتبقي analysis of the residual error (الفرق بين تنبؤات النموذج والمراقبات: Pi – Oi) للحصول على معلومات أعمق.

تتراوح قيمة r بين -1 و1 حيث تشير القيمة القريبة من 1 إلى توافق جيد. تستخدم التقييمات التالية في AquaCrop وهي تأشيريه فقط

Value for r	Interpretation	Colour code
≥ 0.90	Very good	●●●
0.80 – 0.89	Good	●●
0.70 – 0.79	Moderate good	●
0.50 – 0.69	Moderate poor	●
0 – 0.49	Poor	●●
< 0	Very poor	●●●

جذر متوسط مربع الخطأ Root Mean Square Error (RMSE)

إن جذر متوسط مربع الخطأ أو ما يدعى ب RMSE هو واحد من أكثر المؤشرات الإحصائية المستخدمة على نطاق واسع (Jacovides and Kontoyiannis, 1995)، ويقيس متوسط مقدار الفرق بين التنبؤات (التوقعات) والمراقبات. تتراوح قيمته من 0 إلى ما لا نهاية موجبة. تشير القيمة 0 إلى أداء جيد للنموذج، بينما تشير القيمة الكبيرة إلى أداء سيء للنموذج. إن الميزة الحسنة في RMSE أنه يلخص متوسط الفرق بين وحدات التنبؤات P والمراقبات O. ومع ذلك فهو لا يفرق بين المبالغة في التقدير overestimation وقلة التقديرunderestimation .

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{n}} \qquad (2.21b)$$

أحد عيوب RMSE هو حقيقة أنه يتم حساب الأخطاء المتبقية residual errors كقيم مربعة squared values، والتي ينتج عنها بأن يتم إعطاء ثقل أكبر للقيم العالية في السلسلة الزمنية مقارنةً بالقيم المنخفضة (Legates and McCabe, 1999) وأن RMSE حساسة بشكل كبير للقيم المتطرفة أو الشاذة جداً (Moriasi et al.,2007). وهذا في الواقع نقطة ضعف لكل المؤشرات الإحصائية التي يكون التغاير (التباين) المتبقي فيها مربعا squared، بما في ذلك مؤشر ناش-ساتكليف (EF) ومؤشر يلموت (d) والتي ستناقش أدناه.

جذر متوسط مربع الخطأ المعاير Normalized Root Mean Square Error (NRMSE)

لأن RMSE معبر عنها بوحدات قياس المتغير (المتحول variable) المدروس، فإنه لا يسمح باختبار النموذج تحت مجال واسع من الظروف المناخية- الجوية (Jacovides and Kontoyiannis, 1995). لذلك، يمكن معايرة (تسوية normalize) المؤشر الإحصائي RMSE باستخدام متوسط المتغير المراقب mean of the observed variable. يتم التعبير عن جذر متوسط مربع الخطأ المعاير NRMSE كنسبة مئوية ويعطي مؤشراً على الاختلاف النسبي بين نتائج النموذج والمراقبات.

$$CV(RMSE) = \frac{1}{\overline{O}} \sqrt{\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{n}} \, 100 \qquad (2.21c)$$

يمكن اعتبار المحاكاة (النمذجة) ممتازة إذا كانت المؤشر الإحصائي NRMSEأصغر من 10%، وجيدة إذا كان بين 10 و20%، ومتوسطة الجودة إذا كان بين 20 إلى 30% وسيئة إذا كان أكبر من 30%.

تستخدم التقييمات التالية في AquaCrop لتقييم CV(RMSE)وRMSEالمتوافق معه وهي تأشيريه فقط

Value for NRMSE	Interpretation	Colour code
≤ 5%	Very good	●●●
6 – 15%	Good	●●
16 – 25%	Moderate good	●
26 – 35%	Moderate poor	●
36 – 45%	Poor	●●
> 46%	Very poor	●●●

معامل كفاءة النموذج ناش-ساتكليف Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient (EF)

إن معامل كفاءة النموذج (EF) يحدد المقدار النسبي للتغاير variance المتبقي مقارنة مع تغاير المراقبات (Nash and Sutcliffe, 1970). بتعبير آخر يشيرEF إلى أي مدى يتطابق (يتناسب) مخطط البيانات المراقبة مقابل البيانات المنمذجة مع الخط 1:1(Moriasi et al., 207). يمكن للمؤشر EF أن يتراوح من اللانهاية السالبة إلى القيمة 1. عندما تكون قيمة EF تساوي الواحد هذا يشير إلى تطابق مثالي بين نتائج النموذج والمراقبات، في حين تشير القيمة 0 إلى أن تنبؤات (نتائج) النموذج صحيحة بمقدار متوسط البيانات المراقبة، أما القيم السالبة للمؤشر فتحدث عندما يكو متوسط المراقبات أفضل من تنبؤات النموذج.

$$EF = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (O_i - \overline{O})^2} \qquad (2.21d)$$

إن المؤشر EF شائع الاستخدام بشكل واسع، وهو ما يعني أن هناك عدداً كبيراً من قيم هذا المؤشر واردة في تقارير المراجع العلمية (Moriasi et al., 2007). ومع ذلك، مثل r2 ، فإن EF ليس حساساً جداً إلى المبالغة في التقدير وقلة التقدير المنهجية لنتائج النموذج (Krause et al., 2005).

تتراوح قيمة EF بين 1 واللانهاية، حيث تشير القيمة 1 إلى توافق تام بين القيم المقاسة والمنمذجة، وتشير القيمة 0 إلى أن القيم المتوقعة من النموذج هي بدقة متوسط القيم المقاسة أما القيمة السالبة فتحدث عندما يكون متوسط القيم المقاسة هو أفضل تنبؤ للنموذج. تستخدم التقييمات التالية في AquaCrop لتقييم EF, وهي تأشيريه فقط

Value for EF	Interpretation	Colour code
≥ 0.80	Very good	●●●
0.60 – 0.79	Good	●●
0.40 –0.59	Moderate good	●
0 – 0.39	Moderate poor	●
(-10) – 0	Poor	●●
< (-10)	Very poor	●●●

مؤشر يلموت للتوافق Willmott's index of agreement (d)

تم اقتراح مؤشر التوافق (الاتفاق) من قبل (Willmott, 1982) لقياس الدرجة التي تقترب لها البيانات المتوقعة من البيانات المراقبة . يمثل هذا المؤشر النسبة بين متوسط مربع الخطأ والخطأ المحتمل "potential error"، والذي يعرف على أنه مجموع القيم المطلقة المربعة للمسافات من القيم المتوقعة إلى متوسط القيمة المراقبة والمسافات من القيم المراقبة إلى متوسط القيمة المراقبة (Willmott, 1984). يتغلب هذا المؤشر على انعدام الحساسية للمؤشر r^2 والمؤشر EF للمبالغة في تقدير أو تقليل التقدير من قبل النموذج (Legates and McCabe, 1999; Willmott,1984). يتراوح هذا المؤشر بين 0 و 1 ، حيث تشير القيمة 0 إلى عدم التوافق بينما تشير القيمة 1 إلى توافق تام بين البيانات المراقبة والبيانات المتوقعة من النموذج.

$$d = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum \left(|P - \overline{O}| + |O - \overline{O}| \right)^2} \qquad (2.21e)$$

من عيوب المؤشر d أنه يمكن الحصول على القيم العالية نسبياً (أكثر من 0.65) حتى عندما يكون أداء النموذج سيئ، وعلى الرغم من نوايا ويلموت (1982)، فإن المؤشر d لا يزال غير حساس جداً إلى المبالغة والتقليل من التقدير (Krause et al., 2005).

تتراوح قيمة d بين 0 و1 حيث يشير 0 إلى انعدام التوافق ويشير 1 إلى توافق تام بين البيانات المقاسة والمتوقعة، تستخدم التقييمات التالية في AquaCrop لتقييم d, وهي تأشيريه فقط

Value for d	Interpretation	Colour code
≥ 0.9	Very good	●●●
0.80 – 0.89	Good	●●
0.65 – 0.79	Moderate good	●
0.50 – 0.64	Moderate poor	●
0.25 – 0.49	Poor	●●
< 0.25	Very poor	●●●

Jacovides, C. P., and Kontoyiannis, H. (1995). Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models. Agricultural Water Management 27, 365–371.

Krause, P., Boyle, D. P., and Bäse, F. (2005). Advances in Geosciences Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. Advances In Geosciences, 89–97.

Legates, D. R., and McCabe, G. J. (1999). Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. Water Resources Research 35, 233–241.

Loague, K., and Green, R. E. (1991). Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. Journal of Contaminant Hydrology 7, 51–73.

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Liew, M. W. V., Bingner, R. L., Harmel, R. D., and Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions Of The ASABE 50, 885–900.

Willmott, C. J. (1984). On the evaluation of model performance in physical geography. In Spatial Statistics and Models, Gaile GL, Willmott CJ (eds). D. Reidel: Boston. 443–460.

Willmott, C. J. (1982). Some Comments on the Evaluation of Model Performance. Bulletin American Meteorological Society 63, 1309–1313.

6.21.2 تعديل النتائج عند تشغيل المحاكاة Updating results when running a simulation

❖ الحاجة إلى تعديل نتائج المحاكاة Need for an update of simulation results

لا يحاكي برنامج AquaCrop ما يلي:

- الحشرات، الأمراض، الصقيع، البرد..... وكلها تدمر جزءا من الغطاء النباتي (CC).والكتلة الحيوية فوق الأرضية (B) خلال الموسم.

- جريان الماء تحت السطحي الأفقي، والماء المتحرك من وإلى مقطع التربة (تسرب seepage).نتيجة لذلك يمكن أن تكون قيم CC وB و/أو مقطع الماء في التربة (θ-z) بعد مثل هذه الأحداث المذكورة أعلاه مختلفة عن القيم التي تم تسجيلها. يقدم AquaCrop الخيار لتحديث CC, B, (θ-z) عند نهاية كل يوم يتضمن حدثا بناء على المراقبات أو التقديرات التي حدثت في ذلك اليوم. يتابع AquaCrop المحاكاة بعد التحديث باستخدام القيم المعدلة ل CC وB و/أو (θ-z).

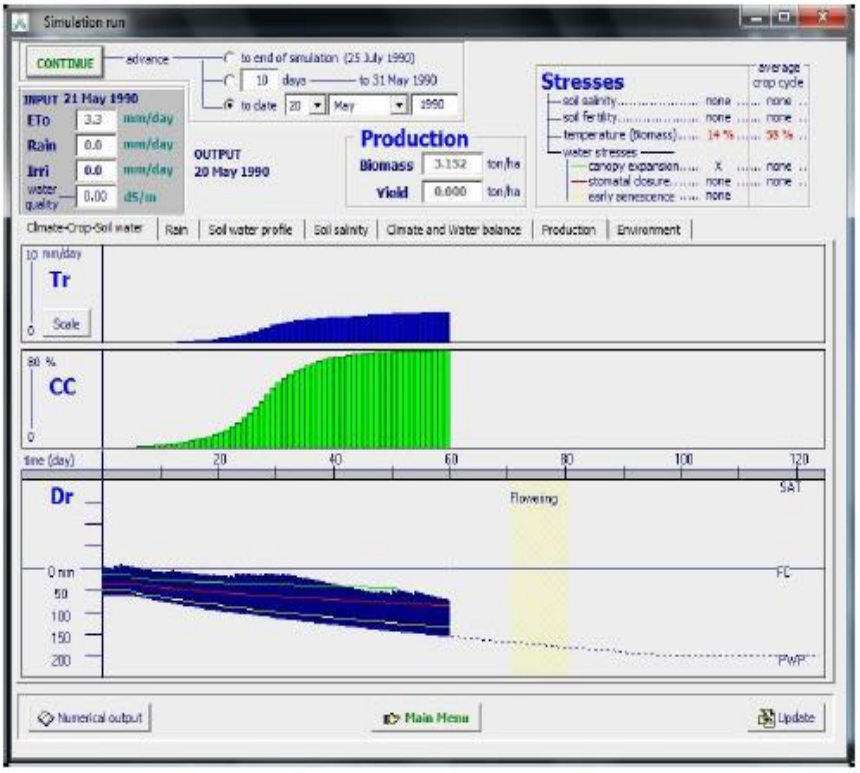
يجب أن يتأكد المستخدم قبل القيام بالتعديل، أن الاختلاف بين القيم المنمذجة والمقاسة ليس ناتجا عن إعدادات خاطئة لبعض بارامترات المحصول غير المحافظة أو بسبب تحديد سيئ للبيئة التي ينمو فيها المحصول. لذلك يجب أن يتأكد المستخدم من أن:

- بيانات الهطول المطري مقاسة في الحقل المدروس أو قريبا منه.
- قدرة التبخير للغلاف الجوي (ETo) محسوبة بشكل صحيح.
- درجة حرارة الهواء (التي يمكن أن تؤثر على تطور المحصول والإنتاج) محددة بشكل صحيح.
- فينولوجيا النبات وطول دورة حياته مضبوطة بدقة بالنسبة للبيئة وسلالة المحصول.
- تاريخ الإنتاش أو النقل للغراس محدد بدقة.
- أن تاريخ ومدة الإزهار محددين بدقة في حالة المحاصيل المنتجة للبذور أو الثمار المحددة determinant fruit/grain crop.
- إدارة الحقل التي تؤثر على الجريان السطحي أو تقلل من التبخر من التربة (الأغطية) أو تؤثر على تطور المحصول والإنتاج (خصوبة التربة)، محددة بدقة.
- توقيت وعمق التطبيق الصافي لكل عمليات الري محدد بدقة.
- خصائص التربة الفيزيائية لمختلف طبقات التربة محددة بدقة.

