المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة - أكساد

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

مشروع المساهمة في تنمية القدرات

في استخدام نموذج AquaCrop في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

دليل تدريب

استخدام النموذج الرياضي (AcquaCrop) لإدارة مياه الري

2022

يتم تنفيذ أنشطة المشروع بدعم من:

السويد Sverige

مشروع المساهمة في تنمية القدرات في استخدام نموذج AquaCrop في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

دليل تدريب

استخدام النموذج الرياضي (AcquaCrop) لإدارة مياه الري

2022

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

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

المحتويات

الفصل الأول: WaPOR بوابة منظمة الأغذية والزراعة FAO لمراقبة إنتاجية المياه من خلال الوصول المفتوح للبيانات المستمدة من الاستشعار عن بعد 1

WaPOR: 1

محتوى قاعدة البيانات: 1

التغطية الجغرافية 2

كيفية استخدام WaPOR 3

الفصل الثاني – تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل 5

تقدير التبخر -نتح المرجعي للمحاصيل 5

معادلة الفاو بنمان – مونتيث: 5

البيانات المطلوبه 6

الموقع 7

درجة الحرارة 7

الرطوبة النسبيه 7

الإشعاع الشمسي 7

سرعة الرياح 8

استخدام معادلة الفاو/ بنمان – مونتيث في حال عدم توفر بعض المعطيات المطلوبه: 8

تقدير البيانات المناخية المفقودة 9

تقدير ضغط بخار الماء الفعلي e_a : 9

تقدير بيانات الإشعاع الشمسي من فروقات درجة الحرارة: 9

تقدير بيانات سرعة الرياح: 10

طريقة حوض التبخر Pan Evaporation Method 10

حوض التبخر Evaporation Pan 10

حوض البخر صنف "Class A pan"A 11

معاملات الأحواض (K_p) Pan coefficients 13

التعديلات 14

توصيات 16

حساب التبخر – نتح للمحصول (ETc): 17

العوامل المحددة لمعامل المحصول 17
نوع المحصول 18
المناخ 18
البخر من التربة 19
مراحل نمو المحصول 19
حساب التبخر-نتح Evapotranspiration في برنامج AquaCrop 20
الفصل الثالث - جدولة الري Irrigation scheduling 24
الماء المتاح للنبات Plant Available Water (PAW)..... 24
الفترة الأعظميه بين الريات Irrigation Interval or Frequency..... 28
عمق الجذور الفعال Effective Root Depth 29
إدارة الري Irrigation management في برنامج AquaCrop. 31
حالة الري المطري (rainfed irrigation):..... 32
حالة استخدام البرنامج لتحديد احتياج الري الصافي (Determination of net irrigation water requirement) 32
حالة ادخال جدول ري Irrigation Schedule محدد مسبقا 42
استخدام البرنامج لإعداد جدول ري (Generation of Irrigation Schedule)..... 48
الفصل الرابع – الري الناقص (deficit irrigation) 59
مفهوم الري الناقص 59
جدولة الري الناقص (deficit irrigation scheduling)..... 61
الفصل الخامس - الري التكميلي (supplementary irrigation)..... 64
مفهوم الري التكميلي..... 64
جدولة الري التكميلي (supplementary irrigation scheduling)..... 66
الفصل السادس نوعية مياه الري (Irrigation water quality):..... 72
الفصل السابع-احتياجات الغسيل(LR) Leaching requirements :..... 75
حساب احتياجات الغسيل: 76
حالة الري السطحي والري بالرذاذ: 76
حالة الري بالتنقيط: 78
الفصل الثامن: معايرة AquaCrop والتحقق من صحته 79
الفصل التاسع: التغيرات المناخية..... 85
التغيرات المناخية في المنطقة العربية: 85

مبادرة ريكار RICCAR: 85
الفصل العاشر : تمارين تطبيقية 1
التمرين الأول: جدولة الري الكامل لمحصول الذرة في جنين - فلسطين.....2
التمرين الثاني: جدولة الري الناقص لمحصول الذرة في جنين - فلسطين 33
التمرين الثالث: تطبيق الري الكامل لمحصول البطاطا في ديرعلا-الأردن باستخدام المحاكاة اليومية (Real Time Simulation) لتحديد تاريخ الري وكمية مياه الري خلال موسم النمو. 57
التمرين الرابع: حالة دراسية حول تأثير التغيرات المناخية على إنتاج القمح البعل في مرشوش - المغرب 100
التمرين الخامس: معايرة البارامترات غير المحافظة لمحصول القمح في ولاية نابل (Nabuel) في تونس 127
التمرين السادس: معايرة البارامترات المحافظة لمحصول الشوندر في الجيزة في مصر.....180

الفصل الأول: WaPOR بوابة منظمة الأغذية والزراعة FAO لمراقبة إنتاجية المياه من خلال الوصول المفتوح للبيانات المستمدة من الاستشعار عن بعد

WaPOR: أطلقت منظمة الأغذية والزراعة FAO بوابة توفر وصولاً مفتوحًا إلى قاعدة بيانات إنتاجية المياه وآلاف طبقات الخرائط الأساسية. وتسمح بالاستعلامات المباشرة عن البيانات وتحليلات السلاسل الزمنية وإحصاءات المنطقة وتنزيل البيانات للمتغيرات الرئيسية المرتبطة بتقييمات إنتاجية المياه والأراضي.

يمكن الوصول إلى خدمات البوابة مباشرة من خلال واجهات برمجة التطبيقات WaPOR المخصصة لمنظمة الأغذية والزراعة ، والتي يتم نشرها وتوثيقها تدريجيًا من خلال موقع واجهة برمجة التطبيقات لمنظمة الأغذية والزراعة أو من الرابط https://wapor.apps.fao.org/home/1.

محتوى قاعدة البيانات:

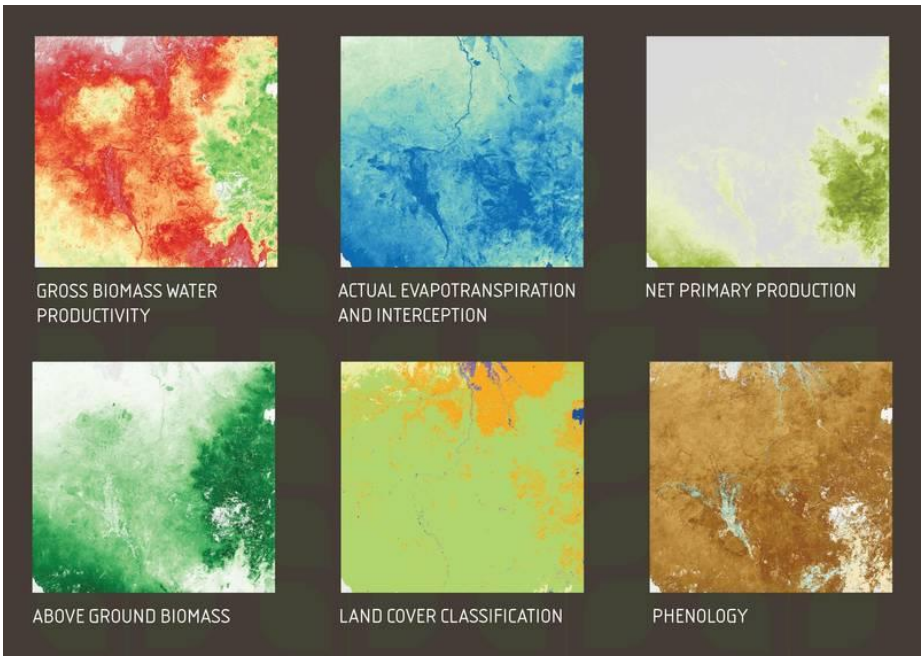
تم تنظيم WaPOR على ثلاثة مستويات:

- المستوى الأول على المستوى القاري (دقة أرضية تبلغ 250 مترًا)
- المستوى الثاني على مستوى البلد وأحواض الأنهار (دقة الأرض 100 متر)
- المستوى الثالث مشاريع الري ومستوى الحوض الفرعي (دقة أرضية 30 م).

يوفر WaPOR ما يصل إلى عشر سنوات من البيانات شبه الواقعية من 21 باراميتر منها :

- الهطول المطري اليومي .
- الهطول المطري الشهري.
- الهطول المطري كل عشرة أيام.
- التبخر نتح المرجعي اليومي.
- التبخر نتح المرجعي الشهري.
- التبخر نتح المرجعي كل عشرة أيام.
- التبخر نتح الفعلي كل عشرة أيام.
- التبخر نتح الفعلي كل شهر.

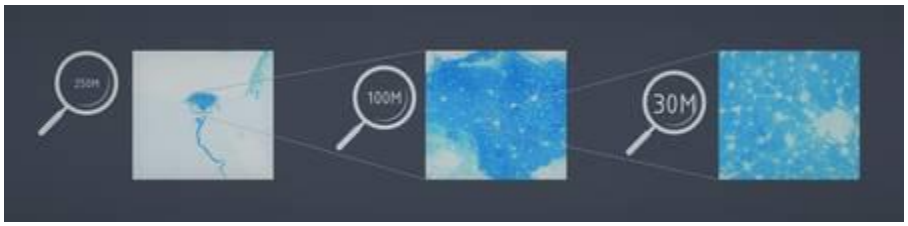
ويمكن الوصول إلى القائمة الكاملة لمكونات البيانات ، بما في ذلك الدقة المكانية والزمانية في فهرس بوابة WaPOR (WaPOR Portal Catalog.).



بعض البارامترات في قاعدة بيانات WaPOR

التغطية الجغرافية

تقع المنطقة التي تغطيها WaPOR ، بوابة منظمة الأغذية والزراعة لرصد إنتاجية المياه من خلال الوصول المفتوح للبيانات المستمدة من الاستشعار عن بعد ، على المستوى القاري (المستوى الأول) ، على مستوى الدولة وأحواض الأنهار (المستوى الثاني) وعلى مستوى مشاريع الري (المستوى الثالث) .



يشمل المستوى القاري (المستوى الأول - دقة الأرض 250 مترًا) شمال أفريقيا وجنوب الصحراء الكبرى والشرق الأدنى (مربع تقريبًا -30 غربا ، -40 جنوبًا ، 65 شرقًا ، 40 شمالًا).

يشمل مستوى حوض الأنهار الوطني ودون الوطني / (المستوى الثاني - دقة الأرض 100 متر) البلدان والمناطق التالية:

البلدان: المغرب وتونس ومصر ولبنان والجمهورية العربية السورية والأردن وغانا وكينيا وجنوب السودان ومالي وبنين وإثيوبيا ورواندا وبوروندي وموزمبيق وأوغندا والضفة الغربية وقطاع غزة واليمن والعراق والنيجر والسودان .

بالنسبة لهذه البلدان ، يتم رصد إنتاجية الأراضي والمياه مع التمييز بين المناطق الزراعية المروية أو البعلية.

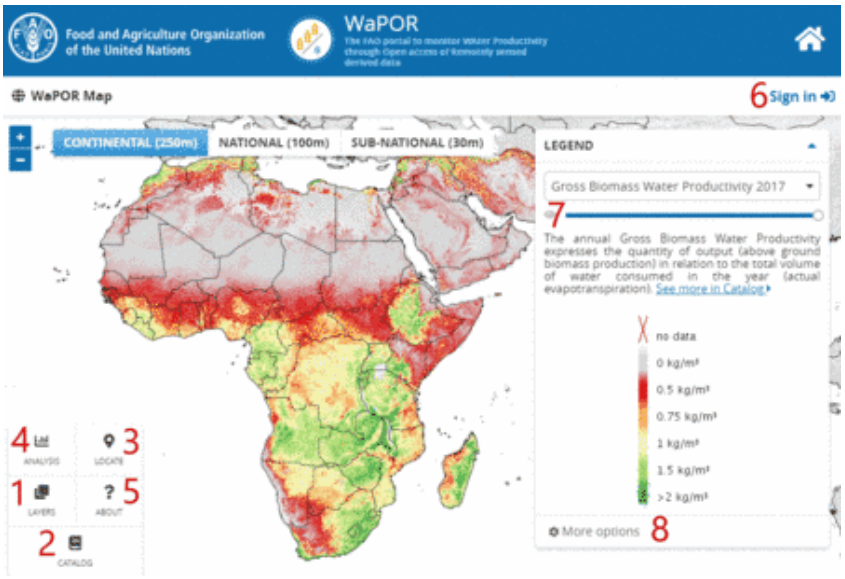
أحواض الأنهار: الأردن / الليطاني والنيل والأواش والنيجر.

بالنسبة لأحواض الأنهار هذه ، يتم تطبيق محاسبة المياه من خلال الاستشعار عن بعد لتقييم مدى تأثير الزيادات في إنتاجية المياه على مستخدمي المياه المختلفين.

يركز مخطط الري والحوض الفرعي (المستوى الثالث - دقة أرضية 30 م) على المناطق التالية:

البقاع (لبنان) ، كوجا وأواش (إثيوبيا) ، النيجر (مالي) ، زنكالون (مصر) ، مقاطعة بوسيا (كينيا) ، لاميجو (موزمبيق) والجزيرة (السودان).

كيفية استخدام WaPOR



خرائط WaPOR التفاعلية سهلة الاستخدام والتنقل. يمكن للمستخدم استخدام الموقع باتباع الخطوات باستخدام الرموز المحددة بالأرقام في الصورة أعلاه:

1. استكشاف الطبقات المتاحة والنطاق الزمني: بالتمرير للأسفل في قائمة الطبقات ، وتحديد واحدة وتحديد الفترة الزمنية. واختيار "تحديد" لتحميل الطبقة على الخريطة.
2. تصفح الكتالوج لاستكشاف جميع الطبقات المنظمة حسب الفئات. ثم تحديد موضوعً لقراءة وصفه وبياناته الوصفية. من خلال تحديد عوامل التصفية ذات الأهمية (السنة ، الموسم ،)
3. تحديد موقعً على الخريطة عن طريق كتابة الاسم أو الإحداثيات الجغرافية في خطوط الطول والعرض. سيتم عرض النقطة على الخريطة وسيظهر مربع نص يصف قيمة الطبقة لتلك

النقطة. إذا قام المستخدم بتسجيل الدخول ، فسيكون لديه خيار حفظ النقطة في منطقة "MyWaPOR" الخاصة به.

4. استخدام أدوات التحليل. والذي يتطلب تسجيل الدخول للوصول إلى هذه الأدوات. يوجد حاليًا أربعة أنواع من التحليلات التي يدعمها WaPOR: السلاسل الزمنية للنقطة والمنطقة ، وإنتاجية المياه في المنطقة ، وتنزيل المنطقة النقطية. يُطلب من المستخدمين تحديد الطبقة والمكان والفترة الزمنية لتشغيل التحليل. بالنسبة للعمليات القائمة على المنطقة ، يمكن للمستخدمين إما رسم مضلع على الخريطة أو تحميل ملف أشكال. في هذه الحالة الأخيرة ، يرجى ملاحظة أن الملف المضغوط (zip) يجب أن يحتوي على 3 ملفات على الأقل (XXX.shp، XXX.shx، XXX.dbf) وأنه إذا كان ملف الشكل يحتوي على أكثر من مضلع واحد ، فستتضمن الميزة الأولى فقط تستخدم لإجراء التحليل.

5. اكتشاف المزيد حول WaPOR: رقم الإصدار والبريد الإلكتروني للاتصال والموارد الإضافية المتاحة من هنا.

6. تسجيل الدخول باستخدام رابط "تسجيل الدخول" الموجود أعلى اليمين: سيُطلب من المستخدم إما استخدام حساب Google الخاص به ، أو إنشاء حساب جديد في بوابة WaPOR.

7. شريط تمرير الشفافية. هذا مفيد بشكل خاص عند استخدام طبقة خلفية (انظر النقطة التالية)

8. الوصول إلى خيارات الخريطة الأخرى ، بما في ذلك اختيار الطبقة الأساسية (مثل خريطة الشارع المفتوح) وإمكانية تراكب حدود البلد والحوض الهيدرولوجي.

الفصل الثاني – تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل

تقدير التبخر -نتح المرجعي للمحاصيل

توصي منظمة الفاو FAO باستخدام طريقة فاو-بنمان-مونتيث FAO-Penman-Monteith

لحساب التبخر – نتح المرجعي ETo ، ومع ذلك ، ولأسباب عملية ، لا تزال طريقة أحواض التبخر Evaporation pan قيد الاستخدام في مناطق عديدة .

معادلة الفاو بنمان – مونتيث:

أوصت هيئة الخبراء بتبني طريقة بنمان- مونتيث المعدلة كطريقة قياسية جديدة لتقدير البخر – نتح المرجعي، وأوصوا أيضاً طرق حساب البارامترات المختلفة المستخدمة في الحساب. تم تطوير معادلة الفاو / بنمان- مونتيث بتعريف المحصول المرجعي باعتباره محصول افتراضي بارتفاع 0.12 م ذو مقاومة سطحية تعادل 70ث/م ومقدار الإشعاع المنعكس من سطح أوراق النبات 0.23، والذي ينتج بخرا يطابق إلى حد كبير البخر من سطح عشب أخضر شاسع المساحة متجانس الارتفاع مروي جيداً وينمو بشكل جيد.

تعطى معادلة الفاو/ بنمان – مونتيث لتقدير البخر- نتح المرجعي ET_0 كما يلي:

$$ET_O = \frac{0.408\Delta\,(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273}\, u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34u_2)} \qquad (1.1)$$

حيث :

ET_0 = البخر- نتح المرجعي [مم / يوم]

Rn= الإشعاع الشمسي الصافي عند سطح المحصول [ميغاجول/ م2 / يوم]

G= شدة تدفق الطاقة في التربة التربة [ميغاجول / م2 / يوم]

T= متوسط درجة حرارة الهواء اليومية عند ارتفاع 2 م [درجة مئوية (سيليسيوس)]

U2= سرعة الرياح عند ارتفاع 2 م [م / ث]

e_s= ضغط البخار المشبع [كيلو باسكال]

e_a= ضغط البخار الفعلي [كيلو باسكال]

e_s-e_a= النقص عن ضغط البخار المشبع [كيلو باسكال]

Δ= ميل منحنى ضغط البخار [كيلو باسكال / درجة مئوية (سيلسيوس)]

γ= الثابت الرطوبي [كيلو باسكال / درجة مئوية (سيليسيوس)]

تستخدم المعادلة السابقة سجلات مناخية قياسية خاصة بالإشعاع الشمسي (السطوع الشمسي)، درجة حرارة الهواء، الرطوبة وسرعة الرياح. تتطلب المعادلة أن تكون العوامل المناخية مقاسة على ارتفاع 2 م (أو تحويلها إلى قيم مكافئة للقياس على ارتفاع 2 م إن لم تكن كذلك) فوق سطح ممتد من العشب الأخضر، يغطي سطح الأرض ولا يعاني من نقص في الماء.

تمثل معادلة الفاو / بنمان- مونتيث بشكل واقعي ومبسط العوامل الفيزيائية والفسيولوجية المتحكمة في عملية البخر – نتح. ويمكن حساب معاملات المحصول في المراكز البحثية باستخدام تعريف البخر- نتح المرجعي الذي قدمته معادلة الفاو / بنمان – مونتيث ، وذلك بربط بخر- نتح المحصول المقاس ETc مع قيمة ET_0 المحسوبة ، أي أن $Kc= ETc/ET_0$. عند استخدام طريقة معامل المحصول فإن الاختلافات في غطاء المحصول المدروس ومقاومة الحركة الهوائية مقارنة بالمحصول المرجعي الافتراضي تحتسب ضمنا في قيم معامل المحصول. يلخص معامل المحصول Kc الاختلافات الفيزيائية والفسيولوجية بين المحاصيل المدروسة والمحصول المرجعي.

البيانات المطلوبه

تتطلب معادلة الفاو/ بنمان – مونتيث، بالإضافة إلى الموقع، بيانات خاصة بدرجة حرارة الهواء والرطوبة والإشعاع وسرعة الرياح لإجراء الحسابات اليومية، الأسبوعية، لكل عشرة أيام أو الشهرية. يجب التحقق من واحدات البيانات الجوية المقاسة ومطابقتها للواحدات الواردة في المعادلة.

الموقع

يجب تحديد ارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر (م) Altitude، وكذلك خط العرض (بالدرجات شمال أوجنوب خط الاستواء) latitude. تستخدم هذه البيانات في تعديل بعض العوامل المناخية حسب متوسط قيم الضغط الجوي المحلي (وهو تابع لارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر) وكذلك لإيجاد الإشعاع الشمسي الخارجي (على السطح الخارجي للغلاف الجوي extraterrestrial Radiation R_a)، وأيضاً لإيجاد عدد ساعات السطوع الشمسي (N) في بعض الحالات.

درجة الحرارة

يجب توفر درجات حرارة الهواء اليومية الدنيا والقصوى daily maximum and minimum (أومتوسطها للحساب الاسبوعي أو كل عشرة أيام أو الشهري) بالدرجة المئوية (سيليسيوس). ويمكن إجراء الحسابات في حالة توفر متوسط درجات الحرارة فقط mean daily temperatures، ولكن قد يحدث بعض التخفيض (underestimation) في تقديرقيم ET_0 نتيجة للعلاقة غير الخطية ما بين ضغط البخار المشبع ودرجة الحرارة. يسبب استخدام قيم متوسط درجة حرارة الهواء بدلاً من درجات الحرارة القصوى أو الدنيا انخفاضا في ضغط البخار المشبع e_s ، وبالتالي ينخفض مقدار النقص في ضغط البخار (e_s-e_a) وينتج عن ذلك انخفاض في تقدير قيم البخر – نتح المرجعي.

الرطوبة النسبيه

تلزم قيمة متوسط ضغط البخار الفعلي اليومي (e_a) مقاسة بالكيلو باسكال (K_{Pa}) لحساب البخر-نتح اليومي. ويمكن في حال عدم توفرها استنتاجها من قيم الرطوبة النسبية الدنيا والقصوى (نسب مئوية%)، أو من البيانات الرطوبية (psychrometric data درجتي حرارة الهواء الجافة والرطبة بالدرجات المئوية) ، أو من درجة حرارة نقطة الندى (درجة مئوية).

الإشعاع الشمسي

تتطلب المعادلة توفر قيمة الإشعاع الشمسي الصافي اليومي R_n (أو متوسط القيم في حالة الحساب الأسبوعي أو لكل عشرة أيام أو الشهري) التي يعبر عنها بوحدات ميغاجول لكل متر مربع لكل يوم. لا تتوفرهذه البيانات بشكل عام ولكن بالإمكان استنتاجها من (متوسط) إشعاع الأمواج القصيرة المقاسة

بالبيرانوميتر(Pyranometer) أو من متوسط فترة السطوع الشمسي اليومية الفعلية (ساعة / يوم) المقاسة بمسجل السطوع الشمسي (كامبل ستوك Campblell-stokes).

سرعة الرياح

يجب توفر بيانات عن متوسط سرعة الرياح اليومية بالمتر لكل ثانية (م/ث) مقاسة على ارتفاع 2 متر فوق سطح الأرض. يجب التحقق من الارتفاع الذي تم قياس سرعة الرياح عنده، حيث تختلف سرعة الرياح عند قياسها على ارتفاعات مختلفة فوق سطح الأرض لنفس النقطة. ويجب تحويلها إلى قيم مكافئة للقياس على ارتفاع 2 م (إذا كانت مقاسة على ارتفاع آخر).

استخدام معادلة الفاو/ بنمان – مونتيث في حال عدم توفر بعض المعطيات المطلوبه:

يصادف أحياناً أن تكون بيانات بعض العوامل المناخية غير متوفرة. يجب في هذه الحالات تجنب استخدام الطرق البديلة لحساب ET_0 والتي تحتاج إلى بيانات مناخية محدودة فقط. وينصح بحساب ET_0 باستخدام طريقة الفاو/ بنمان- مونتيث القياسية بعد تقدير البيانات المفقوده كما هو موضح لاحقا

يتوقع أن تكون الفروقات بين قيم ET_0 التي تم الحصول عليها من معادلة الفاو/ بنمان- مونتيث بوجود مجموعة بيانات محدودة أو بوجود بيانات كاملة أقل أو مساوية لنفس مقدار الفروقات الناتجة من استخدام معادلة ET_0 بديلة.

تبقى إمكانية الحصول على تقديرات مقبولة لقيم البخر – نتح المرجعي ET_0 على أساس كل عشرة أيام أو كل شهر باستخدام معادلة الفاو/ بنمان- مونتيث قائمة حتى في حالة اقتصار البيانات على درجات الحرارة القصوى والدنيا فقط. حيث يمكن استنتاج بيانات الإشعاع الشمسي من فروقات درجات حرارة الهواء الدنيا والعظمى كما هو موضح في الفقرة اللاحقة، أو يمكن الحصول عليها وعلى بيانات سرعة الرياح والرطوبة من محطة أرصاد جوية قريبة، كذلك يمكن تقدير بيانات الرطوبة من درجات الحرارة اليومية الدنيا. وبعد تقييم صلاحية استخدام البيانات من محطة أخرى عندها يمكن حساب ET_0 على أساس كل 10 أيام أو شهرياً.

يجب التحقق من صلاحية الطرق الخاصة بتقدير البيانات المفقودة على المستوى الإقليمي، يمكن إجراء هذا التحقق لمحطات الأرصاد الجوية التي تحتوي بيانات مناخية كاملة بمقارنة قيم ET_0 المحسوبة من مجموعة البيانات الكاملة مع القيم المحسوبة من مجموعة البيانات المحدودة، يجب أن تكون النسبة بينهما قريبة من الواحد. إذا اختلفت النسبة عن الواحد بشكل ملحوظ ، عندئذ يمكن استخدام النسبة كعامل تصحيح للتقديرات المحسوبة من مجموعة البيانات المحدودة، يجب إجراء تحليل الحساسية (sensitivity analysis) عندما يزيد الخطأ القياسي للتقدير عن 20 % من متوسط ET_0 لتحديد المسببات (المحددات) للطريقة المستخدمة للحصول على البيانات الناقصة. يجب استكمال التحقق لكل شهر ولكل متغير وذلك للتقديرات الشهرية واليومية.

تقدير البيانات المناخية المفقودة

يكفي توافر بيانات درجتي الحرارة الدنيا والعظمى (Tmax,Tmin)، وهو الحد الأدنى المطلوب من البيانات المناخية لحساب التبخر-نتح المرجعي، لتقدير بيانات الرطوبة والإشعاع الشمسي المفقودة.

تقدير ضغط بخار الماء الفعلي e_a :

يمكن تقدير ضغط بخار الماء الفعلي بافتراض أن درجة حرارة نقطة الندى (T_{dew}) تساوي تقريبا درجة حرارة الهواء الدنيا في المناطق الرطبة أو شبه الرطبة:

$$T_{dew} \approx T_{min} \qquad (2.1)$$

أما في المناطق الجافة فيمكن تقدير ضغط بخار الماء الفعلي بافتراض أن درجة حرارة نقطة الندى (T_{dew}) تساوي تقريبا درجة حرارة الهواء الدنيا مطروحا منها 2-3 درجات:

$$T_{dew} \approx T_{min} - 2\ C^0 \qquad (3.1)$$

تقدير بيانات الإشعاع الشمسي من فروقات درجة الحرارة:

يمكن حساب الإشعاع الشمسي قصير الموجة الواصل إلى سطح الأرض من العلاقة:

$$R_s = K_{Rs}\sqrt{(T_{max} + T_{min})}R_a \qquad (4.1)$$

R_a: الإشعاع الشمسي عند السطح الخارجي للغلاف الجوي [ميغاجول/ م2 / يوم].

T_{max}: درجة حرارة الهواء العظمى [درجة مئوية (سيليسيوس)].

T_{min}: درجة حرارة الهواء الدنيا [درجة مئوية (سيليسيوس)].

K_{rs}: معامل التصحيح (0.16 - 0.19) [درجة مئوية $^{-0.5}$].

يتراوح معامل التصحيح بين 0.16 للمناطق الداخلية و0.19 للمناطق الساحلية.

تقدير بيانات سرعة الرياح:

عند غياب البيانات المقاسة لسرعة الرياح يمكن استخدام القيم التقريبية الواردة في الجدول التالي:

حالة سرعة الرياح في المنطقة	متوسط سرعة الرياح عند ارتفاع 2م
خفيفة	أصغر أو تساوي ا م / ثا
خفيفة إلى معتدلة	1 – 3 م / ثا
معتدلة إلى قوية	3 – 5 م / ثا
قوية	أكبر أو تساوي 5 م / ثا

طريقة حوض التبخر Pan Evaporation Method

على الرغم من أن طريقة فاو-بنمان-مونتيث FAO-Penman-Monteith هي الطريقة الوحيدة التي توصي بها منظمة FAO لحساب ET_o ، لاتزال طريقة حوض التبخر تستخدم على نطاق واسع ويعود هذا أساسا لكونها طريقة عملية جدا وبسيطة ، وتجذب الكثيرين من المزارعين والباحثين لاستخدامها.

حوض التبخر Evaporation Pan

يحدد معدل التبخر من الأحواض المملوءة بالماء بسهولة. في حالة عدم هطول الأمطار ، تتوافق كمية الماء المتبخر خلال فترة معينة مع انخفاض عمق الماء في الحوض خلال نفس الفترة. تؤمن الأحواض قياس التأثير المشترك للإشعاع والرياح ودرجة الحرارة والرطوبة على سطح مائي. وبالتالي يستجيب الحوض بطريقة مماثلة لنفس العوامل المناخية التي تؤثر على نتح المحاصيل. ومع ذلك، هناك عدة عوامل تنتج اختلافات بين فقدان الماء من سطح الماء وفقدان الماء من المحصول.

على الرغم من الفرق بين قيم التبخر للحوض وقيم التبخر-نتح المرجعي للمحاصيل ، لاتزال الأحواض تستخدم للتنبؤ بقيم ETo لفترات 10 أيام أو أكثر ويتم ربط التبخر المقاس من الحوض (E_{pan}) مع التبخر -نتح المرجعي للمحصول (ETo) من خلال معامل مستمد تجريبيا (K_p) على النحو الوارد في المعادلة التالية :

$$ETo = K_p \times E_{pan} \qquad (5.1)$$

حوض البخر صنف "Class A pan"A

حوض البخر صنف "A" شكله دائري، قطره 120.7 سم وعمقه 25 سم. مصنوع من مادة الحديد المغلفن (عيار 22) أو من سبيكة معدنية (0.8)مم . يثبت فوق قاعدة خشبية ارتفاعها 15 سم عن مستوى سطح الأرض. توضع تربة أسفله بحيث يبقى فراغ 5 سم أسفل قاع الحوض. يجب أن يكون الحوض أفقيا تماما ويملأ بالماء حتى ارتفاع 5 سم أسفل حافة الحوض ويجب أن لاينخفض منسوب الماء أكثر من 7.5 سم من حافة الحوض ويتم تجديده بانتظام، مرة على الأقل كل أسبوع للحيلولة دون تعكرالماء بشدة. تطلى الأحواض المصنوعة من مادة الحديد المغلفن سنوياً بدهان بلون الألمنيوم. لا يعتبر وضع شبك فوق الحوض من المتطلبات القياسية، بل يفضل عدم استخدامه. ولكن يجب حماية الأحواض بسياج لمنع ارتواء الحيوانات منها.

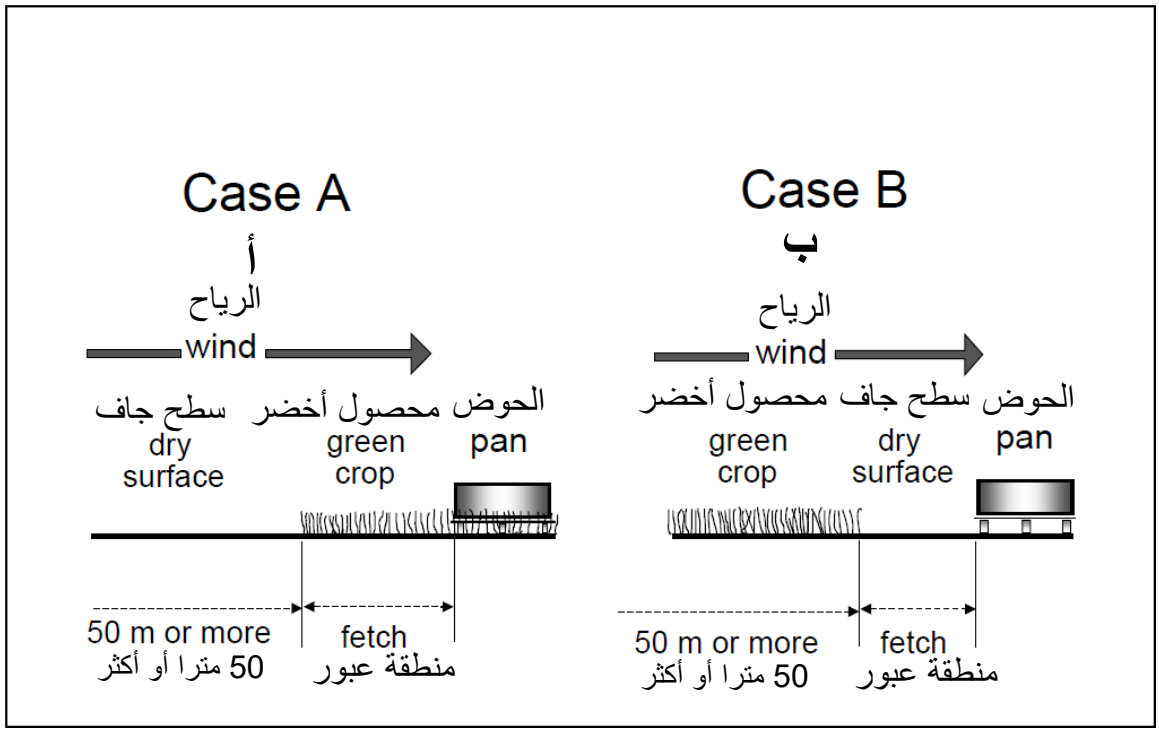
يفضل أن يكون الموقع مزروع بعشب، ولا تقل أبعاده عن 20×20 م، ويجب أن تكون المنطقة المحيطة مفتوحة للسماح بحركة الهواء بطلاقة. وأن تقع هذه المحطات في مركز الحقول الشاسعة المزروعة أو في المواقع المواجهة للريح في تلك الحقول.

تؤخذ قراءات الأحواض يومياً في الصباح الباكر وبنفس الوقت الذي تقاس فيه كمية الأمطار الهاطلة. تؤخذ قياسات البخر من أسطوانة الركود (stilling well) الواقعة قرب حافة الحوض. وهذه الأسطوانة مصنوعة من معدن بقطر 10 سم وبعمق 20سم تقريباً مع فتحة صغيرة عند قاعدتها.

شكل (1): حوض تبخر صنف Class A pan (A)

توجد حالتان شائعتان لتوضع الحوض هما:

أ. يوضع الحوض فوق غطاء نباتي أخضر قصير(عشب) محاط بتربة جرداء.
ب. يوضع الحوض على تربة جرداء محاط بنبات أخضر.



الشكل (2): حالتين لتوضع أحواض البخر والظروف المحيطة بالأحواض

معاملات الأحواض (K_p) Pan coefficients

تختلف معاملات الأحواض حسب نوع الحوض وحجمه وحالة منطقة عبور الرياح إلى الحوض أو المنطقة الفاصلة (fetch) ، فكلما كانت منطقة الفاصلة كبيرة ، كلما كان الهواء المتحرك فوق الحوض أكثر اتزاناً وتناسقاً مع المنطقة الفاصلة. يحتوي الهواء في حالة الاتزان مع منطقة فاصلة كبيرة في الحالة (أ) على بخار ماء أكثر وتكون درجة حرارته أقل مقارنة مع الحالة (ب). يعرض الجدول رقم (1) المعاملات الخاصة بالحوض صنف (A) وذلك لحالات مختلفة للغطاء الأرضي والمناطق الفاصلة والأحوال المناخية.

وفي حالة فقدان بعض البيانات، يمكن مثلا تقدير سرعة الرياح بأخذ القيمة العالمية u_2=2 م / ث أو كما هو موضح في الجدول في فقرة تقدير بيانات سرعة الرياح ، ويمكن تقدير متوسط الرطوبة النسبية RH_{mean} بشكل تقريبي من درجات حرارة الهواء الدنيا والقصوى:

$$RH_{mean}=50e^0(T_{min})/e^0(T_{max})+50$$

التعديلات

تحتاج المعاملات K_P المدرجة في الجداول إلى بعض التعديل، في بعض الظروف التي لم تؤخذ بعين الاعتبار كحالة المناطق التي لا يوجد فيها تطور زراعي، أو عندما تكون الأحواض محاطة بمحاصيل طويلة. كذلك تغيير اللون القياسي للحوض أو وجود شبك فوق الأحواض يؤثر على القياسات وبالتالي يحتاج معامل الحوض إلى بعض التعديل.

أما في المناطق التي لا تزدهر فيها الزراعة والمشتملة على مساحات شاسعة من الأراضي الجرداء غير المزروعة (تكون فيها المنطقة الفاصلة كبيرة أي الحالة "ب") كما هو عليه الحال في المناطق الصحراوية أو شبه الصحراوية، قد تحتاج قيم معامل الحوض K_P المدرجة في الجدول الخاصة بالمناطق الجافة التي تكثر فيها الرياح إلى تخفيض بنسبة لغاية 20% ، أما بالنسبة للمناطق التي تكون فيها مستويات الرياح، ودرجة الحرارة ، والرطوبة النسبية معتدلة قد تحتاج القيم المدرجة إلى تخفيض بنسبة تتراوح ما بين 5 و 10% ، أما بالنسبة للمناطق الرطبة الباردة فقد لا يحتاج المعامل K_P إلى تخفيض أو إلى تخفيض قليل.

قد يؤثر طلاء الأحواض على قيم البخر من الحوض، تنطبق معاملات الأحواض المدرجة في الجدول على الأحواض المغلفنة المطلية سنوياً بمادة الألمنيوم وكذلك للأحواض المصنعة من مادة الفولاذ المقاوم للصدأ (stainless steel pans). يحدث اختلاف طفيف في مقدار البخر من الحوض E_{pan} عندما تكون سطوح الأحواض الداخلية والخارجية مطلية بالدهان الأبيض. تحدث زيادة في قيم Epan بنسبة 10% عند طلاءها باللون الأسود. قد تساهم المادة المصنوع منها الحوض في اختلافات النتائج بنسبة مئوية ضئيلة.

ويعد مستوى منسوب الماء الذي يتم المحافظة عليه في الحوض مهما أيضاً، فقد ينتج خطأ لغاية 15% عندما ينخفض مستوى الماء في حوض البخر صنف (A) 10 سم عن المستويات القياسية المقبولة والواقعة ما بين 5 و 7.5 سم أسفل حافة الحوض العلوية . كما أن وجود شبك مثبت فوق الحوض قد يؤدي إلى إلى خفض مقدار البخر E_{pan} من الحوض بنسبة تصل لغاية 10% .

يمكن وضع أحواض إضافية مملوءة بالماء حتى حافتها العليا بالقرب من أحواض القياس للحد من شرب الطيور للماء من احواض التبخر، لأن الطيور ستفضل على الأغلب استخدام الأحواض المليئة

تماما بالماء لسهولة الشرب منها. عموماً يجب وضع أحواض قياس البخر في أماكن واسعة آمنة ومحاطة بسياج لمنع دخول الحيوانات والشرب منها.

لا يزيد تأثير عكارة الماء في الحوض على مقدار البخر E_{pan} أكثر من 5%، وتتغير بسبب تقادم الحوض وتعرضه للتلف وبسبب إعادة طلائه أيضاً.

جدول رقم (1): معامل الحوض (K_P) لحوض البخرصنف (A) لأوضاع مختلفة ومستويات متباينة للرطوبة النسبية وسرعة الرياح (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24).

حوض صنف "A"	حالة أ: حوض موضوع في أرض ينمو فيها عشب قصير أخضر				حالة ب: حوض موضوع في أرض خالية من الزراعة			
RH متوسط%		منخفض <40	متوسط 70-40	عالي>70		منخفض <40	متوسط 70-40	عالي >70
سرعة الرياح (م/ث)	المسافة الفاصلة المغطاة بالعشب (م)				المسافة الفاصلة الجرداء (م)			
خفيفة <2	1	0.55	0.65	0.75	1	0.7	0.8	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.6	0.7	0.8
	100	0.7	0.8	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.5	0.6	0.7
متوسطة 5-2	1	0.5	0.6	0.65	1	0.65	0.75	0.8
	10	0.6	0.7	0.75	10	0.55	0.65	0.7
	100	0.65	0.75	0.8	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.7	0.8	0.8	1000	0.45	0.55	0.6
قوية 8-5	1	0.45	0.5	0.6	1	0.6	0.65	0.7
	10	0.55	0.6	0.65	10	0.5	0.55	0.65
	100	0.6	0.65	0.7	100	0.45	0.5	0.6
	1000	0.65	0.7	0.75	1000	0.4	0.45	0.55
قوية جداً >8	1	0.4	0.45	0.5	1	0.5	0.6	0.65
	10	0.45	0.55	0.6	10	0.45	0.5	0.55
	100	0.5	0.6	0.65	100	0.4	0.45	0.5
	1000	0.55	0.6	0.65	1000	0.35	0.4	0.45

توصيات

تشير الاعتبارات والتعديلات المذكورة أعلاه إلى أن استخدام الجداول أو المعادلات المطابقة لها قد لاتكفي لأخذ جميع العوامل البيئية المحلية التي تؤثر على قيم K_p بالحسبان، وضرورة إجراء بعض التعديلات المحلية. يوصى بإجراء معايرة مناسبة لقيم بخر الحوض E_{pan} مقارنة بقيم ET_0 المحسوبة بطريقة بنمان مونتيث.

يوصى بضرورة وضع الحوض في مساحة مزروعة بمحصول أخضر قصير لاتقل مساحتها عن مربع أبعاده 15×15 م. وأن لا يوضع الحوض في المركز، بل يثبت في مكان يبعد عن حافة المحصول الأخضر في اتجاه الريح بما لا يقل عن 10م.

عندما لا تتوفر بيانات مقاسة عن سرعة الرياح، والرطوبة النسبية الضروريتين في حسابات K_p في الموقع المدروس، تستخدم تقديرات لقيم العوامل المناخية من أقرب محطة مناخية. ينصح بأن تؤخذ المتوسطات لهذه العوامل في هذه الحالة لاستخدامها في الحسابات للفترة الزمنية المعينة ثم يؤخذ متوسط بخر الحوض E_{pan} لنفس الفترة.

حساب التبخر – نتح للمحصول (ETc):

يحسب البخر- نتح للمحصول ETc في هذه الطريقة بضرب البخر- نتح المرجعي للمحصول ET_0 بمعامل المحصول Kc:

$$ETc = Kc\ ETo \qquad (6.1)$$

ET_c= بخر- نتح المحصول [مم/يوم]

K_c= معامل المحصول [بدون وحدات]

ET_0= بخر – نتح لمحصول مرجعي [مم/يوم]

إن معظم تأثيرات الظروف الجوية المختلفة قد دمجت ضمن البخر- نتح المرجعي ET_0 المقدر. وبما أن ET_0 تمثل مؤشر المتطلبات الجوية، لذا فإن المعامل K_c يتباين كثيراً حسب خواص المحصول المعين وإلى حد ضئيل بالمناخ. وهذا يجعل بالإمكان نقل قيم K_c القياسية ما بين المواقع وما بين المناطق المناخية. وهذا أيضاً هو السبب المبدئي للقبول العالمي لطريقة معامل المحصول، وبسبب فائدة هذه الطريقة أجريت دراسات كثيرة لتطوير وإيجاد عوامل K_C لمعظم المحاصيل.

المعامل Kc يقدر ETc تحت الظروف القياسية. وهذا يمثل الحد الأعلى للبخر- نتح للمحصول والذي يمثل الظروف التي عندها لا توجد أي قيود مفروضة على نمو المحصول أو البخر- نتح بسبب عجز الماء،أو كثافة المحصول ، أو مرض ، أو أعشاب ضارة، أو حشرات أو ضغوط الأملاح. والبخر – نتح ETc المقدر باستخدام معامل المحصول Kc يتم تعديله للظروف غير القياسية عند الضرورة ET_C adj، خاصة في حالة وجود أي ظرف بيئي أو أي خاصية معروفة بتأثيرها أو تقييدها للبخر – نتح ET_C.

العوامل المحددة لمعامل المحصول

يعبر معامل المحصول عن تأثير الخواص التي تميز المحصول الحقلي النمطي عن العشب المرجعي الذي يكون مظهره ثابت ويغطي الأرض بالكامل. وعليه فإن المحاصيل المختلفة تكون لها معاملات Kc مختلفة. كما أن التغير المستمر في خواص المحصول طيلة فترة موسم النمو تؤثر أيضاً على

المعامل K_c. وأخيراً بما أن البخر هو جزء مكمل لبخر- نتح المحصول، فالظروف المؤثرة على بخر التربة أيضاً يكون لها تأثير على المعامل K_c.

نوع المحصول

بسبب الاختلاف في الالبيدو (الإشعاع المنعكس من سطح أوراق النبات) ، وارتفاع المحصول، وخواص الورقة والثغور فإن البخر- نتح من محصول كامل النمو ومروي جيداً يختلف عن البخر- نتح المرجعي ET_0.

فالمسافة البينية بين النباتات، والارتفاع العالي لمظلة النباتات، وخشونة العديد من المحاصيل الزراعية النامية بالكامل تجعل معاملات هذه المحاصيل K_c أكبر من 1، وغالباً ما يكن معامل المحصول Kc أكبر بمقدار 5-10% من المرجعي (K_c=1)، وقد يصل إلى أكبر من 15-20% لبعض المحاصيل الطويلة مثل الذرة، والذرة الرفيعة، أو قصب السكر.

وفي معظم الأصناف على كل حال تفتح المسامات كلما زاد السطوع. وبالإضافة إلى تجاوب المسامات للبيئة فإن موقع االمسامات وعددها ومقاومة سطح الأوراق لانتقال البخار تحدد فقدان الماء من المحصول. والأصناف التي تقع مساماتها فقط في الجانب الأسفل من الورقة أو إن مقاومة الورقة كبيرة تكون قيم معاملات هذه المحاصيل نسبياً أصغر. وهذه الحالة تنطبق على الحمضيات ومعظم الفواكه المتساقطة.