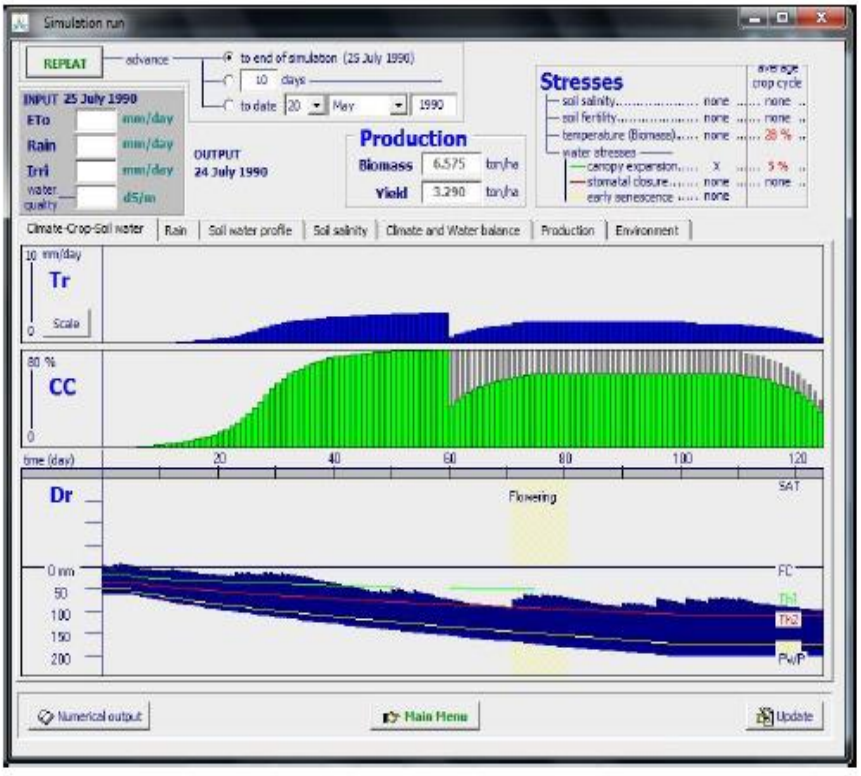
❖ تعديل نتائج المحاكاة

يجري تحديد التاريخ الذي نحتاج فيه لتعديل نتائج المحاكاة عند بداية التشغيل وذلك باختيار التاريخ في لوحة التقدم advance panel في الزاوية العلوية اليسرة من قائمة تشغيل المحاكاة (باختيار الخيار: **حتى تاريخ** 'to date'), يتم توقيف المحاكاة في اليوم المحدد (شكل a-p21.2). يصل المستخدم بعد ذلك إلى قائمة تعديل نتائج المحاكاة menu ***Update simulation results*** باختيار الأمر **عدل <Update>** في شريط القائمة في أسفل الشاشة (شكل 3-j21.2). يستطيع المستخدم في هذه القائمة أن يعدل لذلك اليوم محتوى التربة المائي لمقطع التربة (شكل a-q21.2) والغطاء النباتي والكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة (شكل b-q21.2). سيتم أخذ أي تعديل بعين الاعتبار عند العودة إلى قائمة تشغيل المحاكاة ومتابعة المحاكاة (شكل b-p21.2).

(a)

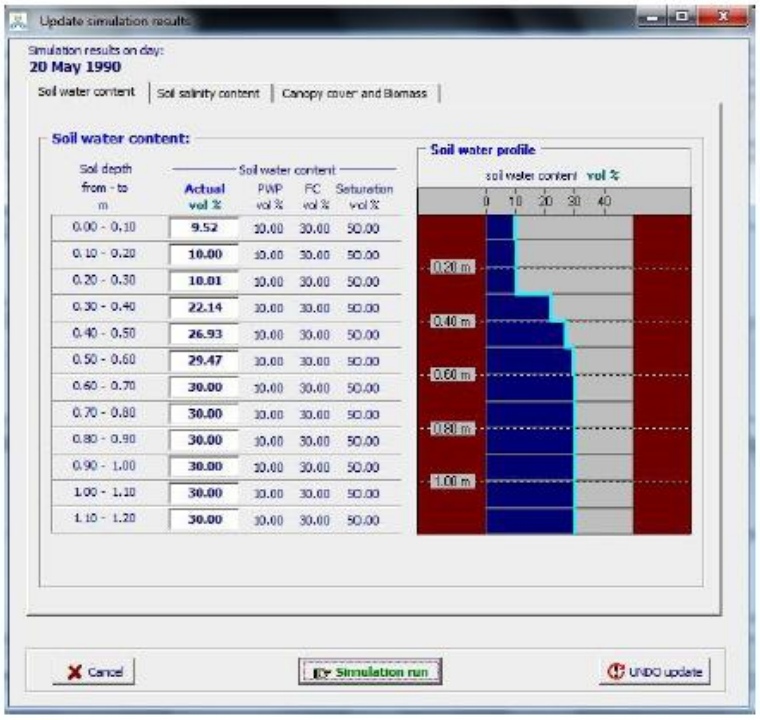


(b)

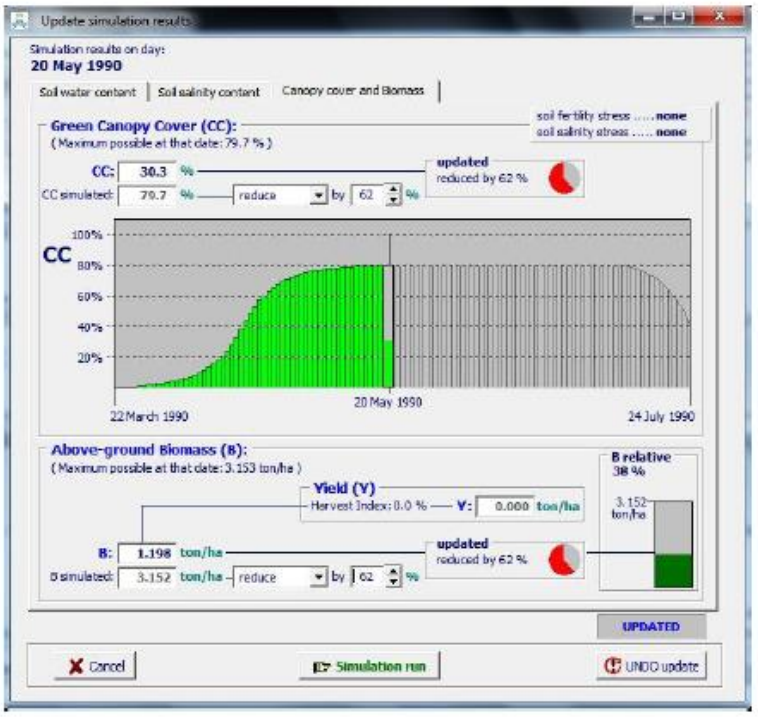


شكل p21.2: القيم المنمذجة لنتح المحصول (Tr)والغطاء النباتي (CC)واستنفاذ منطقة الجذور (CC)معروضة في قائمة تشغيل المحاكاة (a) قبل التعديل في 20 May 1990 (في قائمة تعديل المحاكاة) و(b) عند نهاية تشغيل المحاكاة.

(a)



(b)



شكل q21.2: (a) محتوى التربة المائي و (b)الغطاء النباتي والكتلة الحيوية فوق الأرض بتاريخ 20 May 1990 كما تمت نمذجتها أو تعديلها في قائمة تعديل نتائج المحاكاة Update simulation results.

- **إرشادات لتعديل قيم الغطاء النباتي والكتلة الحيوية والرطوبة Guidelines for the update of CC, B and/or θ**

من الممكن تعديل القيمة المحاكاة للغطاء النباتي CC إلى قيمة أكبر من الحد الأقصى الذي يمكن الوصول إليه في ذلك اليوم. ولكن بما أن هذا هو الحد الأقصى ل CC الذي يمكن الحصول عليه في ظل ظروف بيئية معينة، فإنه ينصح بالتحقق أولا من البارامترات غير المحافظة في ملف المحاصيل (فينولوجيا المحصول وطول دورة الحياة قد لا تكون مضبوطة بدقة تماما للبيئة)، بيانات حرارة الهواء في ملف المناخ (درجة حرارة الهواء المنخفضة جدا قد خفضت سرعة التوسع للغطاء النباتي) و

/ أو إعدادات خصوبة التربة في ملف إدارة الحقل (قد يكون إجهاد خصوبة التربة مختلفا عما يفترض) قبل إجراء مثل هذه التعديلات.

- يتم تجاهل أي تحديث للغطاء النباتي قبل الإنبات أو الزرع. تحقق إذا لزم الأمر، من لحظة الإنبات أو زرع.

- إذا كان المحصول محصولا منتجا للثمار / الحبوب (أي محصول تميز فيه دورة الحياة بوضوح بين المرحلة الخضرية ومرحلة الإنتاج)، فإن AquaCrop يتجاهل أي زيادة في الغطاء النباتي بعد منتصف الإزهار (وهو نهاية المرحلة الخضرية)، حتى عندما لا يتم الوصول إلى أقصى قيمة لCC ((CCx)). تحقق، إذا لزم الأمر، من تاريخ ومدة الإزهار.

- من الممكن تعديل قيمة B المحاكاة بقيمة أكبر من الحد الأقصى الذي يمكن إنتاجه في ذلك اليوم. ولكن بما أن هذا الحد الأقصى B هو الذي يمكن الحصول عليه في ظل الظروف المثلى لظروف الطقس المعطاة، فإنه ينصح أولا للتحقق من البارامترات غير المحافظة في ملف المحصول (فينولوجيا المحصول وطول دورة الحياة قد لا تكون مضبوطة بدقة تماما البيئة) و / أو بيانات درجة حرارة الهواء في ملف المناخ (قد تكون درجة حرارة الهواء المنخفضة جدا قد خفضت إنتاج الكتلة الحيوية) قبل إجراء مثل هذه التغييرات؛

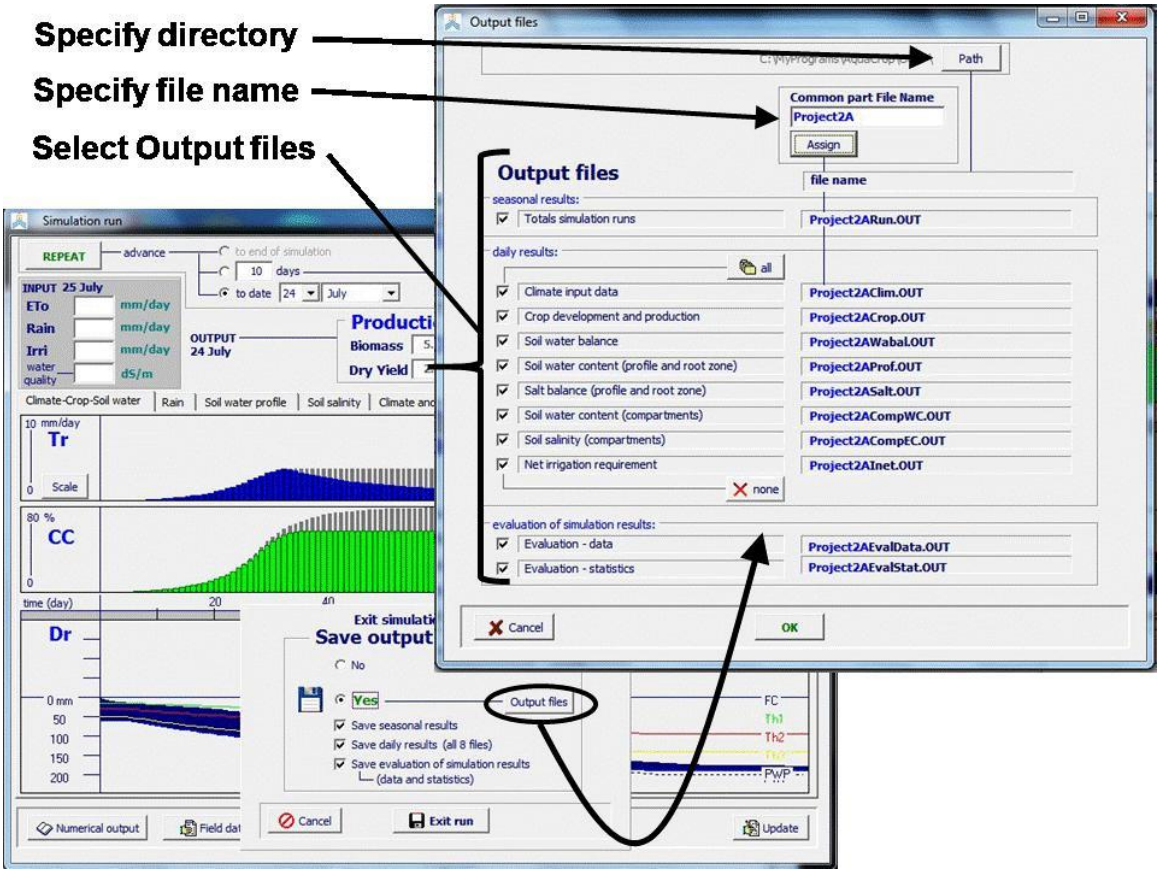
- لا يمكن تحديث الغلة (Y) مباشرة أثناء تشغيل المحاكاة. ومع ذلك، من خلال اعتبار قيمة HI المعروضة، يمكن للمستخدم حساب B المقابلة (أي Y / (0.01 * HI)) وضبط قيمة B المحاكاة وفقا لذلك. لاحظ أن قيمة HI قبل مرحلة الإنتاج هي دائما صفر.

- يمكن تحديث محتوي التربة المائي المنمذج (θ) في كل حجرة من حجرات التربة (12 كحد أقصى) (كما هو موضح في واجهة "مقطع مياه التربة" من قائمة تشغيل المحاكاة). يتم عرض محتوى التربة المائي عند نقطة الذبول الدائم (θPWP) وعند التشبع (θSAT) لطبقة التربة في هذا العمق، بالإضافة إلى عمق مركز حجرة التربة تحت سطح التربة. من الممكن ضبط θ خارج المدىθSAT - θPWP . ولكن بما أن θ يمكن أن تكون ضمن هذا النطاق فقط، من المستحسن التحقق من خصائص التربة الفيزيائية لمختلف طبقات التربة قبل إجراء تغييرات خارج النطاق. لاحظ أنه في الجزء العلوي من التربة يمكن أن تنخفض θ تحت θPWP حيث أن الطبقة السطحية يمكن أن تصبح جافة هوائيا بسبب التبخر من التربة. محتوى التربة المائي في التربة الجافة هوائيا هو نصف محتوى الماء في نقطة الذبول الدائمة (($\theta_{air\ dry} = \theta_{PWP}/2$)).

7.21.2 ملفات الإخراج Output files

يوجد خيار لحفظ المخرجات عند الخروج من قائمة تشغيل المحاكاة (اختيار الأمر القائمة الرئيسية main menu في الشكل j21.2)، يتم التمييز بين الملفات التي تحتوي على نتائج محاكاة يومية ونتائج فصلية وتقييم نتائج المحاكاة (الشكل r21.2). يتم تخزين الملفات بشكل افتراضي في المجلد OUTP لبرنامج AquaCrop. يستطيع المستخدم باختيار الأمر output> <files تحديد الملفات التي يجب حفظها في قائمة ملفات المخرجات ***Output files***، يمكن للمستخدم منع استبدال نتائج المحاكاة عند كل تشغيل باستخدام أسماء مختلفة أو بتغيير المكتبة التي سيتم بها التخزين (الشكل r21.2).

يمكن استرجاع البيانات باستخدام برنامج Excel للمزيد من المعالجة والتحليل.