المناخ

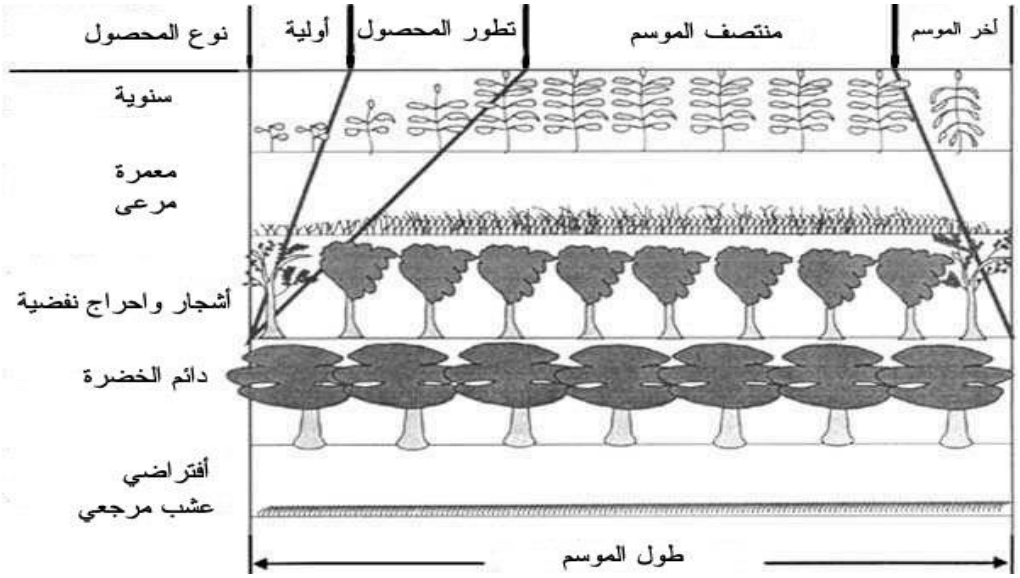
إن التغيرات في حالة الرياح تغير من مقاومة الحركة الهوائية للمحاصيل وبالتالي تؤثر على معاملات محاصيلها، خاصة تلك المحاصيل التي تكون أطول من العشب المرجعي الافتراضي. وتأثير الفرق في خواص الحركة الهوائية بين سطح العشب المرجعي والمحاصيل الزراعية ليست فقط خاصة محصول معين، بل إنها تتغير مع الظروف المناخية وطول المحصول. وبما أن خواص الحركة الهوائية للعديد من المحاصيل الزراعية تكون أكبر مقارنة بالعشب المرجعي، فإن النسبة بين ET_cإلى ET_0 (أي K_c) للعديد من المحاصيل تزداد كلما ازدادت سرعة الرياح وقلت الرطوبة النسبية. ففي المناطق المناخية الأكثر جفافاً والرياح أكثر سرعة تكون قيم K_c أعلى . أما في المناطق المناخية الأكثر رطوبة ورياحها أقل سرعة تكون قيم K_C أقل.

البخر من التربة

دمج تأثير تباين بخر التربة ونتح المحصول بين المحاصيل الحقلية والسطح المرجعي ضمن معامل واحد يدعى معامل المحصول Kc. بالنسبة للمحاصيل ذات الغطاء الكامل ويعكس هذا المعامل بشكل رئيس التباين في مقدار النتح فقط، لأن البخر من التربة يكون قليل نسبياً لهذا النوع من المحاصيل. يكون تأثير البخر بعد سقوط المطر أو إضافة مياه الري خاصة عندما يكون المحصول صغير ولا يغطي سطح الأرض بالكامل. تحت مثل هذه الظروف يمكن تقدير معامل المحصول Kc بشكل رئيسي بالأخذ بالاعتبار مدى تكرار بلل سطح التربة. فعندما يكون سطح التربة مبتلاً لمعظم الوقت نتيجة للري أو المطر، يكون مقدرا البخر من سطح التربة كبيراً والمعامل Kc قد يزيد عن واحد في مثل هذه الحالة.

مراحل نمو المحصول

كلما تطور نمو المحصول، تغير معه مقدار الغطاء الأرضي، وارتفاع المحصول، ومساحة أوراقه. وبسبب الاختلافات في البخر- نتح خلال مراحل النمو المختلفة فإن المعامل K_c لمحصول معين يتغير طيلة فترة النمو. كما يمكن تقسيم موسم النمو إلى أربع مراحل واضحة: المرحلة الأولية، مرحلة تطور المحصول، مرحلة منتصف الموسم، ومرحلة آخر الموسم/ والشكل رقم (3) يوضح التسلسل العام ونسب هذه المراحل لأنواع مختلفة من المحاصيل.



الشكل (3): مراحل نمو المحصول لأنواع مختلفة من المحاصيل

حساب التبخر-نتح Evapotranspiration في برنامج AquaCrop

يستخدم مفهوم معامل المحصول لحساب نتح المحصول (ET) بضرب التبخر-نتح المرجعي (ET_0) بعامل المحصول (Kc)، يتضمن تقدير ETo (القدرة التبخرية للغلاف الجوي) معظم تأثيرات الظروف الجوية المختلفة على التبخر-نتح، بينما يتضمن معامل المحصول الخصائص التي تميز المحصول المدروس عن العشب المرجعي المستخدم في حساب التبخر- نتح المرجعي.

يفصل AquaCrop بين نتح المحصول و تبخر التربة ويحسب كل منهما بشكل منفصل و يستخدم عاملان:

(1) معامل نتح المحاصيل (Kc_{Tr}) لحساب نتح المحصول،
(2) معامل تبخر مياه التربة (Ke) لحساب التبخر من سطح التربة.

يتم حساب نتح المحاصيل (Tr_x)من تربة ذات رطوبة جيدة بضرب قيمة التبخر-نتح المرجعي (ETo) بمعامل نتح المحصول (Kc_{Tr}).

.

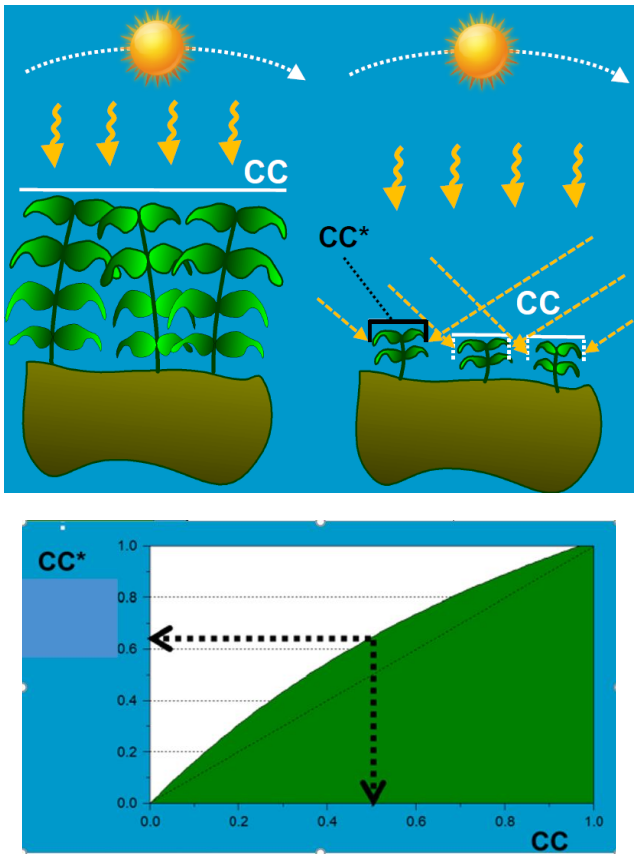
$$crop\ transpiration = Tr_x = Kc_{Tr}\ ETo \quad (7.1)$$

$$Soil\ evaporation = Ke\ ETo \quad (8.1)$$

يتناسب Kc_{Tr} مع الغطاء النباتي (CC) ويتناسب Ke مع التربة المكشوفة (1-CC)

يأخذ معامل نتح المحصول (Kc_{Tr}) في الاعتبار:

(1) الخصائص التي تميز المحصول المدروس عندما يبلغ الغطاء النباتي قيمته العظمى CC_x عن العشب المرجعي.
(2) نسبة تغطية الغطاء النباتي لسطح الحقل (CC).



الشكل (4): العلاقة بين نسبة الغطاء النباتي الفعلية (CC)ونسبة الغطاء النباتي المعدلة(CC*)

يتناسب معامل نتح المحصول (Kc_{Tr}) مع الغطاء النباتي (CC). و يتم زيادة نسبة تغطية الغطاء النباتي الفعلية CC إلى نسبة تغطية الغطاء النباتي المعدلة CC^* عند تقدير نتح المحصول ، عندما يكون الغطاء النباتي غير مكتمل ، تتاح طاقة إضافية لنتح المحصول (TR) تجعل تناسب نتح المحصول Tr مع الغطاء النباتي CC أكثر من خطي كما هو مبين في الشكل. عندما تكون نسبة تغطية الغطاء النباتي CC مساوية 50% ، فإن CC^* تبلغ بالفعل 65٪. هذا يعني أنه بسبب الغطاء غير المكتمل ، يمكن للمحصول أن يحصل على طاقة أكثر بنسبة 30 ٪ مقارنة بما يحصل عليه من سطح الغطاء النباتي العلوي فقط.

$$KC_{Tr} = Kc_{Tr,x}\ CC^* \quad (9.1)$$

$$Tr_x = Kc_{Tr,x}\ CC^*\ ETo \quad (10.1)$$

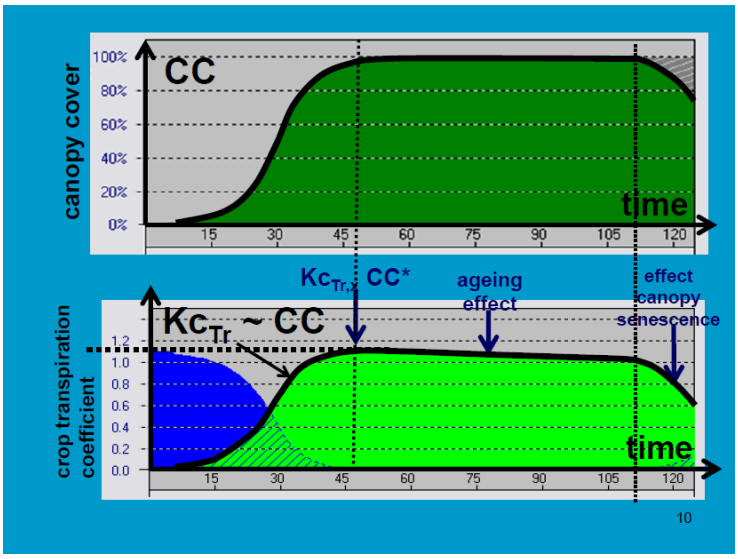
حيث :

$Kc_{Tr,\ x}$ معامل النتح الأقصى للمحصول عند اكتمال الغطاء النباتي (CC = 1)

تختلف قيمة $Kc_{Tr,X}$ للمحاصيل عن 1 بسبب الاختلافات في انعكاس الأشعة ، وارتفاع المحصول ، والخصائص الديناميكية الهوائية ، وخصائص الأوراق والمسام عنها للعشب المرجعي بمقدار5-10 ٪ من قيمته للعشب المرجعي فقيمة $Kc_{Tr,X}$ تساوي 1.1 لمعظم المحاصيل مثل القطن و البطاطا و الرز وفول الصويا و الشوندر السكري و عباد الشمس و البندوره و القمح و الشعير . يكون $Kc_{Tr,X}$ أعلى بمقدار 15-20 ٪ لبعض المحاصيل الطويلة مثل قصب السكر.

لايبقى التناسب بين الغطاء النباتي (CC) ونتح المحصول ثابتا بل يتغير خلال دورة نمو المحصول. يتم محاكاة ذلك بتعديل قيمة عامل النتح الأعظمي للمحصول $Kc_{Tr,X}$ بمعاملات تعديل تأخذ بعين الاعتبار مايلي:

- تعديل $Kc_{Tr,X}$ لتأثير تقدم عمر النبات : وهو يأخذ بعين الاعتبار تقدم عمر الغطاء النباتي الكامل بعد بلوغه قيمته العظمى (CC_x) في ظروف مثالية (لايوجد إجهادات) و قبل بلوغه مرحلة الشيخوخة senescence , حيث يؤدي تقدم عمر الغطاء النباتي إلى انخفاض بسيط ومستمر لقدرة المحصول على النتح والتركيب الضوئي و يتم محاكاة ذلك من خلال تطبيق معامل تعديل يقلل من قيمة $Kc_{Tr,X}$ بنسبة بسيطة ثابتة (على سبيل المثال 0.3٪ يوميًا)، مما ينتج عنه معامل محصول معدل ؛
- تعديل $Kc_{Tr,X}$ لتأثير بدء مرحلة الشيخوخة: تتدنى قدرة المجموع الخضري للغطاء النباتي على النتح والتركيب الضوئي بشكل ملحوظ عند بدء الشيخوخة، يتم محاكاة ذلك بتطبيق معامل تعديل آخر على قيمة $Kc_{Tr,X}$ يتناقص من قيمة 1 عند بدء الشيخوخة ($CC=CC_x$) حتى قيمة 0 في نهاية مرحلة الشيخوخة (CC=0).



الشكل (5): العلاقة بين تطور الغطاء النباتي ومعامل نتح المحصول Kc_{Tr}

يبين الشكل تطور الغطاء النباتي خلال دورة النمو في الأعلى وتغير معامل نتح المحصول Kc_{Tr} في الأسفل، تصل قيمة Kc_{Tr} إلى القيمة العظمى $Kc_{Tr,x}$ (1.1) عند اكتمال الغطاء النباتي (CC=1)، بعد ذلك ينخفض Kc_{Tr} تدريجياً بشكل طفيف مع تقدم عمر الغطاء النباتي ، وينخفض بشكل ملحوظ وسريع عند بدء الشيخوخة عندما تقل الشيخوخة من الغطاء النباتي.

يحاكي AquaCrop خلال دورة النمو كمية المياه في منطقة الجذور عن طريق حساب الموازنة المائية بين المياه الواردة إلى منطقة الجذور(هطول الأمطار والري) و المياه الخارجة من منطقة الجذور (الجريان السطحي ، ET ، التسرب العميق). يحدد استهلاك المياه في منطقة الجذور الإجهاد المائي كون الغطاء النباتي المحاكى (CC) أقل من الغطاء النباتي المحتمل (CCpot) في حالة عدم الإجهاد. يتناسب معامل نتح المحصول (Kc_{Tr}) مع الغطاء النباتي CC وبالتالي سيتم تعديله بشكل مستمر خلال المحاكاة بما يتناسب مع تأثير الإجهاد المائي في حال حدوثه.

يتم محاكاة تأثير الإجهاد المائي على نتح المحاصيل باستخدام معامل الإجهاد المائي (Ks). ويتم الحصول على قيمة النتح الفعلي للمحصول Tr بضرب قيمة ET_o (القدرة التبخرية للغلاف الجوي) بقيمة معامل نتح المحصول Kc_{Tr} (التابع لقيمة الغطاء النباتي CC) وقيمة Ks الذي يحدد مستوى الإجهاد المائي.

$$Tr = Ks \ Kc_{Tr} \ ETo \qquad (11.1)$$

الفصل الثالث - جدولة الري Irrigation scheduling

تؤثر جدولة الري على الجدوى الزراعية والاقتصادية للمزارع الصغيرة، وهي مهمة للتوفير في كميات مياه الري المستخدمة وتحسين إنتاجية المحاصيل. يتم تطبيق مياه الري على الزراعة وفقًا للجداول المحددة مسبقًا بناءً على مراقبة كلا مما يلي:

- رطوبة التربة.
- الاحتياجات المائية للمحاصيل.

يؤثر نوع التربة والظروف المناخية بشكل كبير على تحديد كمية مياه الري و مواعيد اضافتها لمحصول معين.

يجب أن تؤخذ بعين الاعتباربعض العوامل الهامة الأخرى أيضا مثل تحمل المحاصيل وحساسيتها لنقص المياه في مراحل النمو المختلفة والاستخدام الأمثل للمياه، بالإضافة إلى العوامل الأساسية المتعلقة بإعداد جداول الري الواردة أدناه. يبين الجدول 2 ملخصا للخصائص الفيزيائية للتربة.

الماء المتاح للنبات Plant Available Water (PAW)

تكون كمية رطوبة التربة ما بين قيمة السعة الحقلية و قيمة رطوبة التربة عند استهلاك كل الماء القابل للاستخلاص بواسطة النبات متاحة بشكل عام لاستخدام النبات ويطلق عليها تسمية الماء المتاح النبات Plant Available water (PAW). تستخدم العلاقة التالية لحساب PAW في مقطع تربة بعمق (D_{rz}):

$$PAW = Drz\left(\frac{fc-CEW}{100}\right) \qquad (1.2)$$

حيث:

PAW: الماء المتاح للنبات في منطقة الجذور.

D_{rz}: عمق منطقة الجذور (مم)، والذي يتحدد إما بالنبات أو من مقطع التربة. ويؤخذ إما عمق الجذور الفعال العادي أو عمق طبقة التربة الصماء المعيقة لاختراق الجذور أيهما أصغر. يمكن أن يكون عمق الجذور صغيرا خلال المراحل المبكرة من موسم النمو ويزداد مع نمو النبات. يعطي الجدول رقم (3) قيما تأشيرية لعمق الجذور الفعال الأعظمي لمحاصيل مختلفة.

F_c: السعة الحقلية (% نسبة مئوية من الحجم). يعطي الجدول رقم (2) قيما نموذجية للسعة الحقلية لأنواع مختلفة من قوام التربة. القيم الواردة في الجدول تقريبية ويفضل استخدام قيم مقاسة للسعة الحقلية للتربة المدروسة إذا وجدت.

CEW: Crop Extractable Water رطوبة التربة عند استهلاك كل الماء الذي يمكن للنبات استخلاصه (% نسبة مئوية من الحجم). يعطي الجدول رقم (2) قيما نموذجية ل CEW لأنواع مختلفة من الترب. يفضل استخدام قيم مقاسة للتربة المدروسة إذا وجدت.

جدول رقم (2) الخصائص الفيزيائية للتربة (قيم معدلات وسطية)

قوام التربة	Fc	CEW
	m^3/m^3	m^3/m^3
Sand	0.07-0.17	0.02-0.07
Loamy sand	0.11-0.19	0.03-0.10
Sandy loam	0.18-0.28	0.06-0.16
loam	0.20-0.30	0.07-0.17
Silt loam	0.22-0.36	0.09-0.21
Silt	0.28-0.36	0.12-0.22
Silt clay loam	0.30-0.37	0.17-0.24
Silty clay	0.30-0.42	0.17-0.29
Clay	0.32-0.40	0.20-0.24

جدول رقم (3): قيم إدارة الاستنزاف المسموح Management Allowable depletion (MAD) وعمق الجذور الأعظمي لبعض المحاصيل المهمة اقتصاديا (James et al 1982)

Crop	Management Allowable Depletion (MAD)	Maximum Root Depth Not Limited BY Soil Depth	
		(ft)	(cm)
Alfalfa	0.65	6	180
Bence, dry	0.5	3	90
Bence, green	0.5	3	90
Carrots	0.5	3	90
Clover	0.65	2	30
Corn, grain	0.65	4	120
Corn, sweet	0.65	4	120
Cotton	0.65	4	120
Cucumbers	0.5	4	120
Grapes	0.65	6	180
Onions, dry	0.5	2	60
Onions, green	0.5	2	60
Pasture/turf	0.65	2	60
Peaches	0.65	6	180
Peas	0.65	2	60
Pears and plumes	0.65	6	180
Pecans	0.65	6	180
Potatoes	0.3	2	60
Safflower	0.65	6	180
Sorghum, grain	0.65	3	90
Soybeans	0.65	3	90
Spinach	0.5	2	60
Sugar beets	0.65	3.5	105
Sunflowers	0.65	6	180
Tomatoes	0.5	6	180
Wheat, winter	0.65	3	90

يبقى النبات قادرا نظريا على استخلاص الماء حتى بلوغ رطوبة التربة قيمة CEW، ولكن في الواقع يتعرض النبات لإجهادات شديدة قبل بلوغ رطوبة التربة قيمة CEW، تسبب تدني إنتاجية المحصول ونوعية المنتج النهائي (الثمار أو الحبوب). لذلك يتم إجراء عملية الري قبل وصول رطوبة التربة إلى قيمة CEW، وهو ما يعرف برطوبة التربة الحرجه (Θ_c) لتربة ومحصول معينين. وتتم جدولة الري للحفاظ على رطوبة التربة أعلى دائما من قيمة (Θ_c).

تدعى كمية المياه في واحدة مساحة التربة والمحصورة بين السعة الحقلية fc ورطوبة التربة الحرجه Θ_c بالماء السهل الامتصاص (RAW). وهي كمية المياه التي تضاف في كل عملية ري وتحسب من العلاقة:

$$RAW = Drz\left(\frac{fc-\theta c}{100}\right) \qquad (2.2)$$

RAW: الماء السهل الامتصاص (الماء الميسر) في منطقة الجذور (مم).

Θ_c: رطوبة التربة الحرجه (% نسبة مئوية من الحجم) وتستخدم لتحديد أوقات ري المحاصيل وتجنيبها التعرض لأي إجهاد مائي.

في الواقع العملي، نادرا ماتستخدم Θ_c بشكل مباشر لتحديد أوقات الري، ويستخدم بدلا منها ما يدعى نسبة الاستنزاف المسموح management allowable depletion(MAD) لتحديد كمية المياه الواجب تطبيقها عند الري. تحسب قيمة MAD من العلاقة:

$$MAD = \frac{RAW}{PAW} \qquad (3.2)$$

وبذلك تكون MAD النسبة من الماء المتاح للنبات PAW التي يمكن استهلاكها قبل الري. تستخدم قيمة MAD مساوية 0.5 لمعظم المحاصيل.

تختلف قيمة MAD بين محصول وآخر ويمكن أن تختلف ضمن دورة النمو للمحصول الواحد. يعطي الجدول رقم 3 القيم الشائعة لMAD لمحاصيل مختلفة كما يعطي قيم عمق الجذور الفعال الأعظمي لبعض المحاصيل في الترب التي لاتعيق تعمق الجذور. لاتعبر القيم الواردة في الجدول رقم 3 لعمق الجذور الأعظمي عن عمق الجذور الفعلي للنبات في مراحل النمو المبكرة ولكن تعبر عن عمق الجذور الفعال الأعظمي الذي يمكن الوصول إليه عند اكتمال نمو النبات بدون أي عوائق

لنمو الجذور.

عند استخدام MAD لحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل، يمكن حساب RAW من العلاقة:

$$RAW = (MAD)(PAW) \quad (4.2)$$

$$RAW = (MAD)(Drz)\frac{(fc-CEW)}{100} \quad (5.2)$$

تعتبر قيم MAD ثابتة عادة، ولكنها يمكن أن تختلف من موقع لآخر أو عبر الزمن تبعا لتغير التربة والمحاصيل المزروعة والظروف الاقتصادية.

يمكن أن تستخدم قيم منخفضة ل MAD (والتي تكافئ قيما مرتفعة لرطوبة التربة االحرجه Θ_c) للمحاصيل المرتفعة العائدية التي قد يسبب الإجهاد المائي تدني كمية ونوعية إنتاجيتها وينقص بشكل ملحوظ عائديتها الاقتصادية.