الشكل r21.2: تحديد الملفات التي سيتم تخزينها والمسار Path واسم الملف file name لملفات الإخراج في قائمة ملفات المخرجات.

❖ النتائج اليومية Daily results

تتألف مخرجات النتائج اليومية من 8 ملفات تحتوي على المتغيرات الأساسية (الجدول c21.2). يتم عرض قائمة للمتغيرات الرئيسية key variables في القسم 25.2 (ملفات الإخراج).

❖ النتائج الفصلية Seasonal results

يمكن أيضا تخزين مخرجات النتائج الفصلية (RUN.OUT).

إن المتغيرات المدرجة في ملفات الإخراج موصوفة في 25.2 (ملفات الإخراج). يمكن استرجاع البيانات الموجودة في الملفات باستخدام برامج الجداول وذلك لمزيد من المعالجة والتحليل.

الجدول 2.21c: اسم الملف الافتراضي ومحتوى ملفات الإخراج الثمانية (8 output files) مع نتائج المحاكاة اليومية.

Default file name اسم الملف الافتراضي	Content المحتوى
ProjectClim.OUT	Climate input variables متغيرات الإدخال المناخية
ProjectCrop.OUT	variables for crop development and production متغيرات لتطور وإنتاج المحصول
ProjectWabal.OUT	variables for soil water balance متغيرات لموازنة مياه التربة
ProjectProf.OUT	variables for soil water content – Profile/Root zone متغيرات لمحتوى مياه التربة-بروفيل / منطقة الجذر
ProjectSalt.OUT	variables for soil salinity – Profile/Root zone متغيرات لملوحة التربة – بروفيل / منطقة
ProjectCompWC.OUT	variables for soil water content – Compartments متغيرات لمحتوى مياه التربة- الحجرات
ProjectCompEC.OUT	variables for soil salinity – Compartments متغيرات لمحتوى ملوحة التربة- الحجرات
ProjectInet.OUT	variables for net irrigation requirement متغيرات لاحتياج الري الصافي

❖ تقييم نتائج المحاكاة **Evaluation of simulation results**

يتم تخزين تقييم نتائج المحاكاة في ملفي مخرجات (جدول d21.2).

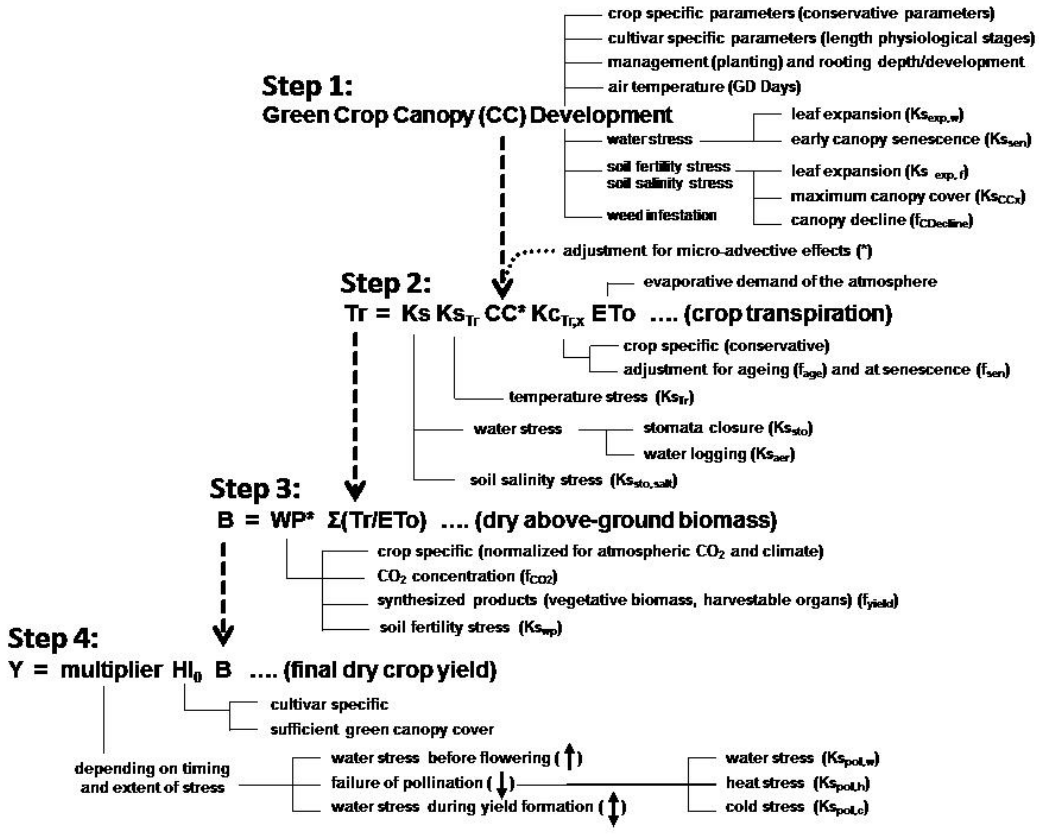
جدول d21.2: اسم الملف الافتراضي والمحتويات لملفي مخرجات تقييم نتائج المحاكاة.

Default file name	Content
ProjectEvalData.OUT	Data output file: which contain for each day of the simulation period the simulated green canopy cover (CC), biomass (B) and soil water content (SWC), and the observed field data (with their standard deviation); ملف مخرجات للبيانات: يحتوي لكل يوم من فترة المحاكاة على القيم المنمذجة للغطاء النباتي والكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي بالإضافة إلى البيانات الحقلية المقاسة مع انحرافاتها المعيارية.
PorjectEvalStat.OUT	Statistics output file: which contain the statics of the evaluation of the simulation results for Canopy Cover, biomass and soil water content (see 2.21.5 'Evaluation of simulation results). ملف مخرجات إحصائية: يحتوي على إحصائيات تقييم نتائج المحاكاة للغطاء النباتي والكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي.

2.22 تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results

قد تكون بعض بيانات المدخلات (انظر 23.2 ملفات الإدخال) الخاطئة سببا لاختلاف غلة المحصول الناتجة من المحاكاة عن غلة المحصول المقاسة، يجب إجراء عمليات الفحص، عند فحص المدخلات، حسب التسلسل الذي يتبع ترتيب مخطط الحساب. يبين الشكل (a22.2) مخطط حساب Aquacrop، إلى جانب بارامترات المحاصيل والإجهادات التي تتحكم بكل من:

1. محاكاة الغطاء النباتي الأخضر(CC): إن توسع وتقدم عمر (هرم) وموصلية وشيخوخة الغطاء النباتي CC هي المحددات الرئيسية لكمية مياه النتح وكمية الكتلة الحيوية المنتجة. يتم وصف تطور الغطاء النباتي بواسطة بارامترات متعلقة بالصنف وبارامترات محافظة. ويمكن أن تؤدي إجهادات المياه، وملوحة التربة وخصوبة التربة إلى تقليل (نقصان) تطور الغطاء النباتي عن تطوره المحتمل؛
2. محاكاة النتح من المحصول (Tr): يتناسب النتح مع الغطاء النباتي. يمكن أن يقلل نقصان وزيادة مياه وملوحة التربة في منطقة الجذر من النتح نتيجة لإغلاق المسامات.
3. محاكاة إنتاج الكتلة الحيوية فوق الأرض (B): يتناسب إنتاج الكتلة الحيوية فوق الأرض B مع الكمية التراكمية للمياه التي يتم نتحها. يمكن أن تسبب إجهادات درجة الحرارة وخصوبة التربة تقليل B؛
4. محاكاة غلة المحصول (Y): يحسب Y كحاصل ضرب قيمة إنتاج الكتلة الحيوية فوق الأرض النهائي B ومؤشر الحصاد (HI). ويتم الحصول على HI الفعلي عن طريق تعديل قيمة مؤشر الحصاد المرجعي (HIo) بعوامل تعديل لتأثير الإجهادات أثناء المحاكاة.



شكل a22.2: شكل تخطيطي للخطوط العريضة لتشغيل نموذج في AquaCrop.

1.22.2 الغطاء النباتي الأخضر (CC)-الخطوة الأولى Step 1 – Green canopy cover (CC):

- **تحقق أن بارامترات المحصول مضبوطة جيدا للبيئة والنوع:** يجب أن يتضمن الفحص الأول التحقق من أن بارامترات المحصول غير المحافظة قد تم ضبطها بشكل جيد بالنسبة للنوع المختار وطريقة الزراعة وإدارة الحقل والشروط في مقطع التربة، كما هو موضح في الفقرة 2.10.2 (ضبط بارامترات المحاصيل Tuning of crops parameters).
- **قارن الغطاء النباتي المنمذج مع المراقب:** تصف بارامترات المحصول المحافظة وبارامترات المحصول غير المحافظة المضبوطة بدقة النمو (التطور) الممكن للغطاء النباتي في غياب أي نوع من الإجهاد. تختلف قيمة الغطاء

النباتي المنمذج (CC_{sim}) عن قيمة الغطاء النباتي الممكنة، عندما يؤثر إجهاد المياه أو إجهاد ملوحة التربة أو/ وإجهاد خصوبة التربة على تطور المحصول. قارن قيمة الغطاء النباتي المنمذج (CC_{sim}) مع الغطاء النباتي المقاس (CC_{obs}). يجب إجراء عدة مراقبات موزعة عشوائيا ضمن الحقل في أوقات متعددة ضمن فترة النمو، لتقييم تطور الغطاء النباتي CC. يمكن تقدير CC_{obs} في الحقل عن طريق العين، أو من خلال تقييم المقاطع المظللة على مسطرة مدرجة موضوعة على سطح التربة في منتصف النهار، أو عن طريق اشتقاقها من صور الغطاء النباتي من الأعلى التي تم التقاطها بكاميرا رقمية (جدول a22.2).

جدول a22.2: برامج وإرشادات لاشتقاق الغطاء النباتي (CC) من الصور.

Available software packages, to estimate CC from pictures: ***FREEWARE:*** - Green Crop Tracker http://www.flintbox.com/public/project/5470/ - GIMP http://www.gimp.org/downloads/ - IMAGE J http://rsb.info.nih.gov/ij/ - CAN-EYE http://147.100.66.194/can_eye/index.php ***OTHER OPTION (not freeware):*** - SigmaScan Pro - ENVI http://www.ittvis.com/ProductServices/ENVI.aspx - ASSESS http://www.apsnet.org/apsstore/shopapspress/Pages/43696m5.aspx - eCognition Developper http://www.ecognition.com/products/ecognition-developer - Image processing toolbox Matlab: http://www.mathworks.nl/products/image/index.html?s_tid=brdcrb
إرشادات: - يجب تحليل مراكز الصور فقط، لتجنب الإفراط في التقديرات الناجمة عن تشوهات المنظر بالقرب من حدود الصورة. - يمكن تحديد اللون "الأخضر" للغطاء النباتي، بتغيير العتبات في نوع من الرسم البياني اللون. - يسمح تحديد العتبات بفصل الصورة إلى التربة الجرداء والمواد الخضراء.

يتم رسم البيانات الحقلية (المحددة في قائمة بيانات حقلية *Field data*) ونتائج المحاكاة معا، عند تشغيل المحاكاة، في قائمة تقييم نتائج المحاكاة *Evaluation of simulation results* (فقرة 5.21.2). توجد بعض المؤشرات الإحصائية، بالإضافة إلى الفحص البصري، لتقييم المحاكاة. يمكن أن تكون المحاكاة السيئة لإجهادات مياه وخصوبة وملوحة التربة في منطقة الجذور سببا لعدم التوافق بين القيم المراقبة والمنمذجة للغطاء النباتي، حيث أن الغطاء النباتي الأخضر يتأثر بهذه الإجهادات:

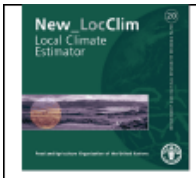
I. تحقق أن كمية الأسمدة المطبقة في الحقل تتوافق مع مستوى خصوبة التربة (الإنتاج النسبي الممكن للكتلة الحيوية) المحدد في قائمة إدارة الحقل.
II. عدل عند الضرورة قيمة الملوحة الابتدائية ECe و / أو ملوحة مياه الري ECw وسطح المياه الجوفية، في حال عدم التوافق بين القيمة المنمذجة والمقاسة للأملاح الداخلة والخارجة.
III. توجد مناقشة محتوى التربة المائي المنمذج في الفقرة 2.22.2.

2.22.2 نتح المحصول (Tr) الخطوة الثانية 2 Step – Crop transpiration (Tr)

يتم حساب النتح من المحصول (Tr) بضرب قيمة التبخر-نتح المرجعي بقيمة معامل نتح المحصول مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير الإجهاد المائي بواسطة معاملات الإجهاد المائي. يتناسب عامل نتح المحصول مع الغطاء النباتي. عامل التناسب والعتبات وأشكال توابع Ks هي بارامترات محصول محافظة ويجب ألا تعدل:

❖ **تحقق من قيمة التبخر-نتح المرجعي (ETo) Check reference evapotranspiration:** يستخدم AquaCrop قيم ETo المقدرة بطريقة FAO Penman-Monteith. يمكن التأكد من حسن تقدير قيم ETo بمقارنة قيم ETo اليومية المستخدمة في المحاكاة مع قيم المتوسط الشهري المحدد في برنامج New_LocClim لموقع محدد. يجب أن تتوافق مجموعتي البيانات في المقدار.

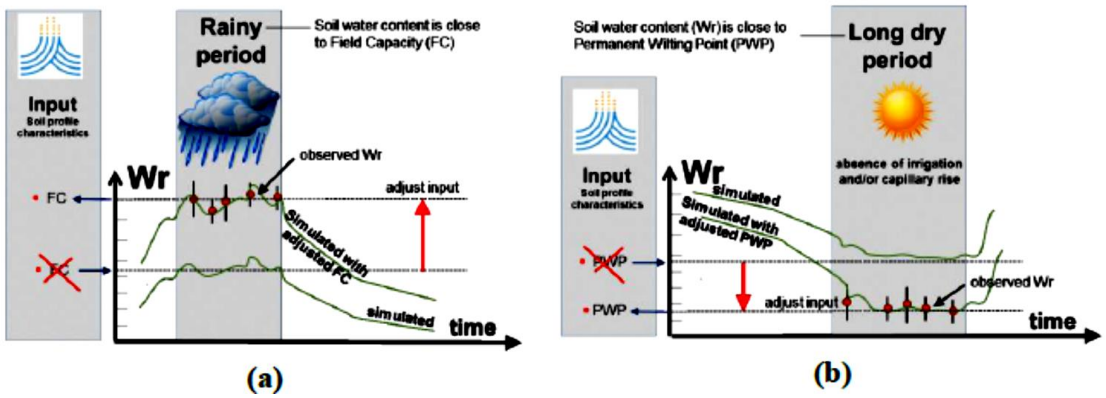
جدول b22.2: New_LocClim برنامج تقدير المناخ المحلي (يمكن تنزياه من الانترنت).



New_locClim is a software program and database, which provides estimates of average climatic conditions at locations in the world.

Reference: FAO. 2005. New_locClim, Environment and Natural Resources, Working paper No. 20 (CD-ROM)

- **تحقق من محتوى ماء التربة الابتدائي (في بداية فترة المحاكاة):** تتأثر محاكاة الموازنة المائية للتربة بالشروط الابتدائية. إذا تم تحديد محتوى التربة المائي بشكل خاطئ في بداية المحاكاة فستكون القيمة المقدرة لمحتوى التربة المائي في اليوم التالي خاطئة بطبيعة الحال. لذلك يجب تقدير محتوى ماء التربة الابتدائي بشكل جيد بسبب التأثير الكبير لقيمة محتوى التربة المائي المنمذجة على تطور المحصول والنتح وإنتاج الكتلة الحيوية وغلة المحصول. يقدم القسم 17.2 (الشروط الابتدائية) إرشادات من أجل التقدير الملائم لمحتوى التربة المائي الابتدائي.
- **تحقق من الموازنة المائية للتربة:** يؤثر محتوى التربة المائي في منطقة الجذور (Wr) على تطور الغطاء النباتي والنتح من المحصول. يتم محاكاة تغيرات Wr خلال دورة النمو بالأخذ بعين الاعتبار التدفقات الداخلة والخارجة. إذا لم تكن محاكاة نتح المحصول و/أو الغطاء النباتي مرضية تحقق من:
  - **حجم خزان منطقة الجذور:** والذي يتحدد بمقطع التربة وخصائص المحصول. يتحدد نوع التربة وتغيرات خصائص التربة الفيزيائية مع عمق التربة في ملف التربة (الفقرة 14.2). يتحدد التوسع والعمق الأعظمي لمنطقة الجذور في ملف المحصول(الفقرة 6.10.2 واجهة التطور).
  - **الهطول المطري اليومي:** يجب أن تكون البيانات المطرية مقاسة في الحقل أو قريبا منه، لأن التغيرات المكانية والزمانية للهطول المطري كبيرة، ويفضل أن تكون يومية.
  - **عمق تطبيق مياه الري وزمن التطبيق:** يقصد بعمق التطبيق كمية الري الصافية. لا يتم إضافة كميات المياه الزائدة لتعويض فواقد النقل أو التوزيع غير المنتظم لمياه الري في الحقل.
  - **الجريان السطحي:** والذي يتحدد بخصائص مقطع التربة وإدارة الحقل. يتحدد رقم المنحني CN والناقلية الهيدروليكية المشبعة في ملف التربة (الفقرة 14.2). عدل عند الضرورة قيمة CN لتأخذ بعين الاعتبار الميل واستخدامات الأرض والغطاء. يتم تحديد إجراءات تشكيل الحقل التي تؤثر على الجريان السطحي في ملف إدارة الحقل.
  - **الصعود الشعري:** والذي يعتمد بشدة على عمق سطح المياه الجوفية، يمكن أن يتغير عمق سطح المياه الجوفية خلال المحاكاة ويتم تحديده في ملف الميه الجوفية (15.2 خصائص سطح المياه الجوفية). قم بمعايرة الصعود الشعري في قائمة خصائص مقطع التربة.
- **قارن بين القيمة المنمذجة والمقاسة لمحتوى التربة المائي المحتجز في منطقة الجذور (Wr):** يمكن تحديد محتوى التربة المائي في منطقة الجذور (شكل b20.2) بالقياس (أو بأخذ عينات ممثلة للتربة) على أعماق مختلفة. يمكن تقييم جودة المحاكاة بمقارنة Wr_{sim} مع محتوى التربة المائي المقاس في أيام معينة خلال دورة النمو (20.2 البيانات الحقلية). وهذا يتوافق مع تقييم نتح المحصول، حيث أنه قيمة التدفق المائي الوحيدة التي لا يمكن قياسها مباشرة.



شكل b22.2: مقارنة مياه التربة المنمذجة (خطوط)مع المقاسة (نقاط)المحتجزة في منطقة الجذور(Wr). ونتائج (Wr) المنمذجة بعد تعديل (a) السعة الحقلية و (b) نقطة الذبول الدائمة في خصائص مقطع التربة.

يتم رسم البيانات الحقلية (المحددة في قائمة بيانات حقلية *Field data*) ونتائج المحاكاة معا، عند تشغيل المحاكاة، في قائمة تقييم نتائج المحاكاة *Evaluation of simulation results* (فقرة 5.21.2). توجد بعض المؤشرات الإحصائية، بالإضافة

إلى الفحص البصري، لتقييم المحاكاة. إذا كانت قيمة Wr المنمذجة أعلى أو أدنى من المقاسة تحقق من قيم السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم المحددتين في ملف التربة:

- يبقى محتوى التربة المائي في منطقة الجذور قريبا من السعة الحقلية خلال الفترة الماطرة. إذا كانت قيم Wr المقاسة في مثل هذه الفترة أعلى أو أدنى من قيمة محتوى التربة المائي المنمذجة في منطقة الجذور، تكون القيم المحددة للسعة الحقلية على الأغلب غير صحيحة (شكل a-b22.2).
- تنخفض قيمة محتوى التربة المائي في منطقة الجذور قريبا من حد الذبول الدائم في نهاية فترة طويلة جافة (وفي غياب ري أو صعود شعري)، إذا كانت قيم Wr المقاسة في مثل هذه الفترة أعلى أو أدنى من قيمة محتوى التربة المائي المنمذجة في منطقة الجذور، تكون القيم المحددة لحد الذبول الدائم على الأغلب غير صحيحة (شكل b-b22.2).

3.22.2 انتاج الكتلة الحيوية فوق الأرض الخطوة الثالثة Above-ground biomass production Step 3 (B)

يتم الحصول على قيمة إنتاج الكتلة الحيوية فوق الأرض B بضرب قيمة المجموع التراكمي للنسبة (Tr/ETo) بالقيمة المعدلة لإنتاجية المياه للكتلة الحيوية (*WP)، مع أخذ إجهاد البرودة بعين الاعتبار. تعتبر شكل وعتبات منحني إجهاد البرودة-درجة الحرارة cold stress – air temperature curve مع القيمة المعدلة لإنتاجية المياه للكتلة الحيوية بارامترات محصول محافظة يجب ألا تعدل.

❖ **قارن بين القيم المقاسة والمنمذجة للكتلة الحيوية فوق الأرض:** إذا أظهرت تقييمات الخطوتين السابقتين محاكاة جيدة للعطاء النباتي والنتح، يمكن أن تكون الفروقات الملحوظة بين القيم المنمذجة للكتلة الحيوية والمقاسة في الحقل ناتجة عن:

- **سوء أخذ عينات الكتلة الحيوية فوق الأرض:** يتم جمع البيانات الحقلية للكتلة الحيوية بأخذ عينات مدمرة في عدد محدود من المناطق الصغيرة المختارة عشوائيا في الحقل بضعة مرات خلال دورة النمو. يجب أن تكون مناطق العينات كبيرة بشكل كاف (متر مربع واحد على الأقل) وممثلة للظروف في الحقل. يجب أن تبقى العينات 48 ساعة في فرن جيد التهوية بدرجة حرارة 65 مئوية للحصول على الكتلة الحيوية فوق الأرض الجافة. يجب تقدير كمية أي كتلة حيوية مفقودة في الحقل بسبب الرياح أو بسبب الحيوانات واحتسابها عند تقدير الكتلة الحيوية.
- **حصول بعض الأحداث التي لا يحاكيها AquaCrop:** مثل الحشرات والأمراض والعواصف الشديدة (فقرة 6.21.2 تحديث النتائج عند تشغيل المحاكاة).

4.22.2 غلة المحصول (Y) الخطوة الرابعة Crop yield (Y) – Step 4

يتم الحصول على غلة المحصول Y بضرب قيمة إجمالي الكتلة الحيوية فوق الأرض B المنتجة عند نضج المحصول بقيمة مؤشر الحصاد HI. إذا حصلت إجهادات خلال دورة النمو وتم تعديل قيمة HI في وقت التشغيل (الضرب بعامل أصغر من 1) فستكون قيمة HI مختلفة عن قيمة مؤشر الحصاد المرجعي HIo. يجب أن تضمن بارامترات المحصول المحافظة والمحاكاة الصحيحة للموازنة المائية للتربة تعديلا صحيحا لمؤشر الحصاد HI.

❖ **تحقق من مؤشر الحصاد المرجعي (Check the reference harvest index (HIo):** إذا بقيت قيمة غلة المحصول المنمذجة مختلفة عن غلة المحصول النهائية المقاسة بعد كل الخطوات السابقة، قد يكون السبب عائدا إلى القيمة المختارة لمؤشر الحصاد المرجعي (HIo). قد يكون هذا هو الحال عندما تكون فئة نوع المحصول الذي تتم محاكاته مختلفة عن المحصول الذي تم تحديده في ملف المحصول. يرجح أن ترتفع قيمة مؤشر الحصاد المرجعي في المستقبل وذلك بسبب تهجين المحاصيل والتقنيات الحيوية. من جهة أخرى، يرجح أن تكون قيمة مؤشر الحصاد المرجعي للسلالات المحلية أصغر من القيم الافتراضية المحددة في ملفات المحصول.

ملفات الإدخال / الإخراج وإعدادات البرنامج Input /Output and program settings Files

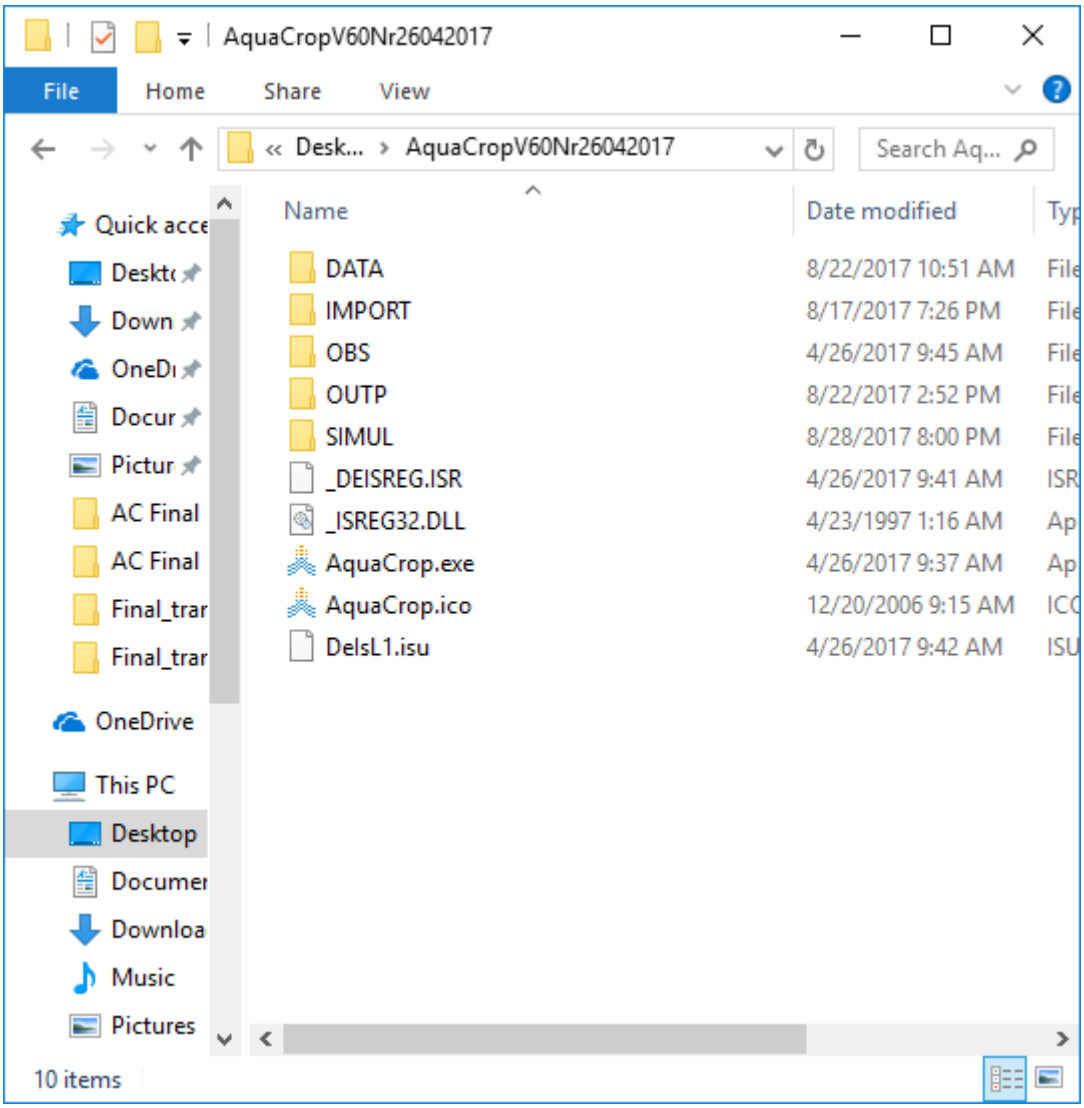
برنامج AquaCrop version 6 هو برنامج مستقل stand-alone ولا يحتاج إلى تنصيب set up. يمكن الحصول على البرنامج مجانا من الرابط http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html.يكون البرنامج على شكل ملف

مضغوط **AquaCropV60Nr26042017.zip**. يقوم المستخدم باستخراج البرنامج من الملف المضغوط فيحصل على المجلد **AquaCropV60Nr26042017** الذي يجب أن يحتوي الملفات التالية:

1. الملف التنفيذي AquaCrop.EXE.

2. خمسة مكتبات فرعية subdirectories 5 هي:

- البيانات DATA (المكتبة الفرعية الافتراضية لملفات الإدخال).
- استيراد IMPORT (المكتبة الفرعية الافتراضية للملفات النصية للبيانات المناخية).
- المراقبات OBS (المكتبة الفرعية الافتراضية لملفات المراقبات الحقلية).
- ملفات الإخراج OUTP (المكتبة الفرعية الافتراضية لملفات الإخراج).
- المحاكاة SIMUL (المكتبة الفرعية الافتراضية لأغراض المحاكاة، والذي يحتوي بالإضافة لملفات أخرى على ملف Maunaloa.CO2, وملفات الإعدادات الافتراضية للمشروع (*.PAR) وملف القيم الافتراضية لخصائص التربة SOILS.DIR).