تكون محاصيل البستنة horticulture crop بشكل عام حساسة للإجهاد المائي ويجب أن لا تتجاوز قيم MAD (0.4)، بينما تكون محاصيل الحبوب أقل حساسية للإجهاد المائي ويمكن أن تتجاوز قيمة MAD (0.6). تعاني البطاطا من تدن سريع لنوعيتها عندما تتجاوز رطوبة التربة المستهلكة 30%،لذلك تستخدم قيمة MAD (0.3) لمحصول البطاطا.

القيم النموذجية ل MAD هي: 0.3 للمحاصيل المرتفعة العائدية الاقتصادية ذات الجذور السطحية، 0.5 للمحاصيل المعتدلة العائدية ذات الجذور المتوسطة العمق و0.65 للمحاصيل المنخفضة العائدية ذات الجذور العميقة.

الفترة الأعظميه بين الريات Irrigation Interval or Frequency

هو عدد الأيام االاقصى بين ريتين متتاليتين (I_{max})، ويحسب من العلاقة:

$$I_{max} = \frac{RAW}{ETc} \quad (6.2)$$

حيث:

RAW: الماء سهل الامتصاص بالملم

ETc: النتح - تبخر الفعلي اليومي بالمم/ اليوم.

الفترة الفعليه بين الريات (I) تكون اقل او تساوي I_{max}

عمق الجذور الفعال Effective Root Depth

هو عمق التربة الذي تأخذ منه النباتات ما يقارب 80% من احتياجاتها المائية ، معظمها من الجزء العلوي حيث يكون نظام الجذور أكثر كثافة. تعتمد أعماق التجذر على فسيولوجيا النبات، نوع التربة ومدى توافر المياه (نوع الري). أوردت منظمة الأغذية والزراعة FAO أرقاماإرشادية لعمق التجذر في منشورها FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24 في الجدول رقم 39.

بشكل عام ، تكون محاصيل الخضروات (الفول ، الطماطم ، البطاطا ، البصل ، الفول السوداني ، الخيار ، إلخ) ذات جذور ضحلة حوالي 60-50 سم ؛ أشجار الفاكهة والقطن وبعض النباتات الأخرى لها أعماق جذر متوسطة 120-80 سم أما البرسيم والذرة الرفيعة (السرغوم) والذرة فتكون جذورها أعمق من ذلك (الجدول 4). كما تختلف أعماق الجذور حسب مرحلة النمو.

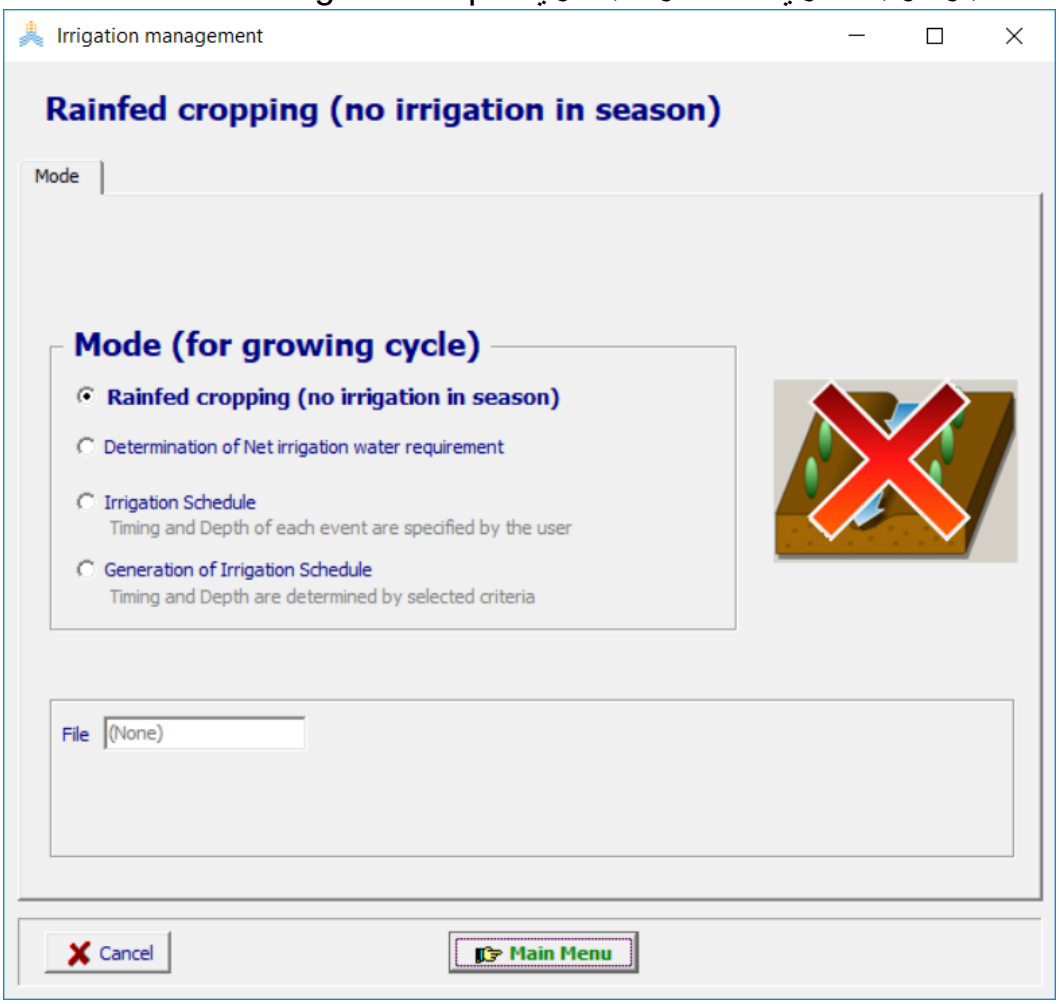
جدول رقم (4) امثلة من عمق الجذور الفعال لبعص النباتات

النبات	عمق الجذور الفعال (متر)	النبات	عمق الجذور الفعال (متر)
فصه	1.8-1.2	خس	0.5-0.2
لوز	1.2-0.6	زيتون	1.5-0.9
تفاح	1.2-0.8	بصل	0.6-0.3
مشمش	1.4-0.6	بازلاء	0.8-0.4
موز	0.6-0.3	جوز	0.8-0.8
شعير	1.1-0.9	نجاص	1.2-0.6
فاصولياء	1.2-0.6	فليفلة	0.9-0.6
كرز	1.2-0.8	بطاطا	0.9-0.6
حمضيات	1.5-0.9	فجل	0.3
ذرة	0.6-0.4	ذرة بيضاء	1.2-0.9
قطن	1.8-0.6	فول سوداني	0.9-0.6
خيار	0.6-0.4	سبانخ	0.6-0.4
باذنجان	0.8	كوسا	0.9-0.6
تين	0.9	فريز	0.5-0.3
عنب	1.2-0.5	قصب السكر	1.1-0.5
تبغ	1.2-0.6	بندورة	1.2-0.6
قمح	1.1-0.8	بطيخ	0.9-0.6

إدارة الري Irrigation management في برنامج AquaCrop.

يتيح برنامج AquaCrop أربعة خيارات متاحة في واجهة إدارة الري Irrigation management:

1- حالة المحاصيل المطريه rainfed cropping (لا يوجد ري في الموسم) وهو الإعداد الافتراضي.
2- حالة تحديد احتياج الري الصافي Determination of Net irrigation water requirement
3- حالة ادخال جدول ري Irrigation Schedule محدد مسبقا.
4- حالة إعداد جدول ري Generation of Irrigation Schedule عن طريق تحديد معيار لتوقيت الري time ولكمية الري irrigation depth .



حالة الري المطري (rainfed irrigation):

الزراعة البعلية أو الزراعة المطرية (Rainfed cropping) هي الزراعة التي تعتمد على مياه الأمطار بشكل أساسي، وذلك لتزويد المحاصيل باحتياجاتها المائية، بعكس الزراعة المروية التي تعتمد على المياه الجوفية، أو مياه الأنهار والمسطحات المائية لري المزروعات.

ينتشر هذ النوع من الزّراعة في منطقة البحر الأبيض المتوسط، حيث تعتمد هذه المنطقة على مياه الأمطار في ري المحاصيل في فصل الشتاء. بينما تعتمد على ري المزروعات في فصل الصيف، وذلك من خلال المياه السطحية والجوفية. و تعتبر محاصيل القمح والشعير والذرة و الدخن من أشهر المحاصيل التي تستخدم بها الزراعة المطرية.

يكون الخيار الافتراضي في برنامج AquaCrop لإدارة الري هو زراعة بعلية (مطرية) Rainfed cropping ولا يحتاج المستخدم عند انشاء مشروع لمحاكاة انتاجية محصول بعلي إلى إنشاء ملف إدارة ري بل يترك الخيارالافتراضي لإدارة الري.

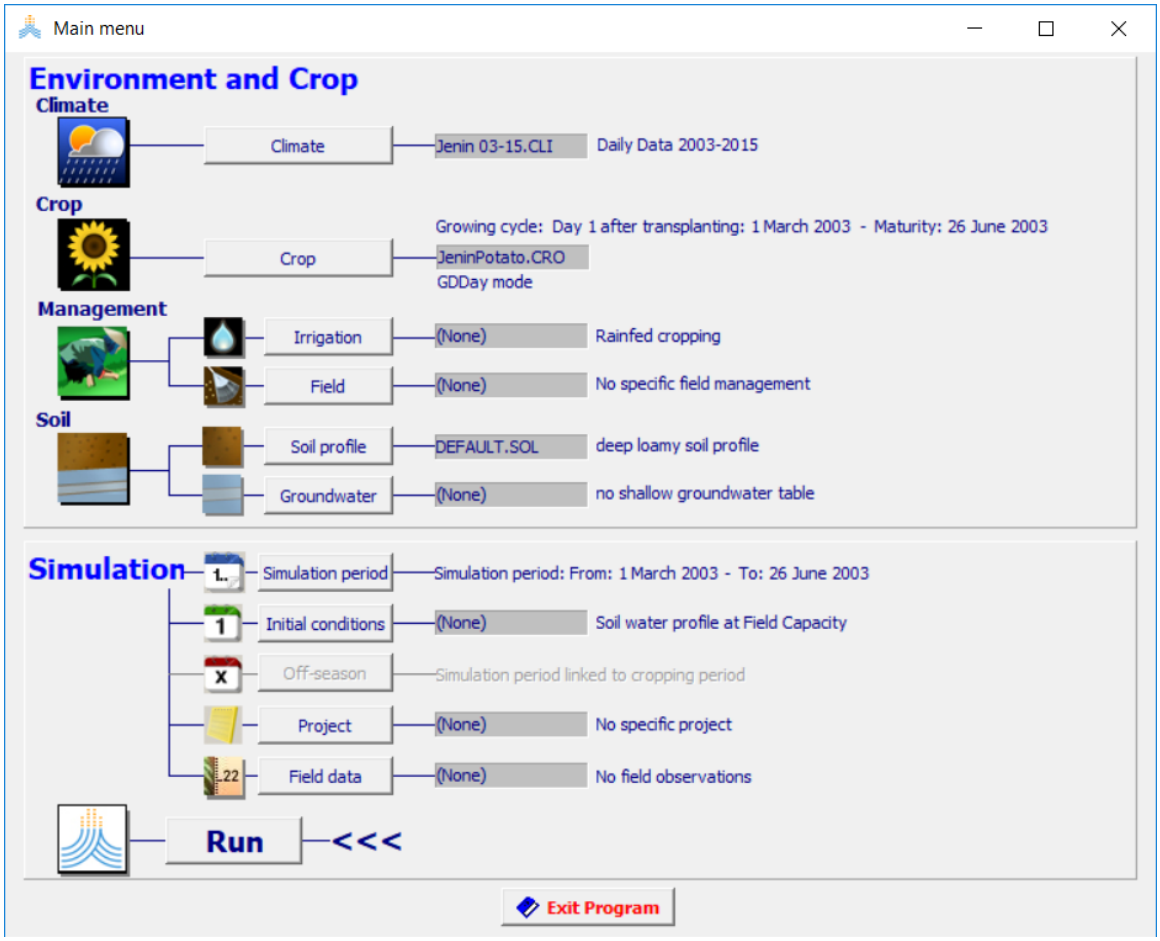
حالة استخدام البرنامج لتحديد احتياج الري الصافي (Determination of net irrigation water requirement)

المقصود بتحديد احتياج الري الصافي هو حساب كمية المياه اللازمة لتعويض رطوبة التربة المفقودة بالتبخر من سطح التربة والنتح من الغطاء النباتي بحيث لا تنخفض رطوبة التربة في أي يوم من أيام موسم النمو عن عن حد معين يتم تحديده.

يمكن حساب احتياج الري الصافي لأي محصول في برنامج AquaCrop بإنشاء مشروع لمحاكاة دورة نمو المحصول يكون نمط جدول الري فيه مختارا لتحديد احتياج الري الصافي (Determination of net irrigation water requirement) باتباع الخطوات التالية:

1- اختيار ملف المناخ للمحصول المراد محاكاة دورة نموه.
2- اختيار ملف المحصول.

تظهر أسماء ملفي المناخ والمحصول المختارين في الواجهة الرئيسية Main menu لبرنامج AquaCrop كما هو مبين في المثال التالي لحساب احتياج الري الصافي لمحصول البطاطا في جنين – فلسطين

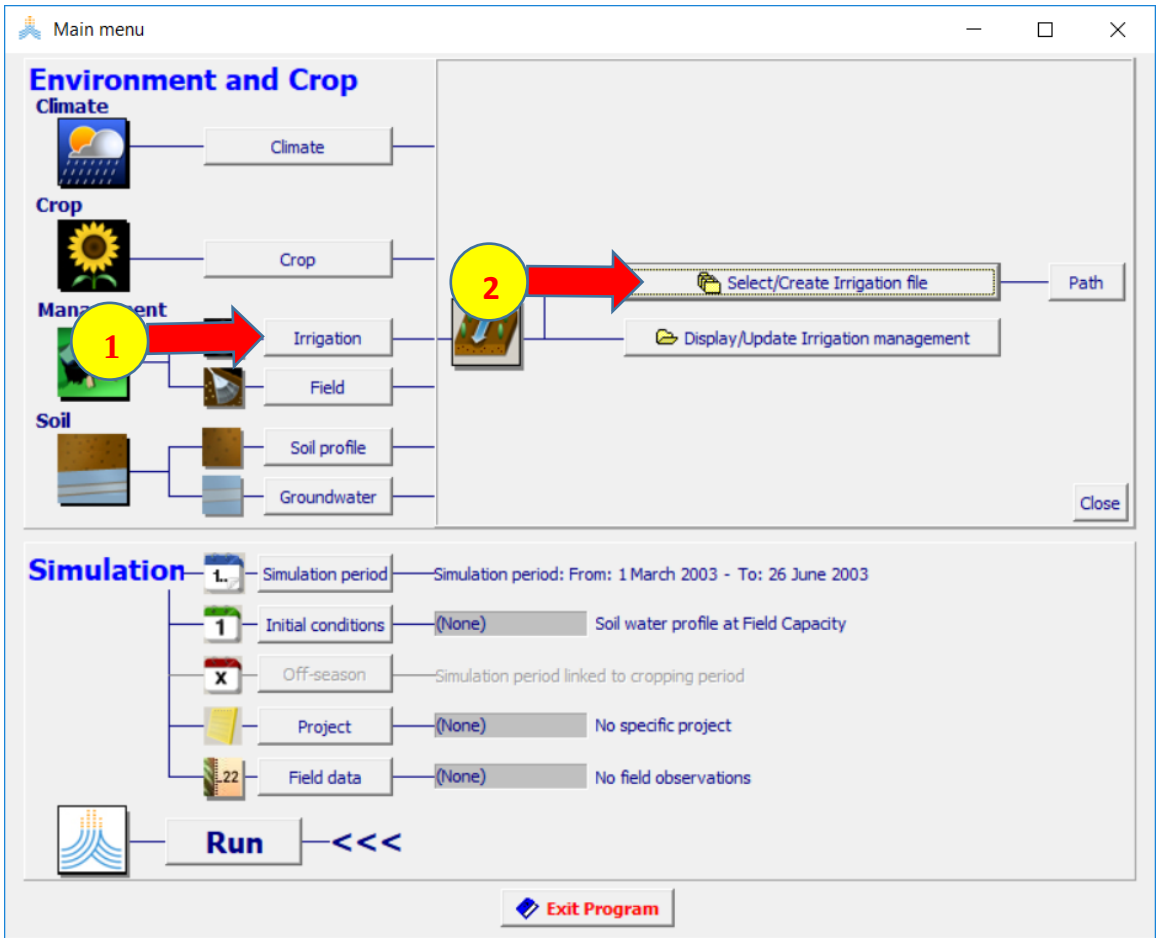


بعد اختيار الملفين السابقين يتم إنشاء ملف الري :

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation.

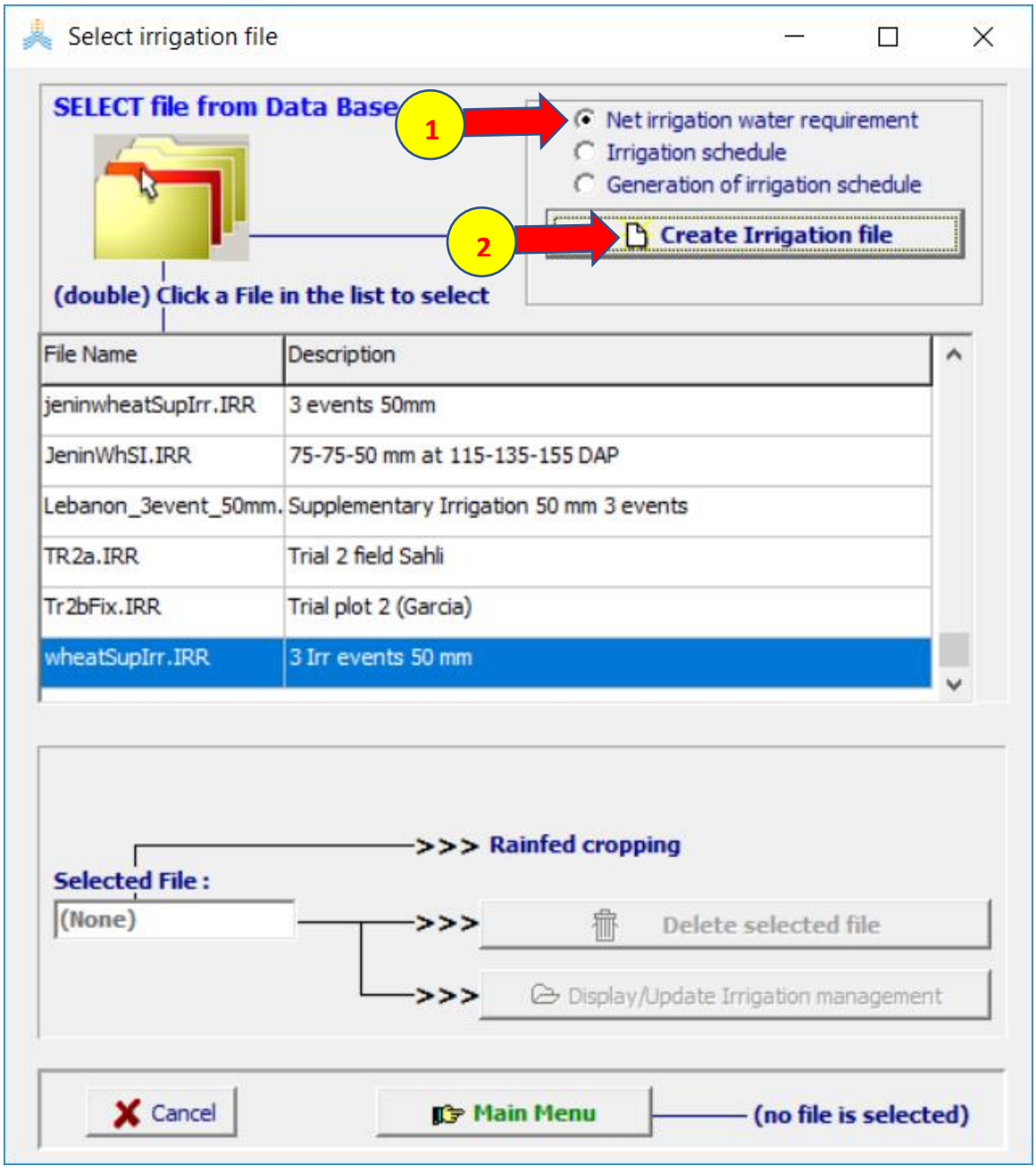
2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



في الواجهة Select irrigation file:

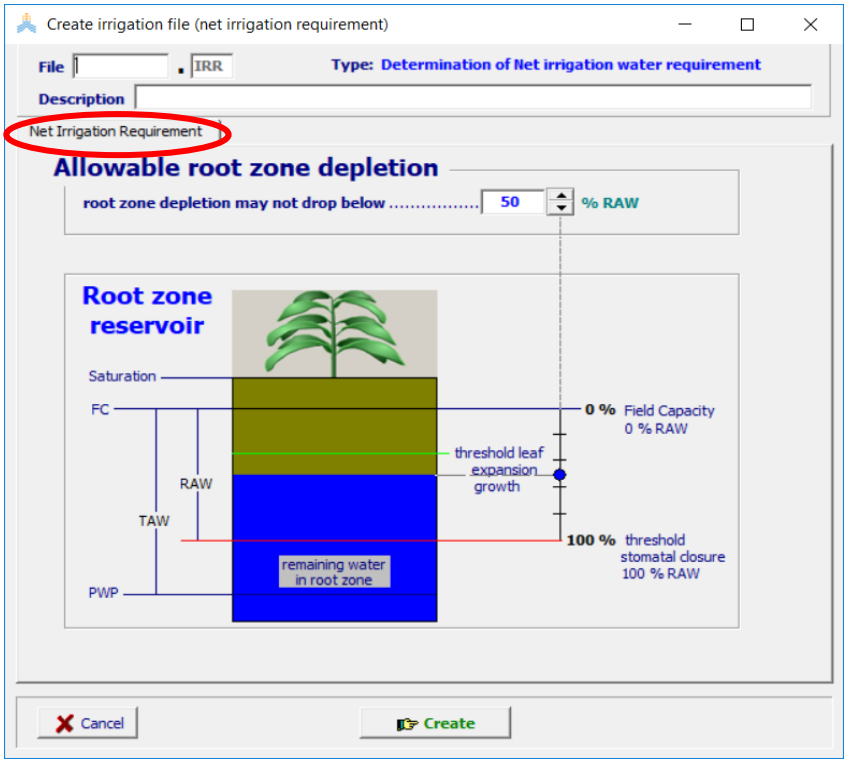
1- اختر Net irrigation water requirement.

2- اختر الأمر Create Irrigation file.