23.2 ملفات المدخلات Input files

يحتاج تشغيل البرنامج إلى عدد صغير نسبيا من العوامل البسيطة وإلى إدخال متغيرات بديهية إلى حد كبير. هذه المتحولات إما متوفرة بشكل واسع أو تحتاج إلى أساليب بسيطة لتحديدها. تتكون المدخلات من بيانات مناخية وخصائص المحصول والتربة وإجراءات الإدارة التي تحدد البيئة التي ينمو فيها المحصول. تشمل خصائص التربة وصف مقطع التربة ومعلومات المياه الجوفية. تقسم إجراءات الإدارة إلى إجراءات إدارة الحقل وإجراءات إدارة الري (شكل a23.2).

شكل a23.2: البيانات التي يجب إدخالها لبرنامج AquaCrop.

يتم تخزين المدخلات في ملفات نصية، حيث يمكن استرجاع هذه المدخلات من خلال واجهة المستخدم user-interface. تتضمن ملفات المدخلات خصائص المحصول، وخصائص البيئة (المناخ، الإدارة، التربة) التي يزرع فيها المحصول والشروط خارج دورة النمو وفي بداية تشغيل المحاكاة. يتم تخزين ملفات الإدخال افتراضياً في المكتبة الفرعية DATA subdirectory من مجلد AquaCrop folder. يتم التمييز بين:

- ملفات المناخ (*.CLI) والتي تحتوي على أسماء مجموعة من الملفات التي تحتوي على:
  - بيانات درجة حرارة الهواء (*. Txn) air temperature data
  - بيانات البخر-نتح المرجعي (*. ETo) reference evapotranspiration data
  - بيانات الهطول المطري (*.PLU) rainfall data
  - بيانات تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي (*.CO2) atmospheric CO2 data
- ملفات المحصول (*.CRO) Crop files التي تحتوي على خصائص المحصول.
- ملفات الري (*.IRR) Irrigation files التي تحتوي، بصرف النظر عن طريقة الري، على:
  - معلومات لحساب احتياج الري الصافي
  - توقيت وكميات مياه الري المطبقة ونوعية مياه الري للجدول الزمني للري.
  - معلومات لإعداد جداول زمنية للري.
- ملفات إدارة الحقل (*. Man) Field management files والتي تحتوي على خصائص الحقل الذي يتم زراعة المحصول فيه.
- ملفات مقطع التربة (*.SOL) Soil profile files التي تحتوي على خصائص مقطع التربة.
- ملفات المياه الجوفية (*.GWT) Groundwater files التي تحتوي على خصائص سطح المياه الجوفية.
- ملفات للشروط المعينة في مقطع التربة عند بداية فترة المحاكاة (*.SW0).
- ملفات شروط إدارة الحقل في خارج الموسم (*.OFF).
- ملفات مشاريع تحتوي كل المعلومات اللازمة لتشغيل المحاكاة، يتم التمييز بين نوعين من ملفات المشاريع:

- ملفات مشروع تشغيل منفرد (*.PRO) Single run project files والتي تحتوي على معلومات عن فترة النمو وفترة المحاكاة وإعدادات بارامترات البرنامج وأسماء مجموعة ملفات الإدخال التي تصف البيئة والشروط الأولية وتلك السائدة خارج الموسم.
- ملفات مشروع متعدد التشغيلات (*.PRM) Multiple runs project files والتي تحتوي على معلومات على إعدادات بارامترات البرنامج وفترة النمو وفترة المحاكاة وأسماء مجموعة ملفات الإدخال التي تصف البيئة والشروط الأولية وتلك السائدة خارج الموسم وذلك لكل تشغيل.

يمكن أيضاً تخزين المراقبات الحقلية في ملفات نصية text files ويمكن استرجاعها من خلال واجهة المستخدم من أجل تقييم نتائج المحاكاة. افتراضياً، تكون ملفات المراقبات الحقلية مخزنة في المكتبة الفرعية OBS لمجلد AquaCrop.

- ملفات للمراقبات الحقلية (*.OBS).

يمكن تخزين البيانات المناخية كملفات نصية text files واستيرادها عبر واجهة المستخدم، من أجل حساب التبخر-نتح المرجعي ETo وإنشاء ملفات حرارة Tnxوهطول مطري PLU وتبخر- نتح مرجعي ETo. يتم تخزين الملفات النصية افتراضيا في المكتبة الفرعية IMPORT في مجلد AquaCrop.

- ملفات نصية للبيانات المناخية (*.TXT).

1.23.2 ملف المناخ (*.CLI) Climate file

ملف المناخ (الجدول a23.2 وb23.2 والشكل a9.2) يحتوي إلى جانب وصفه والإشارة إلى نسخة البرنامج AquaCrop version، على أسماء ملف درجة الحرارة (*. Tnx) وملف البخر-نتح المرجعي ETo (*. ETo)، وملف الهطول المطري (*.PLU) وملف غاز ثاني أوكسيد الكربون (*.CO2).

جدول a23.2: بنية ملف مناخ (ملفات بلاحقة CLI).

السطر	الوصف	التنسيقFormat
1	السطر الأول هو وصف لمحتويات الملف	سلسلة حروف String of characters
2	رقم نسخة AquaCrop	رقم حقيقي (مرتبة واحدة) Real (1 digit)
3	اسم ملف حرارة الهواء (*. Tnx) أو (*.TMP)	سلسلة حروف String of characters
4	اسم ملف التبخر-نتح المرجعي (*. ETo)	سلسلة حروف String of characters
5	اسم ملف الهطول المطري (*.PLU)	سلسلة حروف String of characters
6	اسم ملف تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو (*.CO2)	سلسلة حروف String of characters

الجدول b23.2: مثال على ملف المناخ (الملفات مع اللاحقة CLI).

```
Lima, Peru 1Jan-31Dec1995 - Data by International Potato Institute (CIP)
6: AquaCrop Version (March 2017)
Lima.Tnx
Lima.ETo
Lima.PLU
MaunaLoa.CO2
```

2.23.2 ملفات الحرارة والبخر-نتح المرجعي والهطول المطري

Temperature (*. Tnx), ETo (*. ETo) and rainfall(*.PLU) files

تمتلك ملفات درجة حرارة الهواء (الجدول c23.2 وd23.2) والبخر-نتح المرجعي (الجدول e23.2 وf23.2) والهطول المطري (الجدول g23.2 وh23.2) نفس البنية (التركيب) والتي تتألف من:

- 5 أسطر تحتوي معلومات مطلوبة من قبل البرنامج
- سطر فارغ يفصل المعلومات عن التسجيلات
- سطرين من أجل عنوان السجلات.

- قائمة سجلات (1 سطر لكل سجل يومي أو 10-أيام أو شهري). السجلات records هي الحد الأدنى والأقصى لدرجات حرارة الهواء اليومية أو لمتوسط 10-أيام أو الشهرية مقاسة بالدرجة المئوية، وقيم يومية أو 10-أيام أو شهرية للبخر-نتح المرجعي مقاسة ب مم/باليوم و الإجمالي اليومي، أو ل10-أيام أو الشهري للهطول المطري مقاسة بالمم. يمكن أن تكون البيانات مؤلفة من أعداد صحيحة integers أو حقيقية reals مع رقم واحد (خانة واحدة) 1digit (10/1 من الدرجة أو المليمتر).
-

الجدول c23.2: بنية ملف درجات حرارة الهواء (ملفات مع لاحقة Tnx , TMP).

السطر	الوصف	التنسيق Format
1	السطر الأول هو وصف لمحتويات الملف	سلسلة حروف String of characters
2	رقم من 1 حتى 3 يستخدم كترميز للدلالة على نمط تجميع البيانات المناخية: (1=بيانات يومية و2=بيانات ل 10-أيام و3= بيانات شهرية)	رقم صحيح Integer
3	اليوم الأول للسجل (1 أو 11 أو 21 ل 10-أيام أو 1 للأشهر)	رقم صحيح Integer
4	الشهر الأول للسجل	رقم صحيح Integer
5	السنة الأولى للسجل (1901 إذا كان غير مرتبط بسنة محددة)	رقم صحيح Integer
6	سطر فارغ	
7	أسماء المتحولات: Tmin (°C)درجة الحرارة الدنيا TMax (°C) درجة الحرارة العظمى	سلسلة حروف String of characters
8	خط منقط ==========	سلسلة حروف String of characters
9	لكل يوم أو 10-أيام أو شهر - (متوسط) درجة الحرارة الدنيا. - (متوسط) درجة الحرارة القصوى.	 رقم حقيقي (مرتبة واحدة) real (1 digit) رقم حقيقي (مرتبة واحدة) real (1 digit)

الجدول d23.2: مثال عن بنية ملف درجة حرارة (ملفات مع لاحقة Tnx أو TMP).

```
Daily air temperature data of Location (Country)
1          :Daily records (1=daily, 2=10-daily and 3=monthly data)
1          :First day of record (1, 11 or 21 for 10-day or 1 for months)
1          :First month of record
2000       :First year of record (1901 if not linked to a specific year)
Tmin (°C)       TMax (°C)
========================
7.0        15.0
8.0        16.0
9.0        18.0
…                  ….
```

جدول e23.2 بنية ملف البخر-نتح المرجعي (ملفات مع لاحقة ETo).

السطر	الوصف	التنسيقFormat
1	السطر الأول هو وصف لمحتويات الملف	سلسلة حروف String of characters
2	رقم من 1 حتى 3 يستخدم كترميز للدلالة على نمط تجميع البيانات المناخية: (1=بيانات يومية و2=بيانات ل 10-أيام و3= بيانات شهرية)	رقم صحيح Integer
3	اليوم الأول للسجل (1 أو 11 أو 21 ل 10-أيام أو 1 للأشهر)	رقم صحيح Integer
4	الشهر الأول للسجل	رقم صحيح Integer
5	السنة الأولى للسجل (1901 إذا كان غير مرتبط بسنة محددة)	رقم صحيح Integer
6	سطر فارغ	
7	أسماء المتحولات: متوسط التبخر -نتح المرجعي مم/يوم ('Average ETo (mm/day)')	سلسلة حروف String of characters
8	خط منقط ==========	سلسلة حروف String of characters
9	متوسط التبخر -نتح المرجعي مم/يوم لكل يوم أو 10-أيام أو شهر	رقم حقيقي (مرتبة واحدة) real (1 digit)

جدول f23.2 مثال عن ملف البخر-نتح المرجعي (ملفات مع لاحقة ETo).

```
Daily reference evapotranspiration (ETo) of Location (Country)
1          :Daily records (1=daily, 2=10-daily and 3=monthly data)
 1: First day of record (1, 11 or 21 for 10-day or 1 for months)
 1: First month of record
2000     :First year of record (1901 if not linked to a specific year)

Average ETo (mm/day)
========================
1.0
1.1
1.2
…
```

الجدول g23.2: بنية ملف الهطول المطري (ملفات مع لاحقة PLU).

السطر	الوصف	التنسيقFormat
1	السطر الأول هو وصف لمحتويات الملف	سلسلة حروف String of characters
2	رقم من 1 حتى 3 يستخدم كترميز للدلالة على نمط تجميع البيانات المناخية: (1=بيانات يومية و2=بيانات ل 10-أيام و3= بيانات شهرية)	رقم صحيح Integer
3	اليوم الأول للسجل (1 أو 11 أو 21 ل 10-أيام أو 1 للأشهر)	رقم صحيح Integer
4	الشهر الأول للسجل	رقم صحيح Integer
5	السنة الأولى للسجل (1901 إذا كان غير مرتبط بسنة محددة)	رقم صحيح Integer
6	سطر فارغ	
7	أسماء المتحولات: إجمالي الهطول المطري مم ('Total Rain (mm)')	سلسلة حروف String of characters
8	خط منقط ==========	سلسلة حروف String of characters
9	إجمالي الهطول المطري مم لكل يوم أو 10-أيام أو شهر	رقم حقيقي (مرتبة واحدة) real (1 digit)

الجدول h23.2: مثال عن ملف هطول مطري (ملفات مع لاحقة PLU).

```
Daily rainfall of Location (Country)
1       : Daily records (1=daily, 2=10-daily and 3=monthly data)
1 : First day of record (1, 11 or 21 for 10-day or 1 for months)
1 : First month of record
2000    : First year of record (1901 if not linked to a specific year)

   Total Rain (mm)
========================
     0.0
     0.0
    16.6
      …
      …
```

جدول i23.2: مثال عن ملف بخر-نتح مرجعي (ملفات مع لاحقة ETo) بمتوسطات شهرية للبيانات المناخية غير مرتبطة بعام محدد.

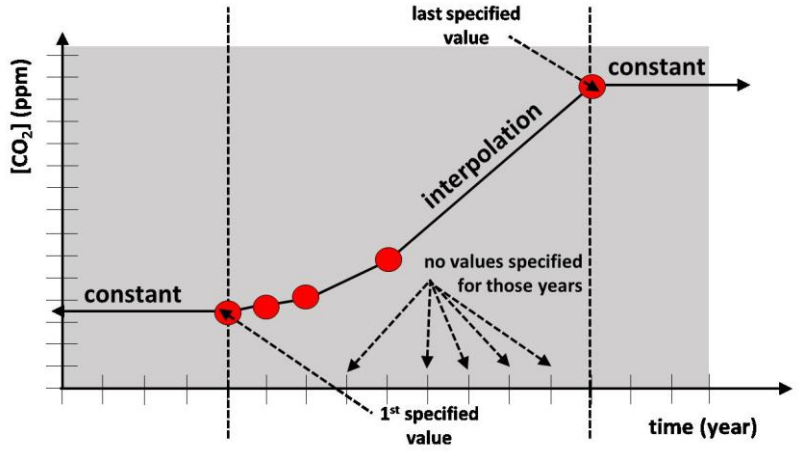
```
Mean monthly ETo for Axum (Ethiopia)
   3 : Monthly records (1=daily, 2=10-daily and 3=monthly data)
   1 : First day of record (1, 11 or 21 for 10-day or 1 for months)
   1 : First month of record
 1901  : First year of record (1901 if not linked to a specific year)

  Average ETo (mm/day)
========================
     3.4
     3.5
     4.6
     4.9
     5.4
     4.8
     3.5
     3.2
     4.1
     4.2
     3.4
     3.0
```

3.23.2 ملف غاز ثاني أوكسيد الكربون (*.CO2) CO2 files

يحتوي ملف CO2 على متوسط تركيز غاز ثاني أوكيد الكربون السنوي (جزء في المليون ppm) لسلسلة من السنوات مرتبة في الترتيب الزمني (جدول j23.2 وk23.2). تنطبق القواعد التالية (c23.2 وd23.2):

- من أجل السنوات غير المحددة في الملف، فإن برنامج AquaCrop سوف يشتق تركيز CO2 عند التشغيل عن طريق عملية استيفاء داخلي خطية linear interpolation بين قيم CO2 المحددة من أجل السنوات السابقة واللاحقة.
- من أجل السنوات خارج النطاق المدرج، فيفترض بأن تركيز CO2 مساوٍ للقيمة المحددة للسنة الأولى first specified value (للسنوات السابقة) أو للقيمة المحددة للسنة الأخيرة last specified value(للسنوات اللاحقة). عند إنشاء ملف CO2، فيجب أخذ بنية الملف بعين الاعتبار (الجدول 2.21e).