تظهر الواجهة Create irrigation file (net irrigation requirement) التي تتضمن اسم الملف File و توصيفه Description والواجهة Net Irrigation Requirement:

في الواجهة Net Irrigation Requirement يعرض برنامج AquaCrop مقطع التربة مبينا عليه السعة الحقلية FC، وحد الذبول PWP، والماء الكلي المتاح TAW (إحدى الخصائص الفيزيائية للتربة المتعلقة بقوام التربة) وهو الفرق بين السعة الحقلية وحد الذبول، والماء السهل الامتصاص RAW وهو نسبة من الماء الكلي المتاح تتعلق بنوع المحصول المزروع في هذه التربة. كما يبين عتبتي بداية إجهاد توقف توسع الغطاء النباتي Threshold Leaf expansion growth (الخط الأخضر) وبداية إغلاق المسامات Threshold stomatal closure (الخط الأحمر) والموافقتين لاستهلاك 33% و100% من الماء السهل الامتصاص على التوالي لمحصول البطاطا (تتغير قيمة العتبات تبعا لنوع المحصول المزروع في التربة). إذا أردنا تحديد احتياج الري الصافي بدون أن يتعرض محصول البطاطا لأي إجهاد يجب تحديد قيمة الاستهلاك المسموح من الماء المتاح (root zone depletion may not drop below) بقيمة أقل من 33%.

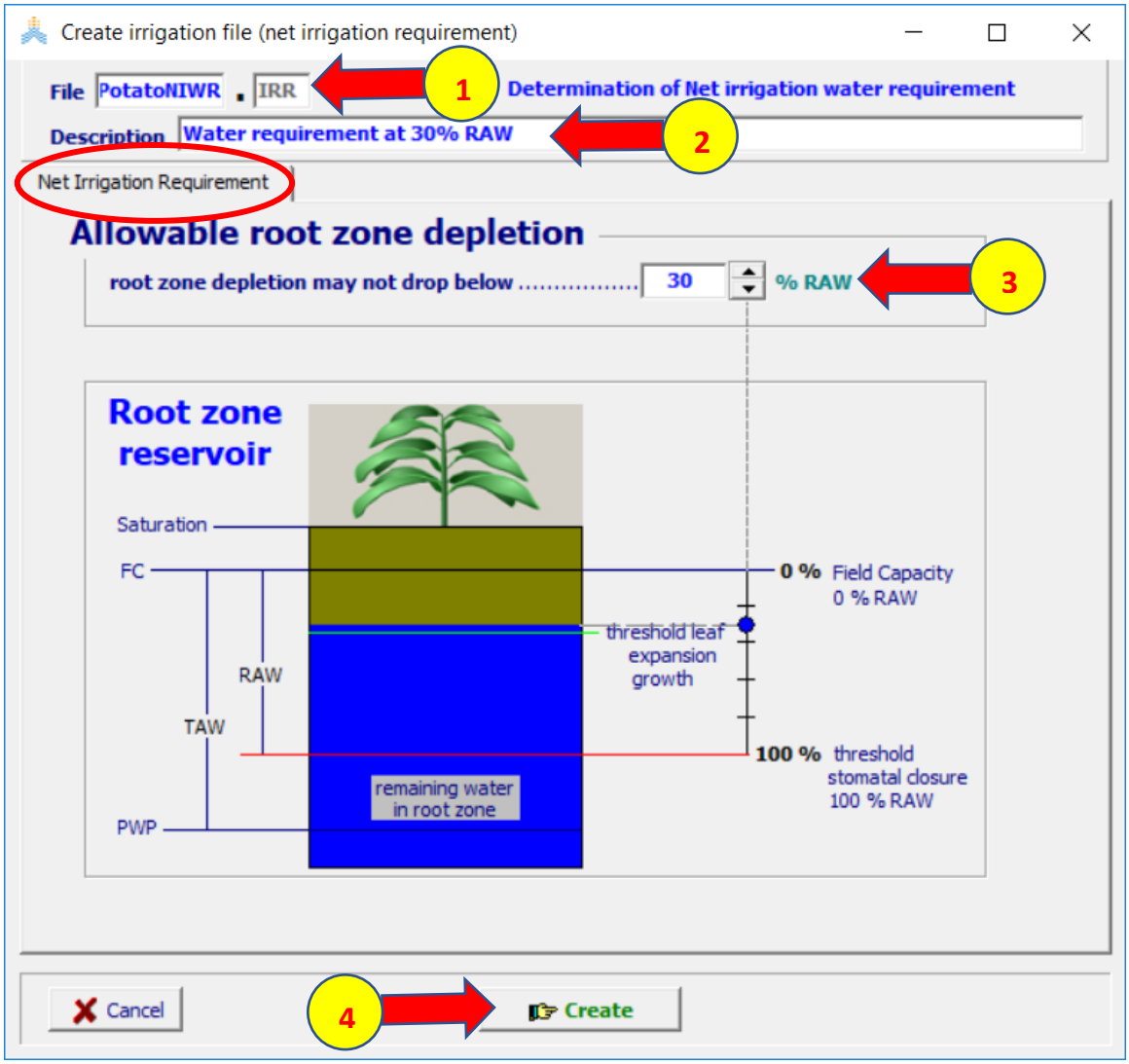


1- حدد اسم الملف potatoNIWR.

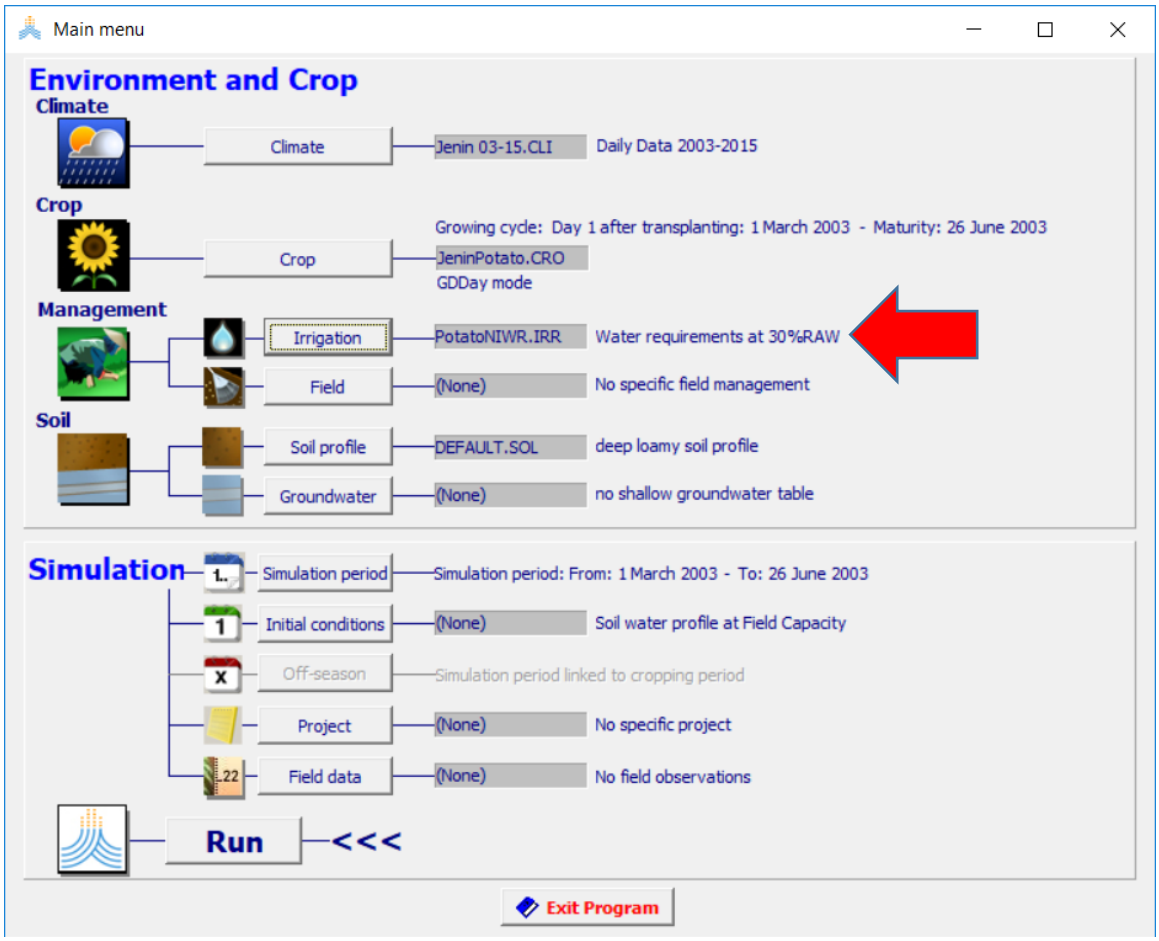
2- حدد Description كما في الشكل.

3- حدد قيمة root zone depletion may not drop below (30)،

4- اختر الأمر Create.



يعود البرنامج إلى الواجهة Main menu ويظهر اسم ملف الري(potatoNIWR) الذي تم إنشاؤه.

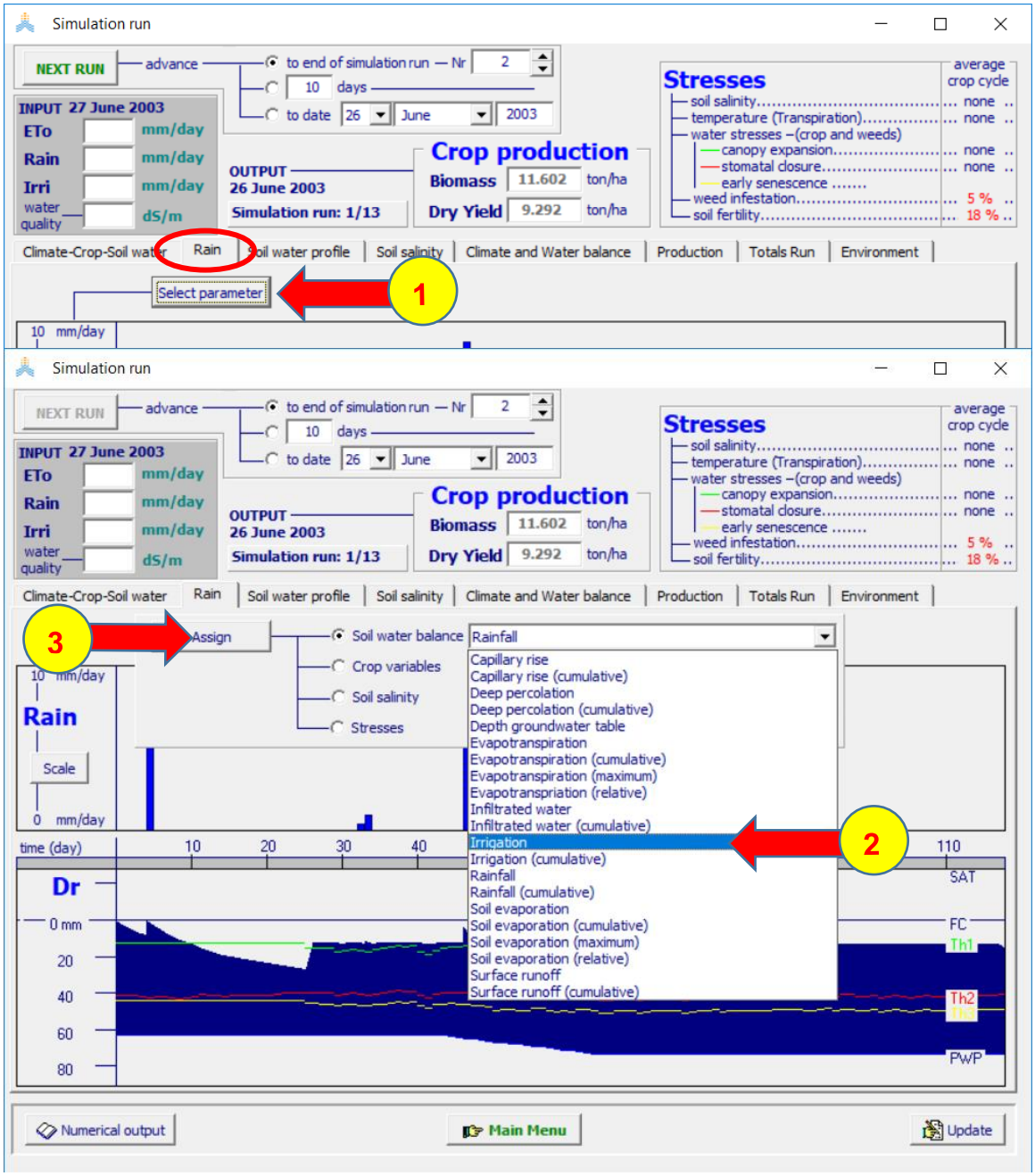


بعد استكمال اختيار الملفات المطلوبة و إنشاء المشروع وحفظه باسم JeninPotatoNIWR.PRM وتشغيله وحفظ النتائج يمكن استعراض عمليات الري ومقدار المياه المطلوبة في كل عملية ري خلال الموسم تخطيطيا باتباع الخطوات التالية في الواجهة Simulation run:

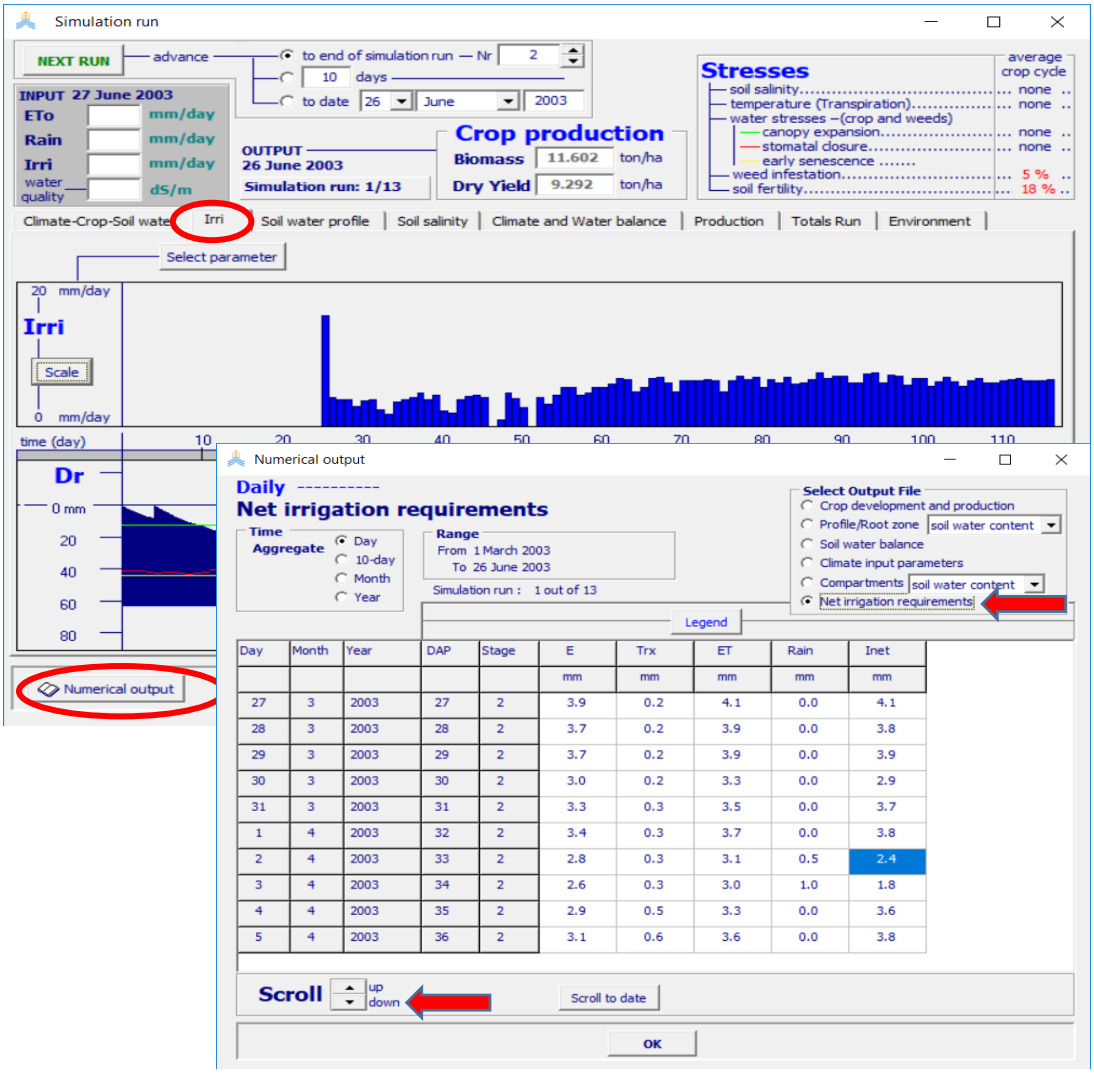
1- اختر الواجهة Rain ثم اختر الأمرSelect parameter.

2- اختر من القائمة المنسدلة Irrigation.

3- اختر الأمر Assign.

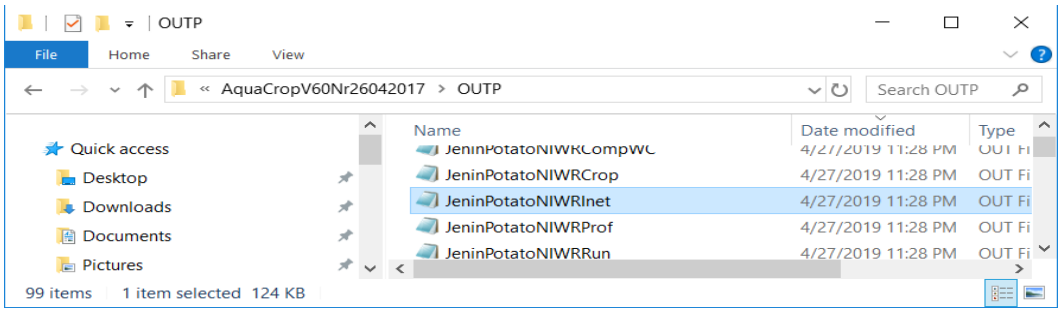

Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 2
10 days
to date 26 June 2003
INPUT 27 June 2003
ETo mm/day
Rain mm/day
Irri mm/day
water quality dS/m
OUTPUT
26 June 2003
Simulation run: 1/13
Crop production
Biomass 11.602 ton/ha
Dry Yield 9.292 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity ... none
temperature (Transpiration) ... none
water stresses –(crop and weeds)
canopy expansion ... none
stomatal closure ... none
early senescence .....
weed infestation ... 5 %
soil fertility ... 18 %
Climate-Crop-Soil water
Rain
Soil water profile
Soil salinity
Climate and Water balance
Production
Totals Run
Environment
Select parameter
1
10 mm/day
Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 2
10 days
to date 26 June 2003
INPUT 27 June 2003
ETo mm/day
Rain mm/day
Irri mm/day
water quality dS/m
OUTPUT
26 June 2003
Simulation run: 1/13
Crop production
Biomass 11.602 ton/ha
Dry Yield 9.292 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity ... none
temperature (Transpiration) ... none
water stresses –(crop and weeds)
canopy expansion ... none
stomatal closure ... none
early senescence .....
weed infestation ... 5 %
soil fertility ... 18 %
Climate-Crop-Soil water
Rain
Soil water profile
Soil salinity
Climate and Water balance
Production
Totals Run
Environment
3
Assign
Soil water balance
Crop variables
Soil salinity
Stresses
Rainfall
Capillary rise
Capillary rise (cumulative)
Deep percolation
Deep percolation (cumulative)
Depth groundwater table
Evapotranspiration
Evapotranspiration (cumulative)
Evapotranspiration (maximum)
Evapotranspriation (relative)
Infiltrated water
Infiltrated water (cumulative)
Irrigation
Irrigation (cumulative)
Rainfall
Rainfall (cumulative)
Soil evaporation
Soil evaporation (cumulative)
Soil evaporation (maximum)
Soil evaporation (relative)
Surface runoff
Surface runoff (cumulative)
2
10 mm/day
Rain
Scale
0 mm/day
time (day)
10
20
30
40
110
Dr
0 mm
20
40
60
80
SAT
FC
Th1
Th2
Th3
PWP
Numerical output
Main Menu
Update

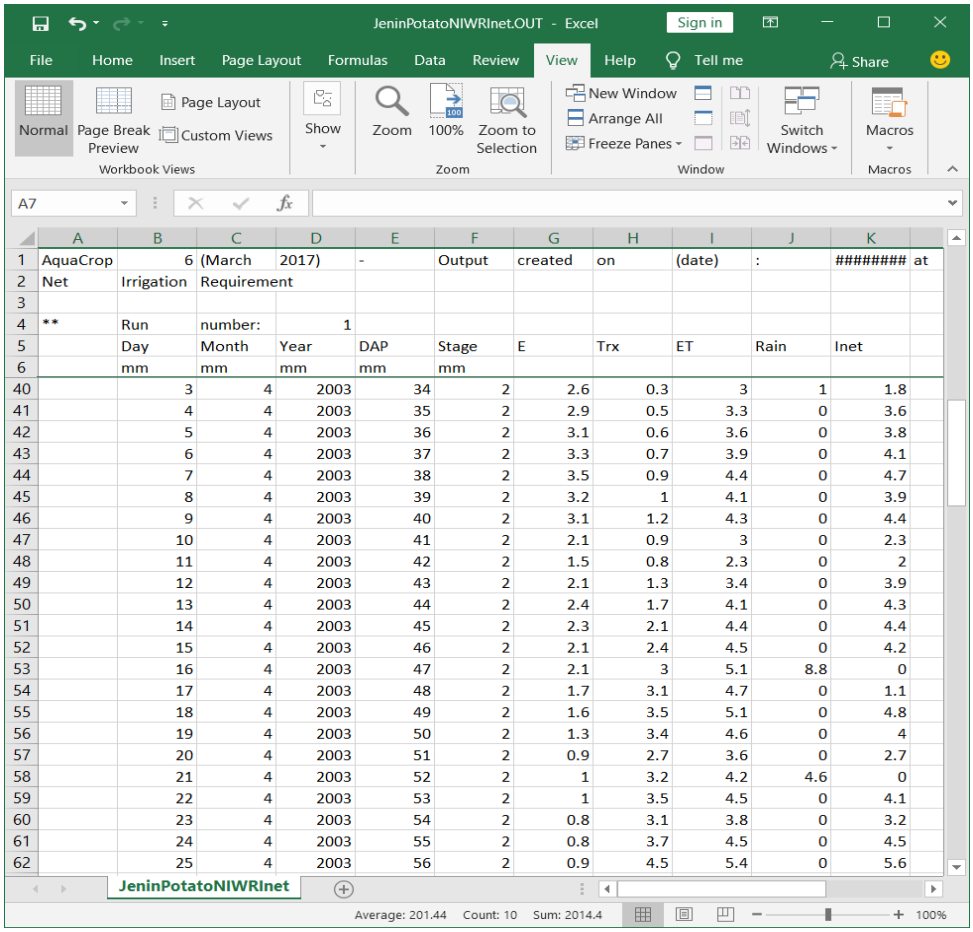
تظهر عمليات الري ومقاديرها تخطيطيا في الواجهة Irri. كما يعطي AquaCrop جدول احتياج الري الصافي الذي قام بإعداده ويمكن استعراضه باختيار الأمر Numerical output في أسفل لوحة المحاكاة واختيار الخيار Net irrigation requirements في الواجهة Numerical output ثم استعمال الأمر Scroll باستخدام سهم down لاستعراض الجدول.



يلاحظ من الجدول السابق أن قيمة Inet المحسوبة في كل يوم تكون قريبة من أو مساوية لقيمة ET(مجموع E التبخر من سطح التربة وTrx النتح من الغطاء النباتي) وذلك تبعا للهطول المطري ومقدار زيادة أو نقصان الرطوبة المتبقية في منطقة الجذور عن النسبة التي تم تحديدها للاستهلاك المسموح من الماء السهل الامتصاص في منطقة الجذور في ذلك اليوم.