الشكل c23.2: القواعد التي تنطبق على ملفات CO2.

الجدول j23.2: بنية (تركيب) ملف CO2 (الملفات مع اللاحقة CO2)

السطر	الوصف	التنسيق Format
1	السطر الأول هو وصف لمحتويات الملف	سلسلة حروف String of characters
2	أسماء المتحولات: Year CO2 (ppm by volume)	سلسلة حروف String of characters
3	خط منقط ==========	سلسلة حروف String of characters
4	حدد لكل عام: العام تركيز [CO2] بالجزء في المليون ppm حجميا	 رقم صحيح Integer رقم حقيقي (مرتبة واحدة) real (1 digit)

يستخدم AquaCrop بيانات من الملف المعتبر 'MaunaLoa.CO2' (يكون عادة محفوظا في المكتبة الفرعية SIMUL ضمن AquaCrop) كقيم افتراضية (جدول m23.2). يحتوي هذا الملف المتوسطات السنوية لتركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي المسجلة في مرصد Mauna Loa منذ عام 1958. تستخدم البيانات التي تم الحصول عليها من عينات الجليد والسرخس قرب ساحل القارة القطبية من أجل السنوات الأقدم من عام 1958، أما من أجل التقديرات المستقبلية فيمكن اعتبار زيادة مقدارها جزءان في المليون (2.0 ppm).

جدول k23.2: مثال عن ملف CO2 (ملفات بلاحقة CO2).

```
Default atmospheric CO2 concentration from 1902 to 2099
Year     CO2 (ppm by volume)
============================
  1902  297.4
  1905  298.2
  1912  300.7
  1915  301.3
  1924  304.5
  …
  …
  2010   389.90
  2011   391.65
  2020   409.57
  2099   567.57
```

جدول m23.2: القيم الافتراضية لتركيز CO2 بالجزء في المليون ppm في الملف (MaunaLoa.CO2).

Year العام	Annual Mean المتوسط السنوي	Year العام	Annual Mean المتوسط السنوي	Year العام	Annual Mean المتوسط السنوي
	[CO_2]		**[CO_2]**		**[CO_2]**
1902	297.40	1967	322.16	1993	356.10
1905	298.20	1968	323.04	1994	358.83
1912	300.70	1969	324.62	1995	360.82
1915	301.30	1970	325.68	1996	362.61
1924	304.50	1971	326.32	1997	363.73
1926	305.00	1972	327.45	1998	366.70
1929	305.20	1973	329.68	1999	368.38
1932	307.80	1974	330.18	2000	369.55
1934	309.20	1975	331.11	2001	371.14
1936	307.90	1976	332.04	2002	373.28
1938	310.50	1977	333.83	2003	375.80
1939	310.10	1978	335.40	2004	377.52
1940	310.50	1979	336.84	2005	379.80
1944	309.70	1980	338.75	2006	381.90
1948	310.70	1981	340.11	2007	383.79
1953	311.90	1982	341.45	2008	385.60
1954	314.10	1983	343.05	2009	387.43
1958	315.29	1984	344.65	2010	389.90
1959	315.97	1985	346.12	2011	391.65
1960	316.91	1986	347.42	2012	393.85
1961	317.64	1987	349.19	2013	396.52
1962	318.45	1988	351.57	2014	398.65
1963	318.99	1989	352.12	2015	400.83
1964	319.62	1990	354.39	2016	404.21
1965	320.04	1991	355.61	2020	412.21
1966	321.38	1992	356.45	2099	570.21

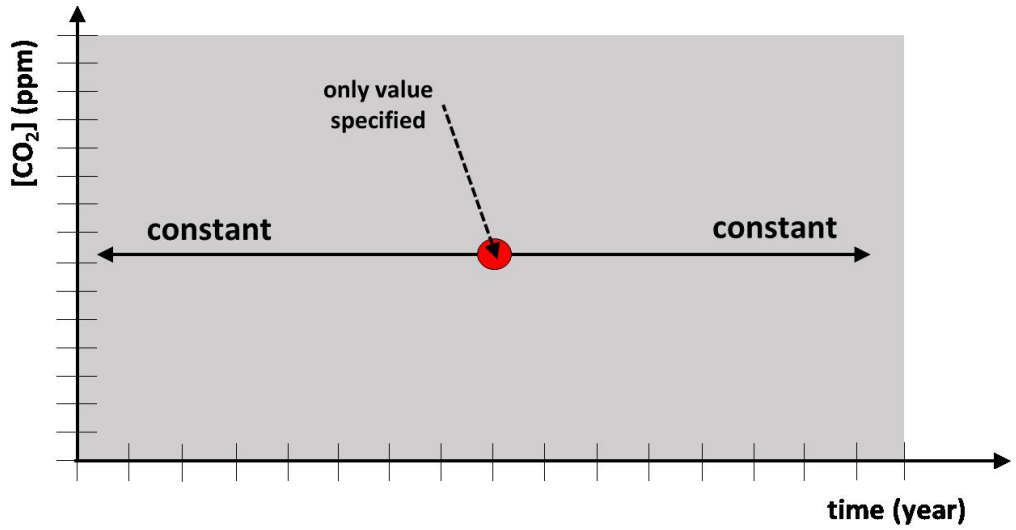
يجب تحديد محتويات ملف CO2 كما هو موضح في الجدول n23.2، لاختبار تأثير قيمة محددة لتركيز ثاني أكسيد الكربون [CO2] على إنتاجية المحاصيل. تم افتراض قيمة تركيز ثابتة 550 جزء في المليون. سيعتبر AquaCrop أن تركيز CO2 يبقى ثابتا عند قيمة 550 ppm لكل السنوات.

جدول n23.2: مثال عن بنية ملف CO_2 يحتوي قيمة محددة لتركيز سنوي لثاني أكسيد الكربون [CO_2] في الغلاف الجوي لاختبار تأثيره على إنتاجية المحاصيل في أي سنة من فترة المحاكاة.

```
Constant  CO2  concentration
of 550 ppm Year CO2 (ppm by
volume)

============================

2050       550
```



الشكل d23.2: القواعد التي تنطبق على ملفات CO2 عند تحديد قيمة وحيدة للتركيز (مثال للجدول n23.2)

4.23.2 ملف المحصول Crop file (*.CRO)

تخزن بارامترات المحصول التي تصف التطور، التبخر-نتح، الإنتاج (الكتلة الحيوية والغلة)، كما تصف استجابته لإجهادات ماء وملوحة وخصوبة التربة وإجهاد الحرارة في ملفات محصول (ملفات بامتداد CRO). يفضل إنشاء ملفات المحصول باستخدام واجهة المستخدم لضمان عدم وجود أي تناقض في البيانات وأن البيانات في المجال الصحيح. الجدول p23.2 يعرض مثالا لملف محصول.

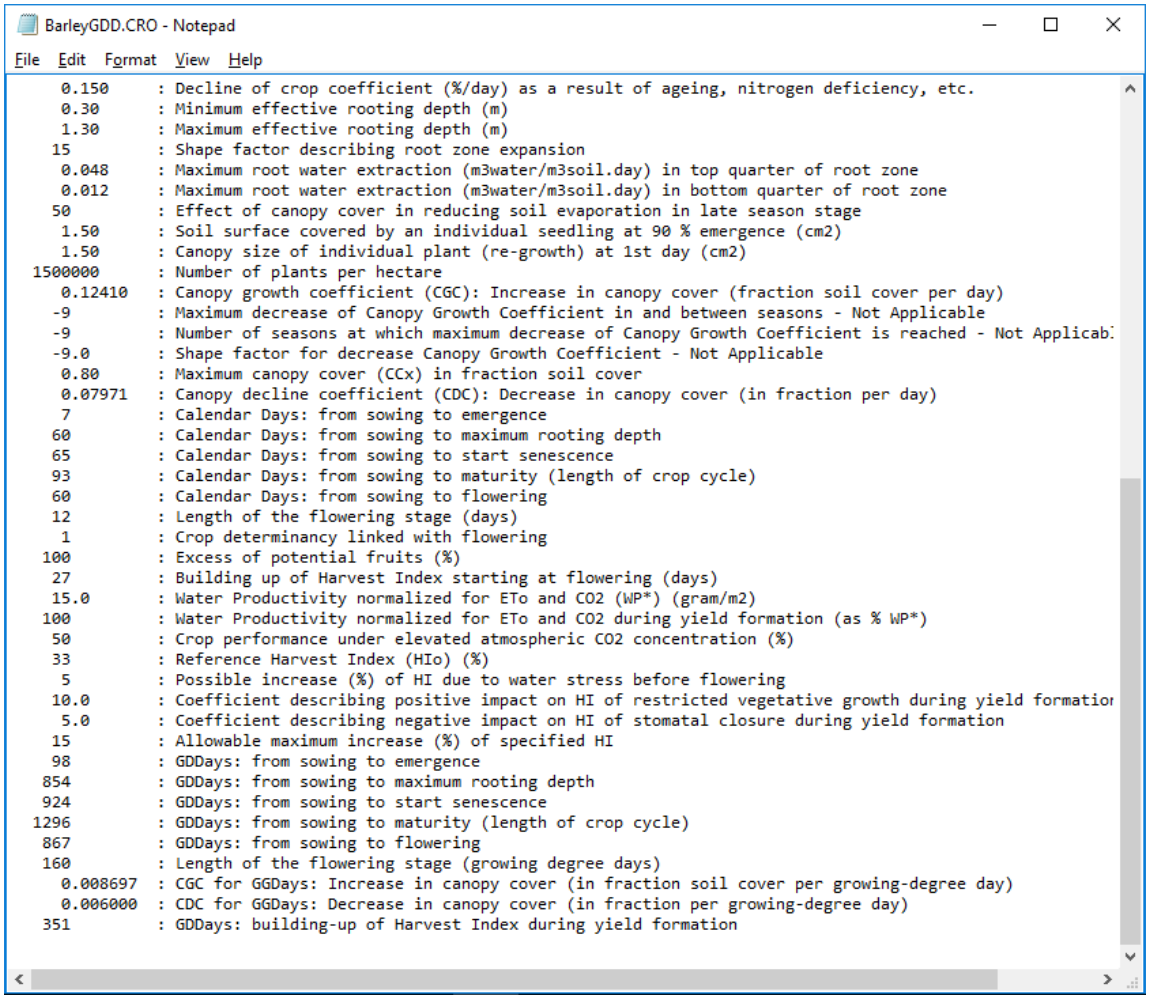
جدول p23.2: مثال عن ملف محصول (BarleyGDD.CRO).

BarleyGDD.CRO - Notepad

File Edit Format View Help

```
Crop Barley file for Dejen (Tigray, Ethiopia)
     6.0       : AquaCrop Version (March 2017)
     0         : File protected
     2         : fruit/grain producing crop
     1         : Crop is sown
     0         : Determination of crop cycle : by growing degree-days
     1         : Soil water depletion factors (p) are adjusted by ETo
     0.0       : Base temperature (°C) below which crop development does not progress
    15.0       : Upper temperature (°C) above which crop development no longer increases with an increase in temperature
  1296         : Total length of crop cycle in growing degree-days
     0.20      : Soil water depletion factor for canopy expansion (p-exp) - Upper threshold
     0.65      : Soil water depletion factor for canopy expansion (p-exp) - Lower threshold
     3.0       : Shape factor for water stress coefficient for canopy expansion (0.0 = straight line)
     0.60      : Soil water depletion fraction for stomatal control (p - sto) - Upper threshold
     3.0       : Shape factor for water stress coefficient for stomatal control (0.0 = straight line)
     0.55      : Soil water depletion factor for canopy senescence (p - sen) - Upper threshold
     3.0       : Shape factor for water stress coefficient for canopy senescence (0.0 = straight line)
     0         : Sum(ETo) during stress period to be exceeded before senescence is triggered
     0.85      : Soil water depletion factor for pollination (p - pol) - Upper threshold
    15         : Vol% for Anaerobiotic point (* (SAT - [vol%]) at which deficient aeration occurs *)
    50         : Considered soil fertility stress for calibration of stress response (%)
    25.00      : Response of canopy expansion is not considered
    25.00      : Response of maximum canopy cover is not considered
    25.00      : Response of crop Water Productivity is not considered
    25.00      : Response of decline of canopy cover is not considered
    -9         : dummy - Parameter no Longer required
     5         : Minimum air temperature below which pollination starts to fail (cold stress) (°C)
    35         : Maximum air temperature above which pollination starts to fail (heat stress) (°C)
    14.0       : Minimum growing degrees required for full crop transpiration (°C - day)
     6         : Electrical Conductivity of soil saturation extract at which crop starts to be affected by soil salinity (dS/m)
    20         : Electrical Conductivity of soil saturation extract at which crop can no longer grow (dS/m)
    -9         : Dummy - no longer applicable
    25         : Calibrated distortion (%) of CC due to salinity stress (Range: 0 (none) to +100 (very strong))
   100         : Calibrated response (%) of stomata stress to ECsw (Range: 0 (none) to +200 (extreme))
     1.10      : Crop coefficient when canopy is complete but prior to senescence (KcTr,x)
     0.150     : Decline of crop coefficient (%/day) as a result of ageing, nitrogen deficiency, etc.
```

تابع جدول p23.2: مثال عن ملف محصول (BarleyGDD.CRO).


BarleyGDD.CRO - Notepad

File Edit Format View Help

```
    0.150     : Decline of crop coefficient (%/day) as a result of ageing, nitrogen deficiency, etc.
    0.30      : Minimum effective rooting depth (m)
    1.30      : Maximum effective rooting depth (m)
   15         : Shape factor describing root zone expansion
    0.048     : Maximum root water extraction (m3water/m3soil.day) in top quarter of root zone
    0.012     : Maximum root water extraction (m3water/m3soil.day) in bottom quarter of root zone
   50         : Effect of canopy cover in reducing soil evaporation in late season stage
    1.50      : Soil surface covered by an individual seedling at 90 % emergence (cm2)
    1.50      : Canopy size of individual plant (re-growth) at 1st day (cm2)
 1500000      : Number of plants per hectare
    0.12410   : Canopy growth coefficient (CGC): Increase in canopy cover (fraction soil cover per day)
   -9         : Maximum decrease of Canopy Growth Coefficient in and between seasons - Not Applicable
   -9         : Number of seasons at which maximum decrease of Canopy Growth Coefficient is reached - Not Applicabl
   -9.0       : Shape factor for decrease Canopy Growth Coefficient - Not Applicable
    0.80      : Maximum canopy cover (CCx) in fraction soil cover
    0.07971   : Canopy decline coefficient (CDC): Decrease in canopy cover (in fraction per day)
    7         : Calendar Days: from sowing to emergence
   60         : Calendar Days: from sowing to maximum rooting depth
   65         : Calendar Days: from sowing to start senescence
   93         : Calendar Days: from sowing to maturity (length of crop cycle)
   60         : Calendar Days: from sowing to flowering
   12         : Length of the flowering stage (days)
    1         : Crop determinancy linked with flowering
  100         : Excess of potential fruits (%)
   27         : Building up of Harvest Index starting at flowering (days)
   15.0       : Water Productivity normalized for ETo and CO2 (WP*) (gram/m2)
  100         : Water Productivity normalized for ETo and CO2 during yield formation (as % WP*)
   50         : Crop performance under elevated atmospheric CO2 concentration (%)
   33         : Reference Harvest Index (HIo) (%)
    5         : Possible increase (%) of HI due to water stress before flowering
   10.0       : Coefficient describing positive impact on HI of restricted vegetative growth during yield formatior
    5.0       : Coefficient describing negative impact on HI of stomatal closure during yield formation
   15         : Allowable maximum increase (%) of specified HI
   98         : GDDays: from sowing to emergence
  854         : GDDays: from sowing to maximum rooting depth
  924         : GDDays: from sowing to start senescence
 1296         : GDDays: from sowing to maturity (length of crop cycle)
  867         : GDDays: from sowing to flowering
  160         : Length of the flowering stage (growing degree days)
    0.008697  : CGC for GGDays: Increase in canopy cover (in fraction soil cover per growing-degree day)
    0.006000  : CDC for GGDays: Decrease in canopy cover (in fraction per growing-degree day)
  351         : GDDays: building-up of Harvest Index during yield formation
```

يفضل إنشاء جميع ملفات الإدخال المذكورة أدناه بالإضافة إلى ملف المحصول باستخدام واجهة المستخدم لضمان عدم وجود أي تناقض في البيانات وأن البيانات في المجال الصحيح:

5.23.2 ملف الري Irrigation file (*.CRO)

6.23.2 ملف إدارة الحقل Field management file (*.MAN)

7.23.2 ملف مقطع التربة Soil profile file (*.SOL)

8.23.2 ملف المياه الجوفية Groundwater file (*.GWT)

9.23.2 ملف الشروط الأولية File with initial conditions (*.SW0)

10.23.2 ملف الشروط خارج الموسم File with off-season conditions (*.OFF)

11.23.2 ملف مشروع مفرد أو متعدد Single and Multiple run Project file (*.PRO and*.PRM)

12.23.2 ملف بيانات حقلية 12 File with field data (*.OBS)

13.23.2 ملف نصي لبيانات مناخية Text files with climatic data (*.TXT)

24.2 ملفات إعدادات البرنامج Files with program settings

25.2 ملفات الإخراج Output files

تكون نتائج المحاكاة مخزنة في مجموعة من ملفات الإخراج. افتراضياً، تكون ملفات الإخراج مخزنة في المكتبة الفرعية OUTP subdirectoryفي مجلد AquaCrop. يتم التمييز بين ملفات الإخراج التي تحتوي على بيانات يومية وتلك التي تحتوي على بيانات فصلية وملفات الإخراج التي تحوي تقييم نتائج المحاكاة. إن ملفات الإخراج للبيانات اليومية daily data تحتوي على معلومات عن:

- متحولات مدخلات المناخ.
- تطور وإنتاج المحصول
- محتوى مياه التربة عند أعماق مختلفة من مقطع التربة
- ملوحة التربة عند أعماق مختلفة من مقطع التربة
- محتوى مياه التربة في مقطع التربة ومنطقة الجذر
- ملوحة التربة في مقطع التربة ومنطقة الجذر
- بارامترات مختلفة لموازنة مياه التربة
- الاحتياج الصافي لمياه الري

إن المتغيرات (المتحولات variables المدرجة في ملفات الإخراج معطاة في 1.25.2 إلى 2.25.8. المتغيرات المدرجة في ملفات الإخراج الفصلية معطاة في 2.25.9. يخزن تقييم نتائج المحاكاة في ملفي إخراج (10.25.2):

- ملف مخرجات البيانات (البيانات الحقلية المقاسة والمنمذجة مع انحرافاتها المعيارية).
- ملف مخرجات إحصائية: إحصائيات لتقييم نتائج المحاكاة.

يمكن استرجاع البيانات من الملفات في برامج الجداول (كبرنامج Excel) من أجل مزيد من المعالجة والتحليل.

1.25.2 متحولات مدخلات المناخ Climate input variables

اسم الملف الافتراضي ProjectCLIM.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day			-
2	Month			-
3	Year			-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذار	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذار والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج	-

		-9: no crop as a result of early canopy senescence	-9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	
6	Rain	Rainfall	هطول مطري	mm
7	ETo	Reference evapotranspiration	تبخر-نتح مرجعي	mm
8	Tmin	Minimum air temperature	درجة حرارة الهواء الدنيا	°C
9	Tavg	Average air temperature	متوسط درجة حرارة الهواء	°C
10	Tmax	Maximum air temperature	درجة حرارة الهواء العظمى	°C
11	CO2	Atmospheric CO2 concentration	تركيز CO2 في الغلاف الجوي	ppm

2.25.2 تطور وإنتاج المحصول Crop development and production

اسم الملف الافتراضي: ProjectCROP.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day			-
2	Month			-
3	Year			-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذار	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening -9: no crop as a result of early canopy senescence	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذر والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج -9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	-
6	GD	Growing degrees	درجات حرارة النمو	°C-day
7	Z	Effective rooting depth	عمق التجذر الفعال	m
8	StExp	Percent water stress reducing leaf expansion	الإجهاد المائي كنسبة مئوية الذي يحد من توسع الورقة	%
9	StSto	Percent water stress inducing stomatal closure	الإجهاد المائي كنسبة مئوية الذي يحرض على إغلاق المسام	%

10	StSen	Percent water stress triggering early canopy senescence	الإجهاد المائي كنسبة مئوية الذي يحرض على شيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	%
11	StSalt	Percent salinity stress	إجهاد الملوحة كنسبة مئوية	%
12	StWeed	Relative cover of weeds	الغطاء النسبي للأعشاب الضارة	%
13	CC	Total green Canopy Cover of crop and weeds	الغطاء النباتي الأخضر الإجمالي للمحصول والأعشاب الضارة	%
14	CCw	Crop green Canopy Cover in weed infested field	الغطاء النباتي الأخضر للمحصول في حقل مغزو بالأعشاب الضارة	%
15	StTr	Percent temperature stress affecting crop transpiration	الإجهاد الحراري كنسبة مئوية الذي يؤثر على نتح المحصول	%
16	Kc(Tr)	Crop coefficient for transpiration	معامل المحصول للنتح	-
17	Trx	Maximum crop transpiration of crop and weeds	النتح الأعظمي من المحصول للمحصول والأعشاب الضارة	mm
18	Tr	Total transpiration of crop and weeds	النتح الإجمالي للمحصول والأعشاب الضارة	mm
19	TrW	Crop transpiration in weed infested field	نتح المحصول في حقل مغزو بالأعشاب الضارة	mm
20	Tr/Trx	Relative total transpiration of (crop and weeds (100Tr/Trx)	النتح الإجمالي النسبي للمحصول والأعشاب الضارة	%
21	WP	Crop water productivity adjusted for CO2, soil fertility and products synthesized	إنتاجية المياه للمحصول المعدلة من أجل CO2 وخصوبة التربة والمنتجات المصنعة	g/m2
22	Biomass	Cumulative biomass produced	الكتلة الحيوية المنتجة التراكمية	ton/ha
23	HI	Harvest Index adjusted for failure of pollination,inadequate photosynthesis and water stress	مؤشر الحصاد المعدل لفشل عملية التلقيح وعدم كفاية التمثيل الضوئي والإجهاد المائي	%
24	Yield Part	Yield (HI x Biomass)	الغلة (مؤشر الحصاد x الكتلة الحيوية)	ton/ha
25	Brelative	: Relative biomass (Reference: no water, no soil fertility, no soil salinity stress, no weed infestation)	الكتلة الحيوية النسبية (المرجع: لا يوجد إجهاد مائي ولا إجهاد خصوبة التربة ولا إجهاد ملوحة التربة ولا إصابة بالأعشاب الضارة).	%
26	WPet	ET Water productivity for yield part (kg yield produced per m3 water evapotranspired)	إنتاجية المياه المتبخرة لجزء الغلة (كغ غلة منتجة لكل متر مكعب مياه متبخر).	kg/m3

3.25.2 موازنة مياه التربة Soil water balance

اسم الملف الافتراضي: ProjectWABAL.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day		اليوم	-
2	Month		الشهر	-
3	Year		السنة	-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذر	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening -9: no crop as a result of early canopy senescence	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذر والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج -9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	-
6	WCTot	Water content in total soil profile	محتوى المياه في مقطع التربة الكلي	mm
7	Rain	Rainfall	الهطول المطري	mm
8	Irri	Water applied by irrigation	المياه المطبقة بواسطة الري	mm
9	Surf	Stored water on soil surface between bunds	المياه المخزنة على سطح التربة بين السدات	mm
10	Infilt	Infiltrated water in soil profile	المياه الراشحة في مقطع التربة	mm
11	RO	Surface runoff	الجريان السطحي	mm
12	Drain	Water drained out of the soil profile	المياه المصروف خارج مقطع التربة	mm
13	CR	Water moved upward by capillary rise	المياه الصاعدة بواسطة الارتفاع الشعري	mm
14	Zgwt	Depth of the groundwater table (-9.90 if absent)	عمق سطح المياه الجوفية (-9.90 إذا لم توجد)	m
15	Ex	Maximum soil evaporation	تبخر التربة الأعظمي	mm

16	E	Actual soil evaporation	تبخر التربة الحقيقي	mm
17	E/E	Relative evaporation (100 E/EX)	التبخر النسبي	%
18	Trx	Maximum crop transpiration	نتح المحصول الأعظمي	mm
19	Tr	Total transpiration of crop and weeds	إجمالي النتح للمحصول والأعشاب الضارة	mm
20	Tr/Trx	Relative transpiration (100 Tr/Trx)	النتح النسبي	%
21	ETx	Maximum evapotranspiration	البخر-نتح الأعظمي	mm
22	ET	Actual evapotranspiration	البخر –نتح الحقيقي	mm
23	ET/ETx	Relative evapotranspiration (100 ET/ETx)	البخر-نتح النسبي	%

4.25.2 محتوى مياه التربة (المقطع ومنطقة الجذر) Soil water content (profile and root zone)

اسم الملف الافتراضي: ProjectProf.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day		اليوم	-
2	Month		الشهر	-
3	Year		السنة	-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذر	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening -9: no crop as a result of early canopy senescence	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذر والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج -9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	-
6	WCTot	Water content in total soil profile	محتوى المياه في كامل مقطع التربة	mm

7	Wr(Zx)	Water content in maximum effective root zone	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعالة العظمى	mm
8	Z	Effective rooting depth	عمق التجذر الفعال	mm
9	Wr	Water content in effective root zone	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعال	mm
10	Wr(SAT)	Water content in effective root zone if saturated	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعال إذا كانت مشبعة	mm
11	Wr(FC)	Water content in effective root zone at field capacity	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعال عند السعة الحقلية	mm
12	Wr(exp)	Water content in effective root zone at upper threshold for leaf expansion	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعال عند العتبة العليا لتوسع الأوراق	mm
13	Wr(sto)	Water content in effective root zone at upper threshold for stomatal closure	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعال عند العتبة العليا لإغلاق المسامات	mm
14	Wr(sen)	Water content in effective root zone at upper threshold for early canopy senescence	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعال عند العتبة العليا لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	mm
15	Wr(PWP)	Water content in effective root zone at permanent wilting point	محتوى المياه في منطقة الجذر الفعال عند حد الذبول الدائم	mm

5.25.2 ملوحة التربة (المقطع مع منطقة الجذر) Soil salinity (profile and root zone)

اسم الملف الافتراضي:ProjectSalt.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day		اليوم	-
2	Month		الشهر	-
3	Year		السنة	-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذر	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening -9: no crop as a result of early canopy senescence	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذر والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج -9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	-

6	SaltIn	Salt infiltrated in the soil profile	الأملاح المتسربة (الراشح) في مقطع التربة	ton/ha
7	SaltOut	Salt drained out of the soil profile	الأملاح المصروفة من مقطع التربة	ton/ha
8	SaltUp	Salt moved upward from the groundwater table	الأملاح الصاعدة من سطح المياه الجوفية	ton/ha
9	SaltTot	Salt content in the total soil profile	محتوى الأملاح في كامل مقطع التربة	ton/ha
10	SaltZ	Salt content in the effective root zone	محتوى الأملاح في منطقة الجذر الفعالة	ton/ha
11	Z	Effective rooting depth	عمق التجذر الفعال	m
12	ECe	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract from the root zone	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة من منطقة الجذر	dS/m
13	ECsw	Electrical conductivity of the soil water in the root zone	الناقلية الكهربائية لمياه التربة في منطقة الجذر	dS/m
14	StSalt	Salinity stress	إجهاد الملوحة	%
15	Zgwt	Depth of the groundwater table (-9.90 if absent)	عمق سطح المياه الجوفية (9.90- إذا لم توجد)	m
16	ECgw	Electrical conductivity of the groundwater	الناقلية الكهربائية للمياه الجوفية	dS/m

6.25.2 محتوى مياه التربة (الحُجرات) Soil water content (compartments)

اسم الملف الافتراضي: ProjectCompWC.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day		اليوم	-
2	Month		الشهر	-
3	Year		السنة	-
	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذر	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening -9: no crop as a result of early canopy senescence	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذر والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج -9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	-
6	WC1	soil water content compartment 1*	محتوى مياه التربة في الحجرة 1 *	vol %
7	WC2	soil water content compartment 2	محتوى مياه التربة في الحجرة 2	vol %
8	WC3	soil water content compartment 3	محتوى مياه التربة في الحجرة 3	vol %
9	WC4	soil water content compartment 4	محتوى مياه التربة في الحجرة 4	vol %
10	WC5	soil water content compartment 5	محتوى مياه التربة في الحجرة 5	vol %
11	WC6	soil water content compartment 6	محتوى مياه التربة في الحجرة 6	vol %
12	WC7	soil water content compartment 7	محتوى مياه التربة في الحجرة 7	vol %
13	WC8	soil water content compartment 8	محتوى مياه التربة في الحجرة 8	vol %
14	WC9	soil water content compartment 9	محتوى مياه التربة في الحجرة 9	vol %
15	WC10	soil water content compartment 10	محتوى مياه التربة في الحجرة 10	vol %
16	WC11	soil water content compartment 11	محتوى مياه التربة في الحجرة 11	vol %
17	WC12	soil water content compartment 12	محتوى مياه التربة في الحجرة 12	vol %

*عمق التربة soil depth (مقابل مركز الحجرة) يكون محدداً لكل حجرة في الملف.