الجدول السابق في واجهة Numerical output يمكن استعراضه ولكن لايمكن تصديره ويمكن الحصول على مقدار احتياج الري الصافي لكل يوم في كل موسم من مواسم المحاكاة من الملف JeninPotatoNIWRInet.OUT المحفوظ في المكتبة الفرعية OUTP في مجلد AquaCropV60Nr26042017





	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	AquaCrop	6	(March	2017)	-	Output	created	on	(date)	:	########	at
2	Net	Irrigation	Requirement									
3												
4	**	Run	number:	1								
5		Day	Month	Year	DAP	Stage	E	Trx	ET	Rain	Inet	
6		mm	mm	mm	mm	mm						
40		3	4	2003	34	2	2.6	0.3	3	1	1.8	
41		4	4	2003	35	2	2.9	0.5	3.3	0	3.6	
42		5	4	2003	36	2	3.1	0.6	3.6	0	3.8	
43		6	4	2003	37	2	3.3	0.7	3.9	0	4.1	
44		7	4	2003	38	2	3.5	0.9	4.4	0	4.7	
45		8	4	2003	39	2	3.2	1	4.1	0	3.9	
46		9	4	2003	40	2	3.1	1.2	4.3	0	4.4	
47		10	4	2003	41	2	2.1	0.9	3	0	2.3	
48		11	4	2003	42	2	1.5	0.8	2.3	0	2	
49		12	4	2003	43	2	2.1	1.3	3.4	0	3.9	
50		13	4	2003	44	2	2.4	1.7	4.1	0	4.3	
51		14	4	2003	45	2	2.3	2.1	4.4	0	4.4	
52		15	4	2003	46	2	2.1	2.4	4.5	0	4.2	
53		16	4	2003	47	2	2.1	3	5.1	8.8	0	
54		17	4	2003	48	2	1.7	3.1	4.7	0	1.1	
55		18	4	2003	49	2	1.6	3.5	5.1	0	4.8	
56		19	4	2003	50	2	1.3	3.4	4.6	0	4	
57		20	4	2003	51	2	0.9	2.7	3.6	0	2.7	
58		21	4	2003	52	2	1	3.2	4.2	4.6	0	
59		22	4	2003	53	2	1	3.5	4.5	0	4.1	
60		23	4	2003	54	2	0.8	3.1	3.8	0	3.2	
61		24	4	2003	55	2	0.8	3.7	4.5	0	4.5	
62		25	4	2003	56	2	0.9	4.5	5.4	0	5.6	

حالة ادخال جدول ري Irrigation Schedule محدد مسبقا

تستخدم جدولة الري لتقييم جدول ري محدد مسبقا أو مطبق في الحقل ومدى توافقه مع مراحل نمو المحصول وما قد يسببه للمحصول من تعرض للإجهاد المائي في مراحل النمو الحساسة يمكن أن يسبب تدني إنتاجية المحصول.

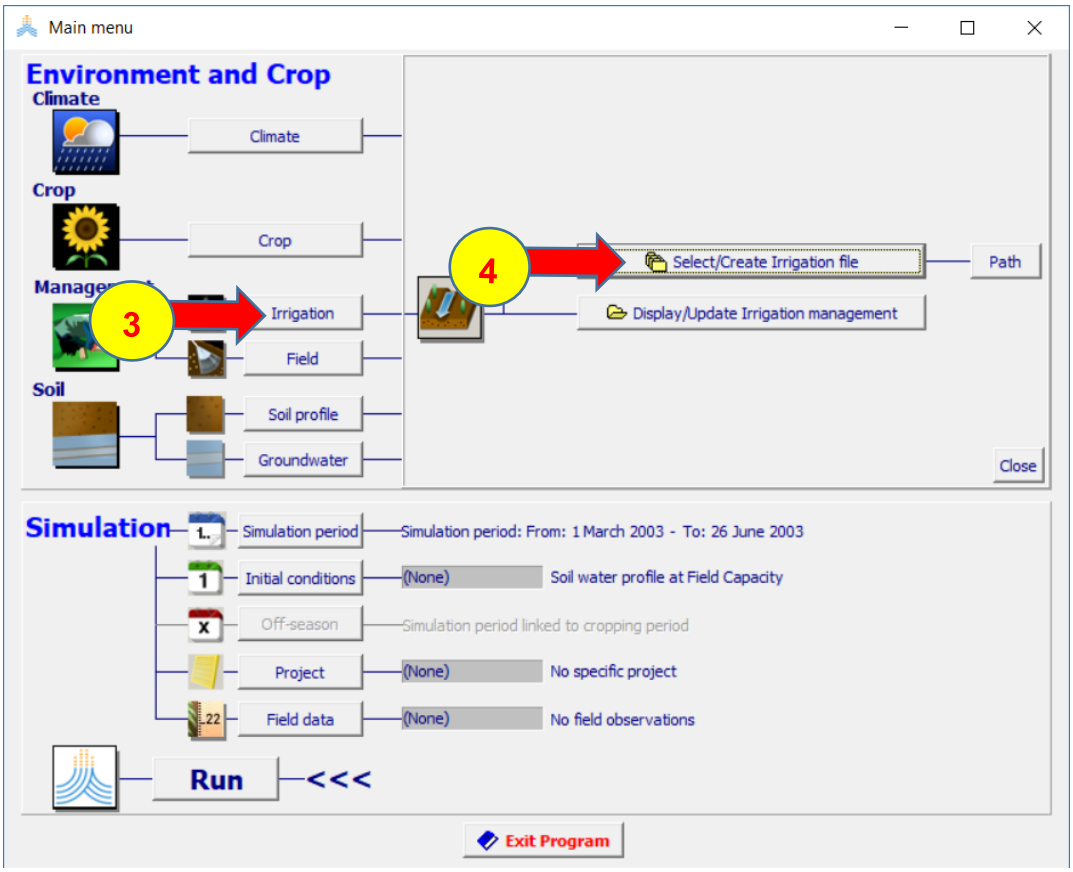
بتم ادخال جدول الري Irrigation Schedule محدد مسبقا كما في المثال أدناه باتباع الخطوات التالية :

1- اختيار ملف المناخ للمحصول المراد محاكاة دورة نموه.

2- اختيار ملف المحصول.

3- في الواجهة Main menu اختيار الأمر Irrigation.

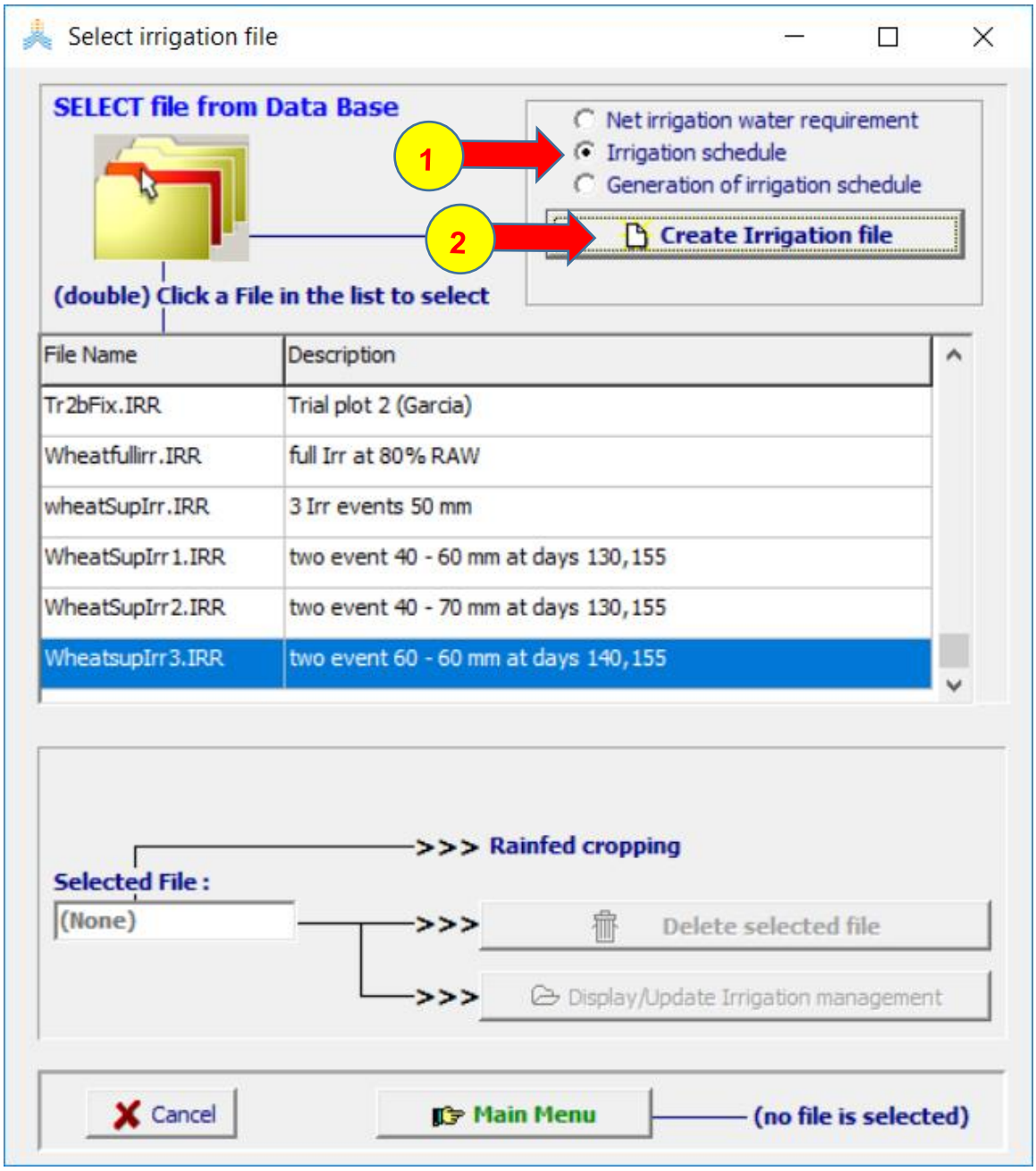
4- اختيار الأمر Select/Create Irrigation file.



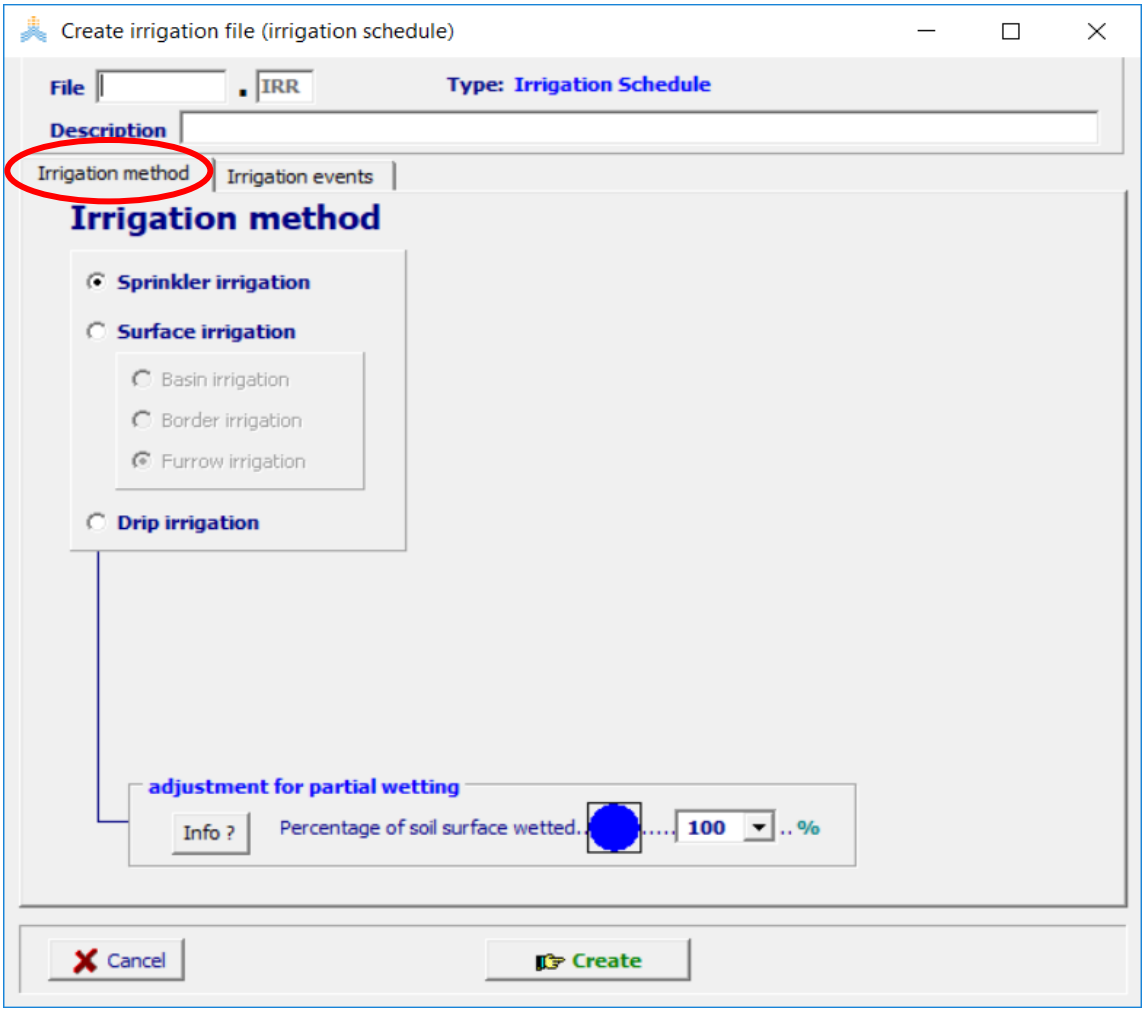
في الواجهة Select irrigation file:

1- اختيار الأمر Irrigation schedule.

2- اختيار الأمر Create Irrigation file.



تظهر الواجهة Create irrigation file (irrigation schedule) التي تحتوي اسم الملف File وتوصيفه Description وواجهتي طريقة الري Irrigation method وعمليات الري Irrigation events.



يحدد في الواجهة طريقة الري Irrigation method نمط الري المستخدم :

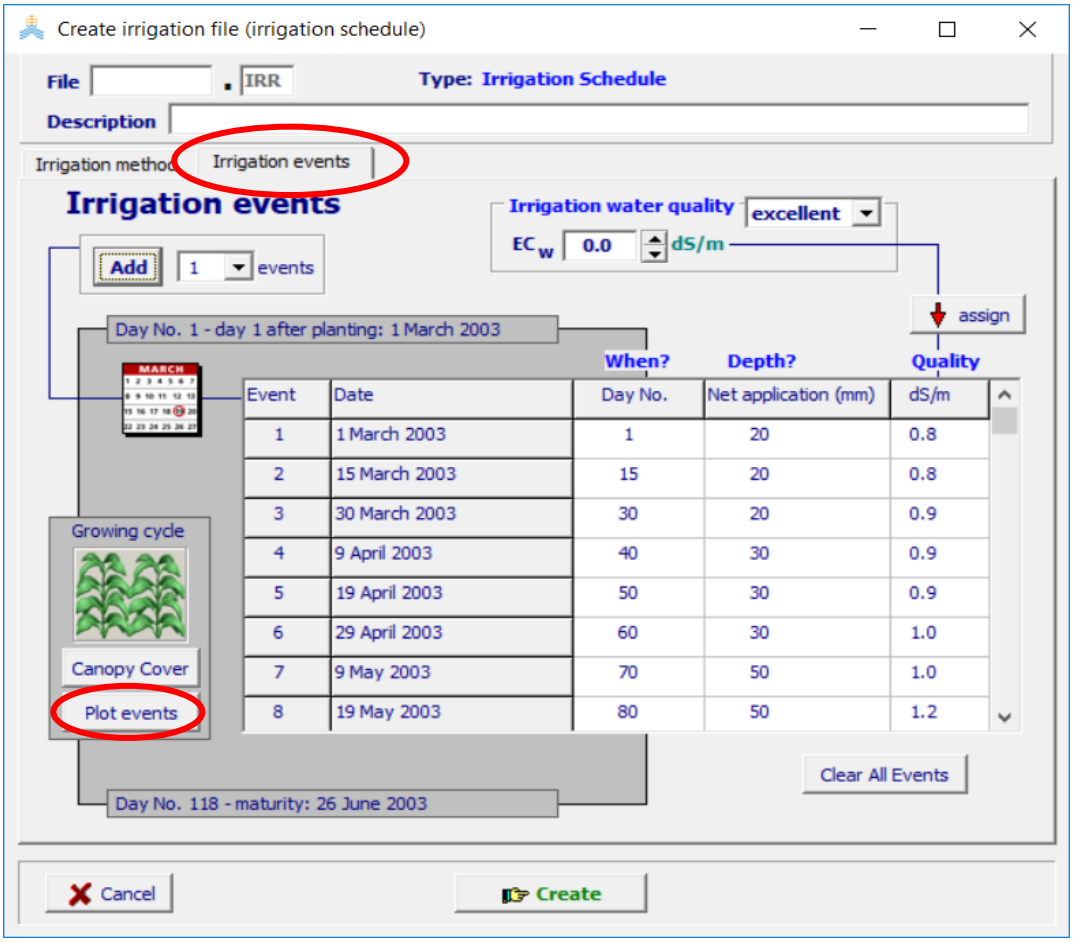
- ري بالرش Sprinkler Irrigation.
- ري سطحي Surface Irrigation ويقسم إلى:
  - ري بالأحواض Basin irrigation.
  - ري بالشرائح Border irrigation.
  - ري بالخطوط Furrow irrigation.
- ري بالتنقيط Drip irrigation.

تتغير نسبة سطح التربة المبلل Percentage of soil surface wetted تبعا لنمط الري المستخدم وتتغير معها كمية المياه التي تتبخر من التربة بعد كل عملية ري، يبيين الجدول التالي قيما تأشيرية للجزء المبلل من سطح التربة تبعا لنمط الري المستخدم ويمكن تغيير القيمة إذا توفرت معلومات أكثر تحديدا من المراقبات الحقلية.

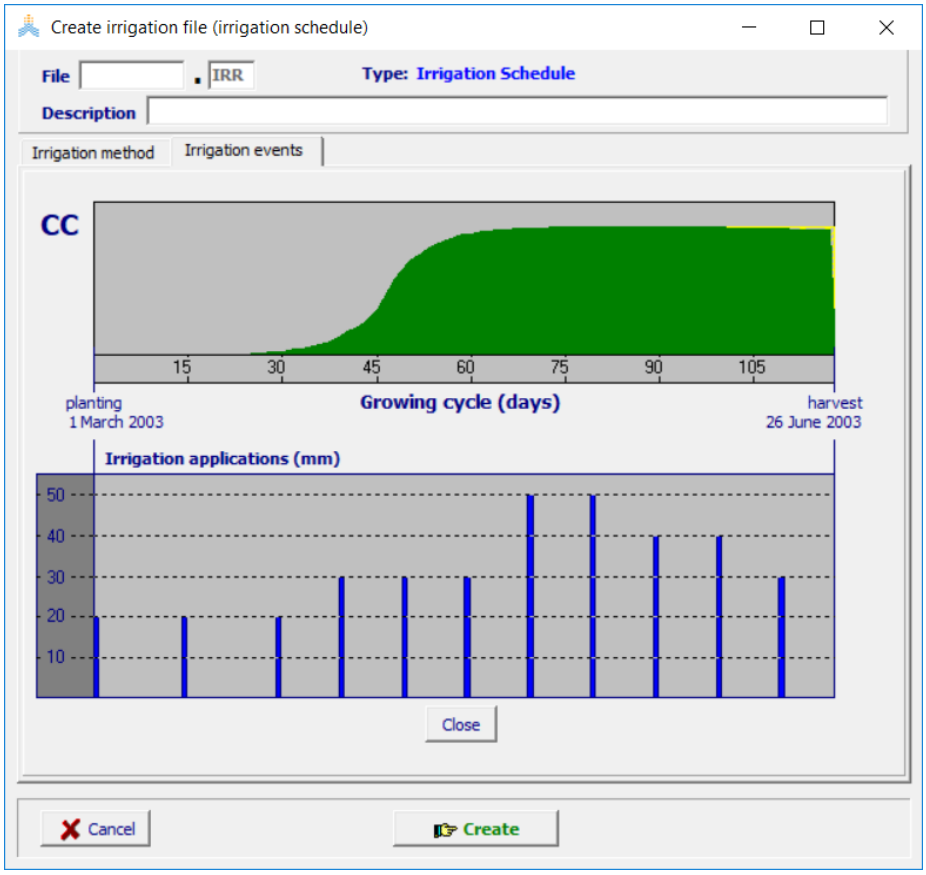
Irrigation method طريقة الري	Percentage of Soil surface (%) wetted سطح التربة المبلل
Sprinkler irrigation ري بالرش أو الرذاذ	100
Basin irrigation ري بالأحواض (الغمر)	100
Border irrigation ري بالشرائح	100
Furrow irrigation (every furrow), narrow bed ري بالخطوط (كل خط) مسكبة ضيقة	60 – 100
Furrow irrigation (every furrow), wide bed ري 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 irrigation ري بالتنقيط تحت سطحي	0

في الواجهة عمليات الري Irrigation event:

يتم تحديد تاريخ عملية الري بعدد الأيام بعد الزراعة DAP في العمود Day No، وتحديد كمية مياه الري في كل عملية (عمق الري الصافي المطبق) أو المقنن المائي في العمود Net application (mm) وتعبر عن كمية المياه الصافية المضافة في كل عملية ري إلى منطقة الجذور دون احتساب فواقد النقل والتوزيع غير المتساوي في الحقل، ونوعية مياه الري معبرا عنها بالناقلية الكهربائية لمياه الري مقدرة بواحدة القياس ديسي سيمنس بالمتر في العمود ds/m كما هو مبين في الشكل اللاحق



يمكن عرض مخطط عمليات الري وتوقيتها بالنسبة لدورة النمو مع مخطط الغطاء النباتي باختيار الأمر Plot events.



بعد تحديد اسم الملف وتوصيفه يتم حفظه باستخدام الأمر Create واسستكمال اختيار بقية الملفات اللازمة وإنشاء المشروع وتشغيله كما ورد في المثال في فقرة تحديد احتياج الري الصافي.

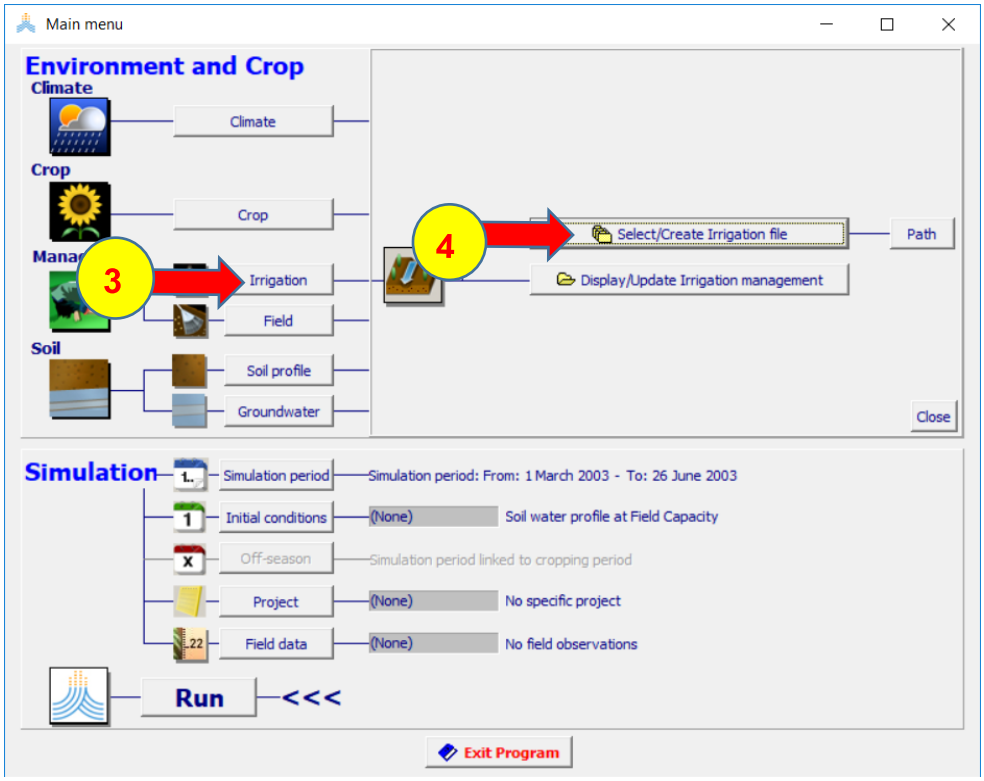
تقيم فاعلية جدول الري واستجابة المحصول باختبار النتائج في قائمة تشغيل المحاكاة ***Simulation run***. يمكن للمستخدم أن يدرس استهلاك رطوبة تربة منطقة الجذور (Dr), وتطور الغطاء النباتي (CC), ونتح المحصول (Tr) التي تمت محاكاتها ورسمها. كما تقدم القيم المحاكاة للكتلة الحيوية (B) وإنتاجية المحصول(Y) وانتاجية ماء البخر (WP_{ET}) معلومات قيمة عن فاعلية الجدول. يمكن اختبار إمكانية تحسين إنتاجية المحصول(Y) وانتاجية ماء البخر (WP_{ET}) بإضافة أو حذف عملية ري و/أو بزيادة أو تقليل الفاصل الزمني لعمليات الري أو المقنن المائي.

استخدام البرنامج لإعداد جدول ري (Generation of Irrigation Schedule)

يتم اختيار نمط إعداد جداول ري (Generation of irrigation schedules) من أجل تخطيط وتقييم استراتيجية ري معينة يقوم AquaCrop بإعدادها بناءا على المعايير التي يحددها المستخدم وتشغيل المشروع وتقييم نتائج استراتيجية الري المعدة على إنتاجية المحصول.

يتم إعداد جدول الري (Generation of irrigation schedule) في برنامج AquaCrop لأي محصول بإنشاء مشروع لمحاكاة دورة نمو المحصول يكون نمط جدول الري المختارفيه هو إعداد جدول ري (Generation of Irrigation schedules) كما في المثال أدناه باتباع الخطوات التالية :

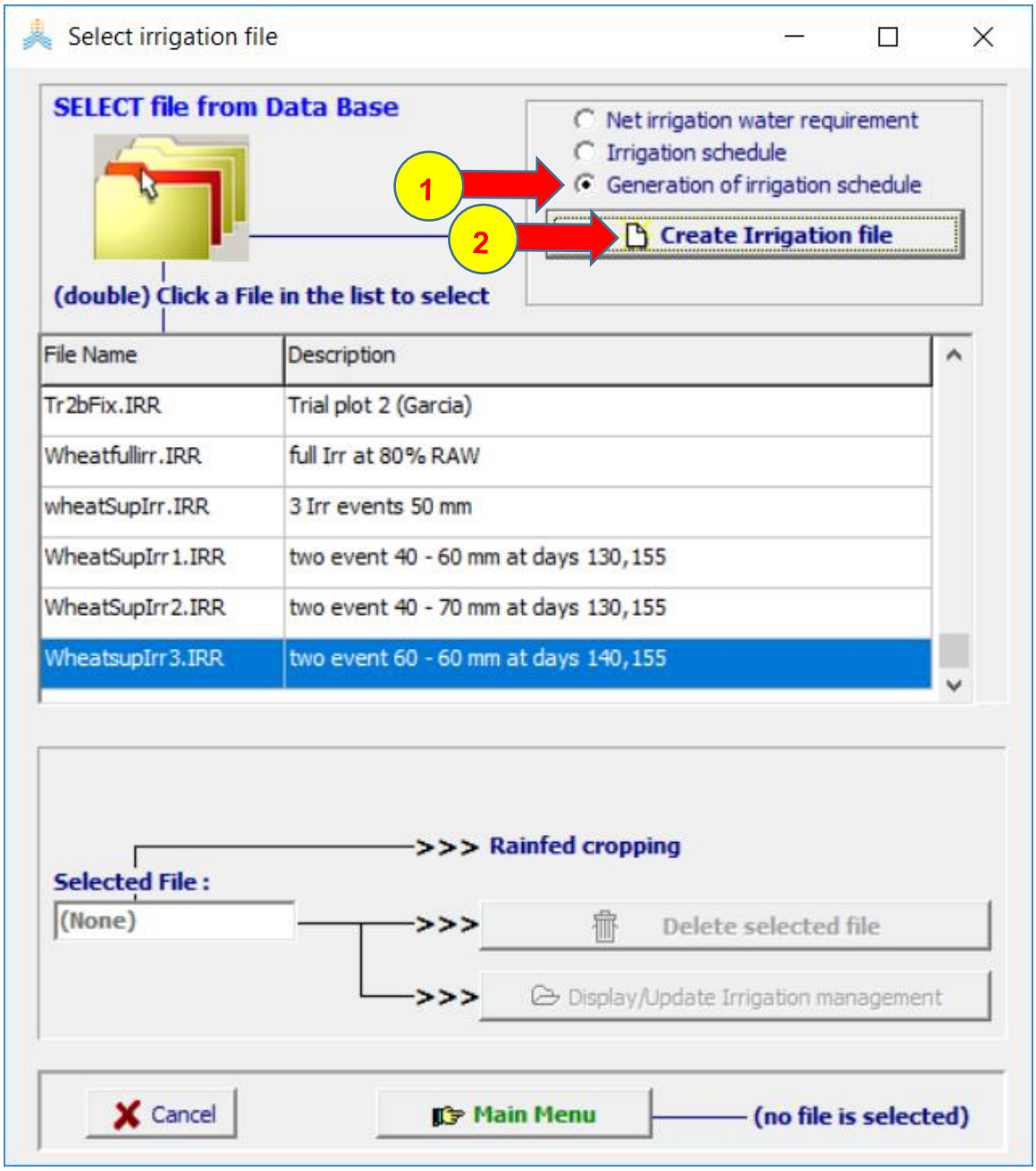
1- اختيار ملف المناخ للمحصول المراد محاكاة دورة نموه.
2- اختيار ملف المحصول.
3- في الواجهة Main menu اختيار الأمر Irrigation.
4- اختيار الأمر Select/Create Irrigation file.



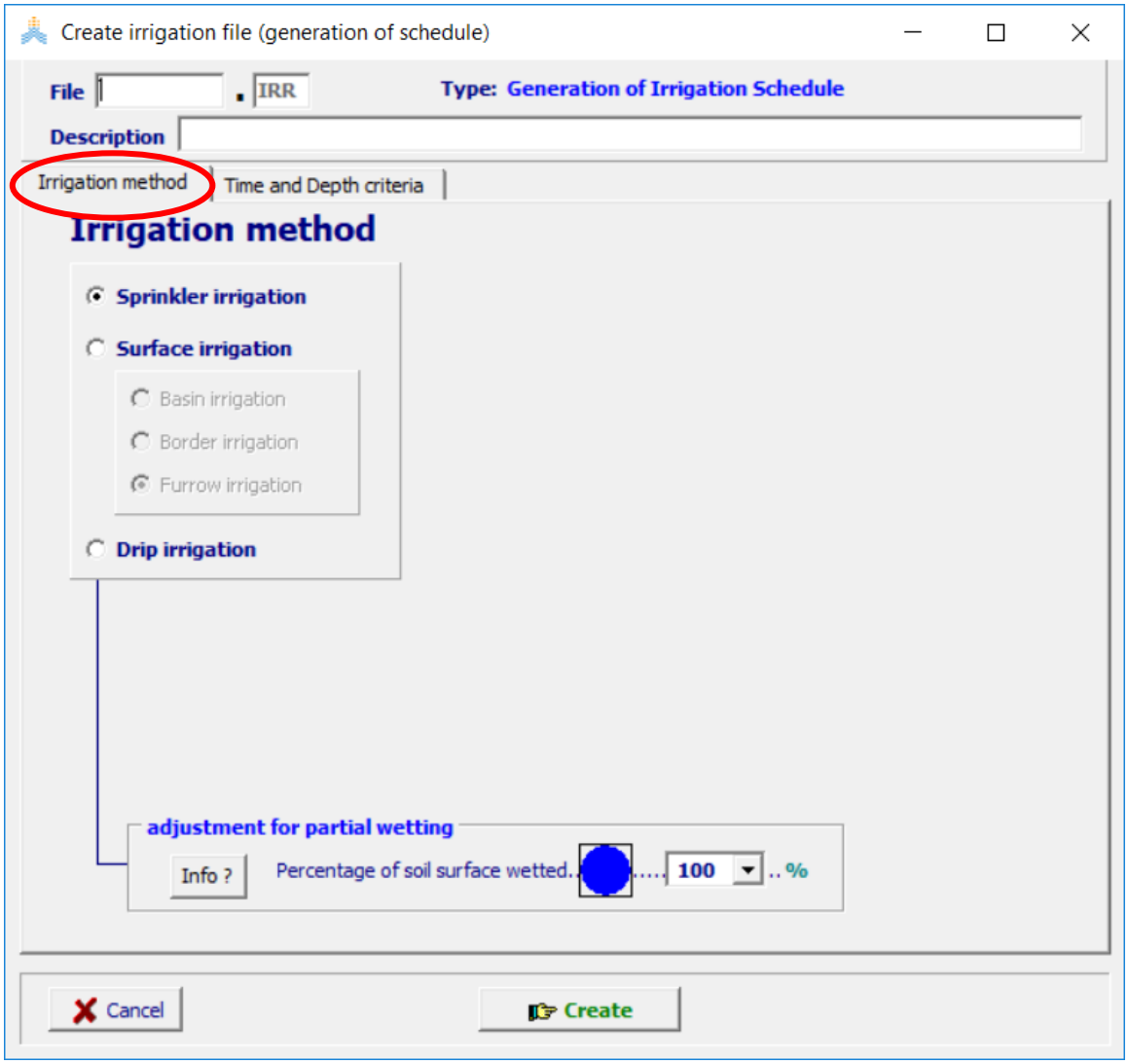
في الواجهة Select irrigation file:

1- اختيار الأمر Generation of irrigation schedule.

2- اختيار الأمر Create Irrigation file.

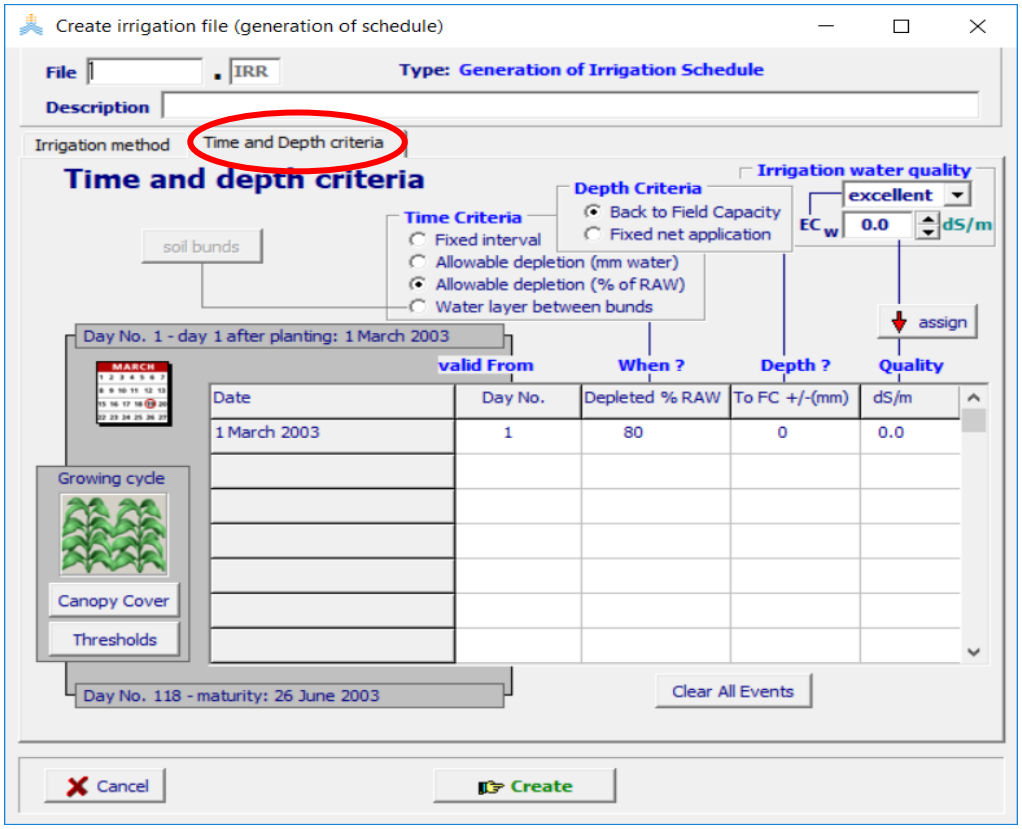


تظهر الواجهة Create irrigation file (generation of schedule) التي تحتوي اسم الملف File وتوصيفه Description وواجهتي طريقة الري Irrigation method ومعايير عمق وتاريخ عمليات الري Time and Depth criteria.



يحدد في الواجهة طريقة الري Irrigation method نمط الري المستخدم ونسبة سطح التربة المبلل حسب نمط الري كما مر في الفقرة السابقة (إدخال جدول ري).

في الواجهة Time and depth Criteria يتم تحديد معيار تحديد تاريخ عملية الري Time Criteria ومعيار تحديد عمق الري Depth Criteria كما يتم تحديد نوعية مياه الري Quality معبرا عنها بالناقلية الكهربائية لمياه الري مقدرة بواحدة القياس ديسي سيمنس بالمتر في العمود ds/m.



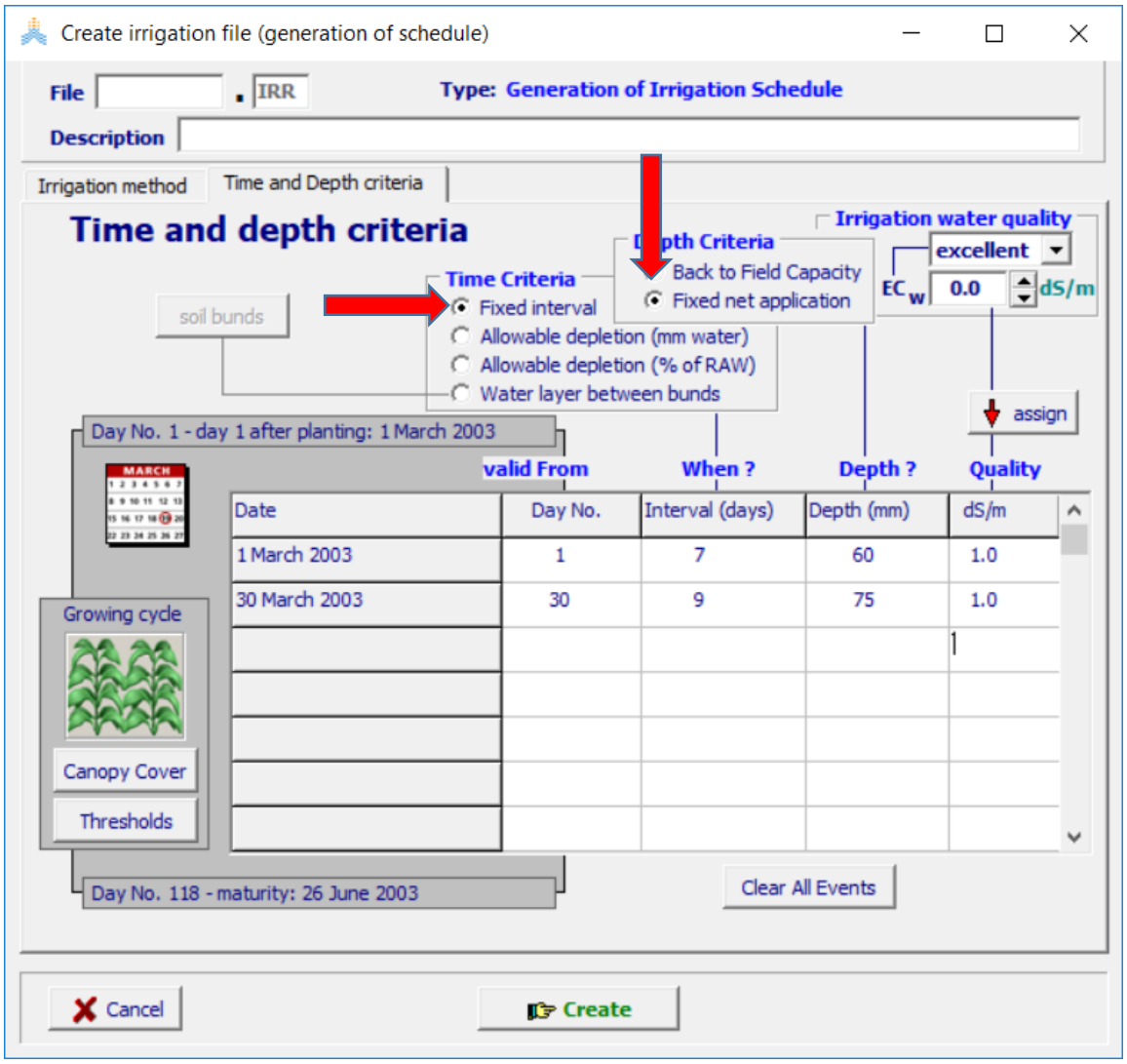
توجد أربعة معايير لتحديد تاريخ عملية الري Time Criteria:

- فاصل زمني ثابت Fixed interval.
- الاستهلاك المسموح (مم) Allowable depletion (mm water).
- الاستهلاك المسموح (%من الماءسهل الامتصاص) Allowable depletion (%RAW).
- قيمة معينة للرطوبة يعبر عنها كعمق (ماء بالمم) Water layer between bunds (وتستخدم في حالة الري بالأحواض لزراعة الرز مثلا).

ومعيارين لتحديد عمق الري Depth Criteria:

- الوصول إلى السعة الحقلية Back to Field Capacity.
- عمق ري ثابت Fixed net application.

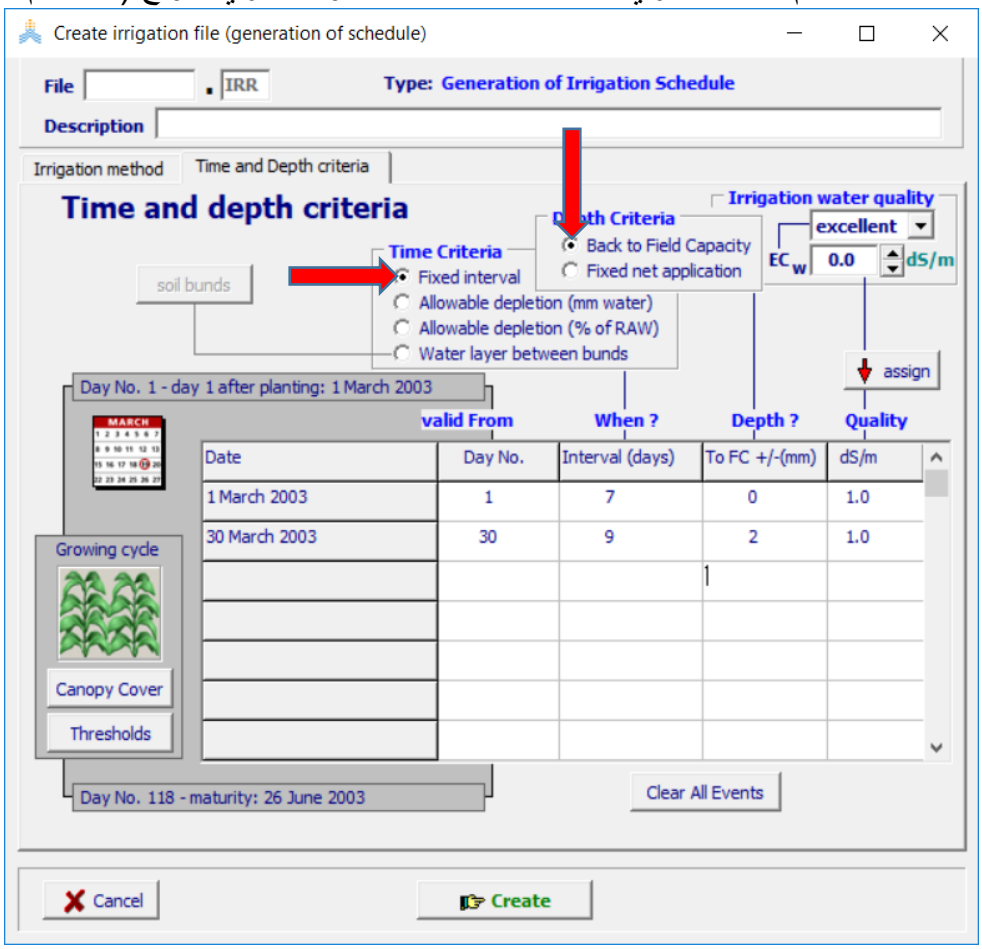
عند اختيار فاصل زمني ثابت Fixed interval يحدد المستخدم الزمن الفاصل بين عمليات الري ويحدد أحد معياري تحديد عمق الري (عمق ري ثابت Fixed net application):



بالخيارات الظاهرة في الشكل أعلاه سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري بفاصل زمني سبعة أيام بين كل عمليتين من اليوم الاول بعد الزراعة حتى اليوم 29 ،ويكون عمق الري ثابتا 60 ملم لكل عملية ري. ثم سيحدد عملية ري كل تسعة أيام من اليوم 30 بعد الزراعة حتى نهاية دورة النمو وبعمق ري ثابت 75 ملم لكل عملية ري.