7.25.2 ملوحة التربة (الحُجرات) Soil salinity (compartments)

اسم الملف الافتراضي: ProjectCompEC.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day		اليوم	-
2	Month		الشهر	-
3	Year		السنة	-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذر	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening -9: no crop as a result of early canopy senescence	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذر والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج -9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	-
6	EC1	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 1 *	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 1 *	dS/m
7	EC2	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 2	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 2	dS/m
8	EC3	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 3	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 3	dS/m
9	EC4	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 4	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 4	dS/m
10	EC5	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 5	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 5	dS/m
11	EC6	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 6	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 6	dS/m
12	EC7	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 7	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 7	dS/m
13	EC8	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 8	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 8	dS/m
14	EC9	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 9	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 9	dS/m
15	EC10	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 10	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 10	dS/m
16	EC11	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 11	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 11	dS/m
17	EC12	Electrical conductivity of the saturated soil-paste extract (ECe)- compartment 12	الناقلية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ECe)-الحُجرة 12	dS/m

* عمق التربة soil depth (مقابل مركز الحُجرة) يكون محدداً لكل حجرة في الملف.

8.25.2 احتياج الري الصافي Net irrigation requirement

اسم الملف الافتراضي: ProjectInet.Out

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day		اليوم	-
2	Month		الشهر	-
3	Year		السنة	-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذر	-
5	Stage	Crop growth stage: 0: before or after cropping; 1: between sowing and germination or transplant recovering; 2: vegetative development; 3: flowering; 4: yield formation and ripening -9: no crop as a result of early canopy senescence	مراحل نمو المحصول 0: قبل أو بعد الزراعة 1: بين البذر والإنبات أو الشتل تحسن: (تعافي) 2: التطور الخضري 3: الإزهار 4: تشكيل الغلة والنضوج -9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	-
6	E	Actual soil evaporation	تبخر التربة الحقيقي	mm
7	Trx	Maximum crop transpiration	نتح المحصول الأعظمي	mm
8	ET	Evapotranspiration: Sum of E and Trx	البخر-نتح: مجموع البخر من التربة + النتح	mm
9	Rain	Rainfall	الهطول المطري	mm
10	Inet	Net irrigation requirement	احتياج الري الصافي	mm

9.25.2 المخرجات الموسمية (الفصلية)

اسم الملف الافتراضي: ProjectRun.Out

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	RunNr	Number simulation run	عدد تشغيلات المحاكاة	-
2	Day1	Start day of simulation run	يوم البداية لتشغيل المحاكاة	-
3	Month1	Start month of simulation run	شهر البداية لتشغيل المحاكاة	-
4	Year1	Start year of simulation run	سنة البداية لتشغيل المحاكاة	-
5	Rain	Rainfall	الهطول المطري	mm
6	ETo	Reference evapotranspiration	البخر-نتح المرجعي	mm
7	GD	Growing degrees	درجات حرارة النمو	C.day°
8	CO2	Atmospheric CO2 concentration	تركيز غاز CO2 في الغلاف الجوي	ppm
9	Irri	Water applied by irrigation or net irrigation requirement	المياه المطبقة بواسطة الري أو احتياج الري الصافي	mm
10	Infilt	Infiltrated water in soil profile	المياه المتسربة (الراشحة) في مقطع التربة	mm
11	Runoff	Water lost by surface runoff	المياه الضائعة بواسطة الجريان السطحي	mm
12	Drain	Water drained out of the soil profile	المياه المصروفة من مقطع التربة	mm
13	Upflow	Water moved upward by capillary rise	المياه الصاعدة بفعل الارتفاع الشعري	mm
14	E	Soil evaporation	تبخر التربة	mm
15	E/Ex	Relative soil evaporation (100 E/Ex)	تبخر التربة النسبي	%
16	Tr	Total transpiration of crop and weeds	إجمالي النتح للمحصول والأعشاب الضارة	mm
17	Trw	Crop transpiration in weed infested field	نتح المحصول في حقل مغزو بالأعشاب الضارة	mm
18	Tr/Trx	Relative crop transpiration (100 Tr/Trx)	نتح المحصول النسبي	%
19	SaltIn	Salt infiltrated in the soil profile	الملح المتسرب في مقطع التربة	ton/ha
20	SaltOut	Salt drained out of the soil profile	الملح المصروف من مقطع التربة	ton/ha

21	SaltUp	Salt moved upward by capillary rise from groundwater table	الملح الصاعد للأعلى عن طريق الارتفاع الشعري من سطح المياه الجوفية	ton/ha
22	SaltProf	Salt stored in the soil profile	الملح المخزن في مقطع التربة	ton/ha
23	Cycle	Length of crop cycle: from germination to maturity (or early senescence)	طول دورة المحصول: من الإنبات حتى النضج (أو شيخوخة الغطاء النباتي المبكرة)	days
24	SaltStr	Average soil salinity stress	متوسط إجهاد ملوحة التربة	%
25	FertStr	Average soil fertility stress	متوسط إجهاد خصوبة التربة	%
26	WeedStr	Average relative cover of weeds	متوسط الغطاء النسبي للأعشاب الضارة	%
27	TempStr	Average temperature stress (affecting transpiration)	متوسط إجهاد درجة الحرارة (المؤثرة على النتح)	%
28	ExpStr	Average leaf expansion stress	متوسط إجهاد توسع الأوراق	%
29	StoStr	Average stomatal stress	متوسط إجهاد المسامات	%
30	Biomass	Cumulative biomass produced	إنتاج الكتلة الحيوية التراكمي	ton/ha
31	Brelative	Relative biomass (Reference: no water, no soil fertility, no soil salinity stress, no weed infestation)	الكتلة الحيوية النسبية (المرجع: لا إجهاد مائي ولا إجهاد خصوبة ولا إجهاد ملوحة ولا إصابة بالأعشاب الضارة)	%
32	HI	Harvest Index adjusted for failure of pollination, inadequate photosynthesis and water stress	مؤشر الحصاد المعدل للفشل في التلقيح وعدم كفاية التركيب الضوئي والإجهاد المائي	%
33	Yield	Yield (HI x Biomass)	الغلة (مؤشر الحصاد x الكتلة الحيوية)	ton/ha
34	WPet	ET water Productivity for yield part (kg yield produced per m3 water evapotranspired)	إنتاجية المياه المتبخرة (بعملية البخر-نتح) لجزء الغلة (كغ غلة منتج من كل متر مكعب مياه متبخر)	Kg/m^3
35	DayN	End day of simulation run	اليوم الأخير لتشغيل المحاكاة	-
36	MonthN	End month of simulation run	الشهر الأخير لتشغيل المحاكاة	-
37	YearN	End year of simulation run	السنة الأخيرة لتشغيل المحاكاة	-

10.25.2 تقييم نتائج المحاكاة Evaluation of simulation results

يخزن تقييم نتائج المحاكاة في ملفي إخراج:

- ملف مخرجات البيانات: يحتوي هذا الملف القيم المحاكاة للغطاء النباتي الأخضر CC والكتلة الحيوية B ومحتوى التربة المائي SWC والبيانات الحقلية المقاسة (مع انحرافاتها المعيارية).

- ملف مخرجات إحصائية: يحتوي هذا الملف إحصائيات لتقييم نتائج المحاكاة للغطاء النباتي والكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي (فقرة 5.21.2 تقييم نتائج المحاكاة).

- **ملف مخرجات البيانات Data output file**

اسم الملف الافتراضي ProjectEvalData.OUT

Nr الرقم	Symbol الرمز	Description الوصف		Unit الوحدة
1	Day		اليوم	-
2	Month		الشهر	-
3	Year		السنة	-
4	DAP	Days after planting/sowing	الأيام بعد الغرس / البذر	-
5	Stage	Crop growth stage:	مراحل نمو المحصول	-
		0: before or after cropping;	0:قبل أو بعد الزراعة	
		1: between sowing and germination or transplant	1:بين البذر والإنبات أو الشتل	
		recovering;	تحسن: (تعافي)	
		2: vegetative development;	2:التطور الخضري	
		3: flowering;	3:الإزهار	
		4: yield formation and ripening	4:تشكيل الغلة والنضوج	
		-9: no crop as a result of early canopy senescence	-9: لا محصول نتيجة لشيخوخة الغطاء النباتي المبكرة	
6	CCsim	simulated Green Canopy Cover	الغطاء النباتي الأخضر المنمذج	%
7	CCobs	observed Green Canopy Cover (-9.0 = no field data)	الغطاء النباتي الأخضر المراقب (-9.0 تعني عدم وجود بيانات حقلية)	%
8	CCstd	standard deviation of observed Green Canopy Cover	الانحراف المعياري للغطاء النباتي الأخضر المراقب	%
9	Bsim	simulated Cumulative biomass produced	الكتلة الحيوية المنتجة التراكمية المنمذجة	ton/ha
10	Bobs	observed Cumulative biomass produced (-9.000 = no field data)	الكتلة الحيوية المنتجة التراكمية المراقبة (-9.0 تعني عدم وجود بيانات حقلية)	ton/ha
11	Bstd	standard deviation of observed Cumulative biomass produced	الانحراف المعياري للكتلة الحيوية المنتجة التراكمية المنتجة	ton/ha
12	SWCsim	simulated Soil Water Content for specified soil depth *	محتوى التربة المائي المنمذج لعمق تربة محدد *	mm
13	SWCobs	observed Soil Water Content for specified soil depth (-9.0= no field data)	محتوى التربة المائي المراقب لعمق تربة محدد (-9.0 تعني عدم وجود بيانات حقلية)	mm
14	SWCstd	standard deviation of observed Soil Water Content for specified soil depth	الانحراف المعياري لمحتوى التربة المائي المراقب لعمق تربة محدد	mm

*عمق التربة محدد بالمتر

- **ملف المخرجات الإحصائية Statistics output file**

اسم الملف الافتراضي ProjectEvalStat.OUT

ملف نصي فيه:

- القيم المراقبة (مع انحرافاتها المعيارية) والقيم المنمذجة للغطاء النباتي وإنتاج الكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي وذلك لكل يوم من أيام المراقبة.
- عدد مجموعات القيم المراقبة/القيم المنمذجة الصالحة ومتوسط القيم المراقبة والمنمذجة للغطاء النباتي وإنتاج الكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي.
- مؤشرات إحصائية للغطاء النباتي وإنتاج الكتلة الحيوية ومحتوى التربة المائي:
- Pearson Correlation Coefficient (r); Root mean square error (RMSE);) Normalized root mean square error CV(RMSE); Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient (EF); and Willmott's index of agreement (d).

جدول a25.2: مثال عن ملف مخرجات إحصائية ProjectEvalStat.OUT

```
AquaCrop 6.0 (March 2017) - Output created on (date) : 24/03/2017   at (time) : 10:42:13
Evaluation of simulation results - Statistics


  ASSESSMENT OF CANOPY COVER ---------------------------------------
              --------- Canopy Cover (%) ---------
    Nr        Observed    +/- St Dev     Simulated    Date
  ------------------------------------------------------------------
     1           5.0           3.0           3.0       1 April
     2          30.0           5.0          44.0      20 April
     3          50.0          -9.0          57.0      30 April
     4          60.0           5.0          57.0      10 May
     5          45.0           6.0          35.5       9 July

  Valid observations/simulations sets (n) ....... :     5
  Average of observed Canopy Cover .............. :    38.0   %
  Average of simulated Canopy Cover ............. :    39.3   %

  Pearson Correlation Coefficient (r) ........... :     0.91
  Root mean square error (RMSE) ................. :     8.3   % CC
  Normalized root mean square error  CV(RMSE).... :    22.0   %
  Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient (EF):     0.81
  Willmott's index of agreement (d) ............. :     0.95
  ------------------------------------------------------------------


  ASSESSMENT OF BIOMASS PRODUCTION --------------------------------
              --------- Biomass (ton/ha) ---------
    Nr        Observed    +/- St Dev     Simulated    Date
  ------------------------------------------------------------------
     1          1.000         0.300         0.940      20 April
     2          4.000         0.200         3.961       1 June
     3          4.400         0.300         4.613      19 June
     4          5.000         0.500         5.084       9 July
     5          5.500         0.500         5.103      19 July

  Valid observations/simulations sets (n) ....... :     5
  Average of observed Biomass production ........ :     3.980   ton/ha
  Average of simulated Biomass production ....... :     3.940   ton/ha

  Pearson Correlation Coefficient (r) ........... :     0.99
```

تابع :جدول a25.2

Root mean square error (RMSE) ..... : 0.207 ton/ha
Normalized root mean square error CV(RMSE).... : 5.2 %
Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient (EF): 0.98
Willmott's index of agreement (d) ..... : 1.00

ASSESSMENT OF SOIL WATER CONTENT

Nr	Observed	+/- St Dev	Simulated	Date
	------ Soil water content (mm) -----			
1	300.0	20.0	280.8	1 April
2	250.0	25.0	215.9	30 April
3	150.0	30.0	159.6	1 June
4	100.0	10.0	125.9	9 July
5	100.0	10.0	125.0	19 July

Valid observations/simulations sets (n) ..... : 5
Average of observed Soil water content ..... : 180.0 mm
Average of simulated Soil water content ..... : 181.4 mm

Pearson Correlation Coefficient (r) ..... : 0.99
Root mean square error (RMSE) ..... : 24.2 mm
Normalized root mean square error CV(RMSE).... : 13.4 %
Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient (EF): 0.91
Willmott's index of agreement (d) ..... : 0.97

المراجع:

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.E., Fereres, E. 2017. Reference manual of AquaCrop *Version 6.0* Chapter 2,Users guide.

The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD)

Food and Agriculture Organization of the United Nations

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

Promoting food and water security through cooperation and capacity development in the arab region

User Guide

AcquaCrop model

Final edition

Donor

Sweden
Sverige