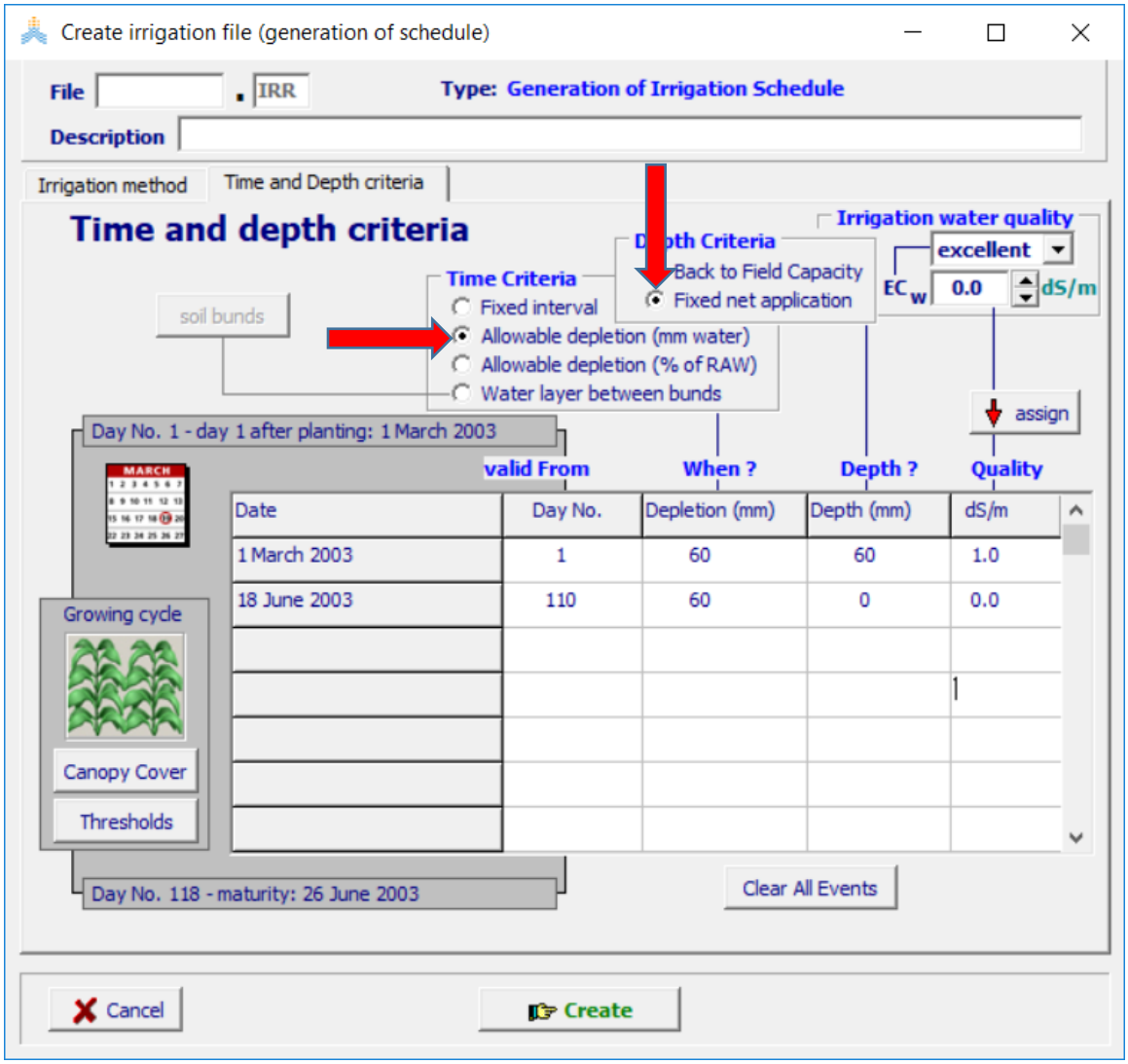
في حالة اختيار فاصل زمني ثابت Fixed interval وتحديد معيار تحديد عمق الري (الوصول إلى السعة الحقلية Back to Field Capacity)، يجب تحديد الكمية التي يجب أن تضاف إلى الكمية اللازمة من المياه للوصول إلى السعة الحقلية في العمود To Fc +/-(mm) ويمكن أن تكون صفرا أو موجبة أو سالبة:

- صفر: الري المطبق سيعيد رطوبة التربة في منطقة الجذور إلى قيمة السعة الحقلية (يتم الوصول إليها في نهاية اليوم).
- موجبة: عندما يتم التخطيط لري زائد من أجل غسل الأملاح من منطقة الجذور(+2 مم) .
- سالبة: عندما يتم التخطيط لري ناقص للاستفادة من هطول مطري متوقع (-10 مم مثلا).



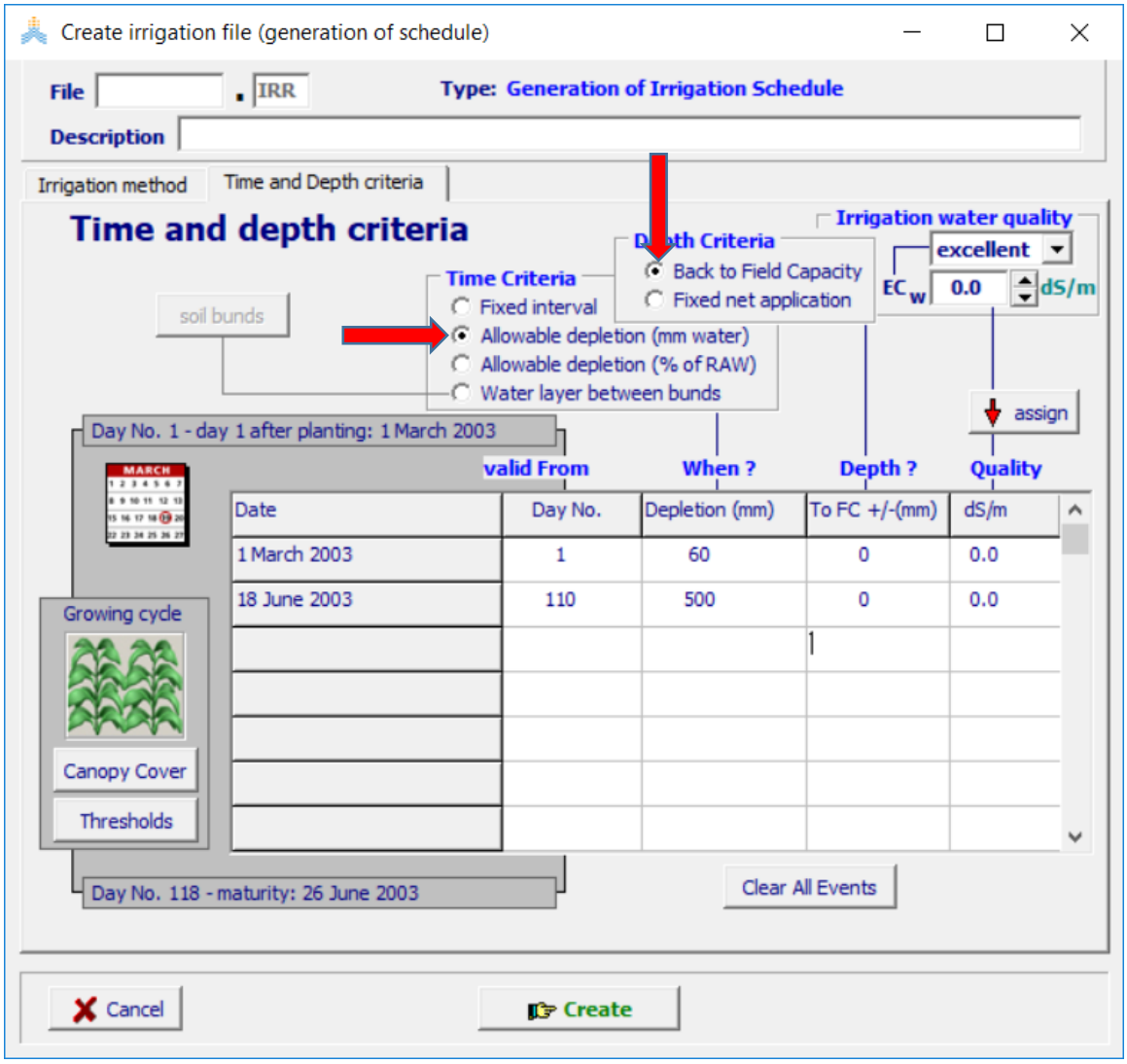
بالخيارات الظاهرة في الشكل أعلاه سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري بفاصل زمني سبعة أيام بين كل عمليتين من اليوم الاول بعد الزراعة حتى اليوم 29 ، ويكون عمق الري مساويا لكمية المياه اللازمة (بالمم)لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية في تاريخ عملية الري. ثم سيحدد عملية ري كل تسعة أيام من اليوم 30 بعد الزراعة حتى نهاية دورة النمو ويكون عمق الري مساويا لكمية المياه اللازمة (بالمم)لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية في تاريخ عملية الري مضافا إليها 2 مم.

عند اختيارمعيار الاستهلاك المسموح (مم) Allowable depletion (mm water).لتاريخ الري، يحدد المستخدم كمية المياه المسموح استهلاكها من منطقة الجذور بالمم ويحدد أحد معياري تحديد عمق الري (عمق ري ثابت Fixed net application):



بالخيارات الظاهرة في الشكل أعلاه سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه كمية المياه المستهلكة من منطقة الجذور إلى 60 مم من اليوم الاول بعد الزراعة حتى اليوم 109، ويكون عمق الري ثابتا 60 ملم لكل عملية ري. ثم يتوقف الري من اليوم 110 لأن عمق الري قد تم تحديده مساويا للصفر.

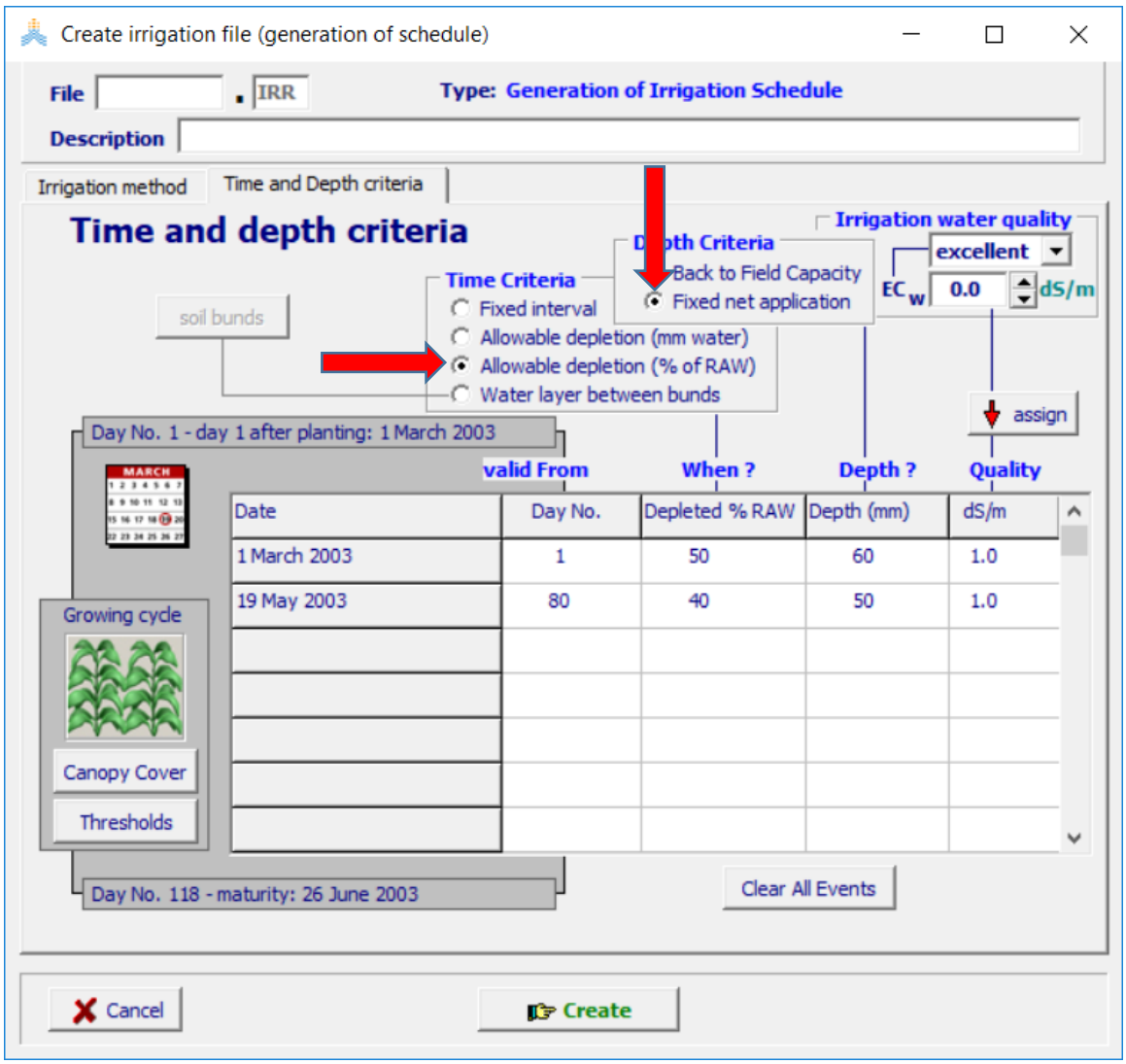
عند اختيار معيار الاستهلاك المسموح (مم) Allowable depletion (mm water).، وتحديد معيار تحديد عمق الري (الوصول إلى السعة الحقلية Back to Field Capacity) كما هو مبين في الشكل أدناه



سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه كمية المياه المستهلكة من منطقة الجذور إلى 60 مم من اليوم الاول بعد الزراعة حتى اليوم 109، ويكون عمق الري مساويا للكمية اللازمة لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية بتاريخ كل عملية ري. ثم يتوقف الري من اليوم 110 لأن الاستهلاك المسموح قد تم تحديده مساويا 500 ملم وهو أكبر من من الماء الكلي المتاح في منطقة الجذور.

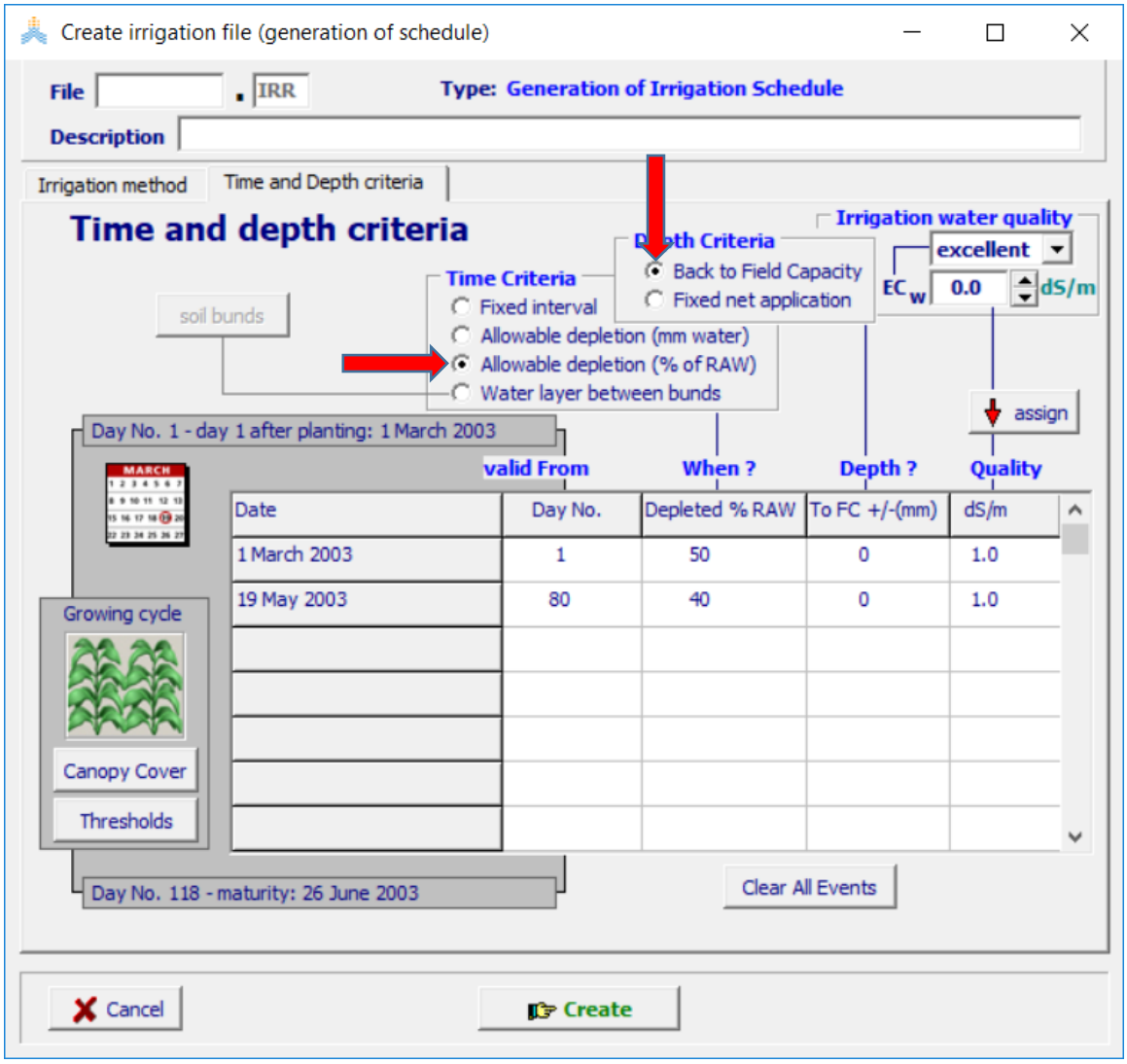
.

عند اختيارمعيار الاستهلاك المسموح (%من الماءسهل الامتصاص) Allowable depletion (% of RAW).لتاريخ الري، يحدد المستخدم النسبة المئوية المسموح استهلاكها من الماء السهل الامتصاص من منطقة الجذور ويحدد أحد معياري تحديد عمق الري (عمق ري ثابت Fixed net application):



بالخيارات الظاهرة في الشكل أعلاه سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه نسبة المياه المستهلكة من منطقة الجذور إلى 50 % من الماء السهل الامتصاص من اليوم الاول بعد الزراعة حتى اليوم 79، ويكون عمق الري ثابتا 60 ملم لكل عملية ري. ثم سيحدد عملية ري في كل يوم تصل فيه نسبة المياه المستهلكة من منطقة الجذور إلى 40 % من الماء السهل الامتصاص من اليوم 80 بعد الزراعة حتى نهاية دورة النمو، ويكون عمق الري ثابتا 50 ملم لكل عملية ري.

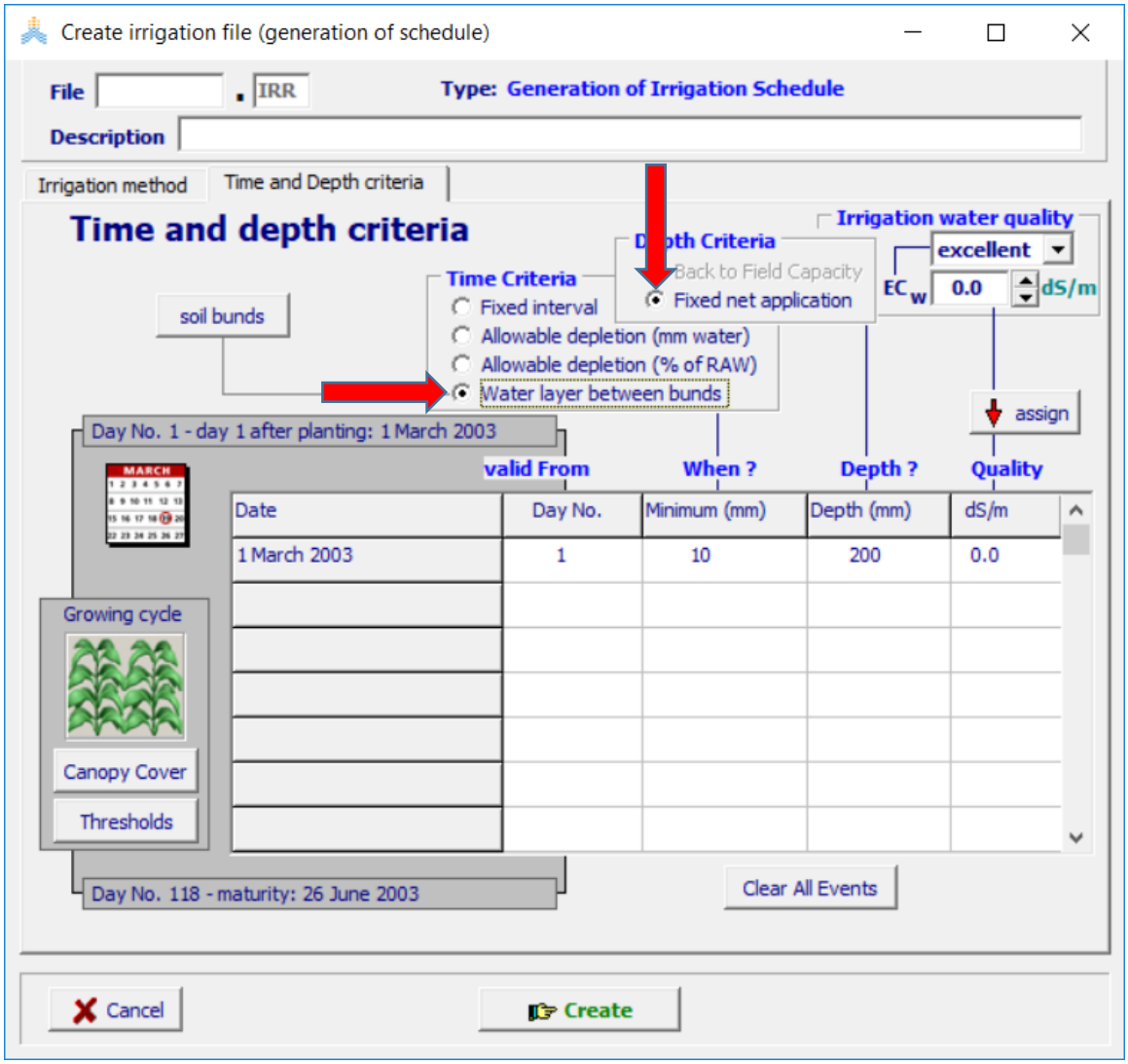
عند اختيارمعيار الاستهلاك المسموح (%من الماءسهل الامتصاص) Allowable depletion (% of RAW).لتاريخ الري، وتحديد معيار تحديد عمق الري (الوصول إلى السعة الحقلية Back to Field Capacity) كما هو مبين في الشكل أدناه



سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه نسبة المياه المستهلكة من منطقة الجذور إلى 50 % من الماء السهل الامتصاص من اليوم الاول بعد الزراعة حتى اليوم 79، ويكون عمق الري مساويا للكمية اللازمة لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية بتاريخ كل عملية ري. ثم سيحدد عملية ري في كل يوم تصل فيه نسبة المياه المستهلكة من منطقة الجذور إلى 40 % من الماء السهل الامتصاص من اليوم 80 بعد الزراعة حتى نهاية دورة النمو، ويكون عمق الري مساويا للكمية اللازمة لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية بتاريخ كل عملية ري.

.

عند اختيارمعيار قيمة معينة للرطوبة في الأحواض Water layer between bunds.لتاريخ الري، يحدد المستخدم كمية المياه التي يجب المحافظة عليها في منطقة الجذوربالمم ويكون معيار تحديد عمق الري المتاح هو (عمق ري ثابت Fixed net application) فقط:



بالخيارات الظاهرة في الشكل أعلاه سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه كمية المياه في منطقة الجذور إلى 10 ملم من اليوم الاول بعد الزراعة حتى نهاية دورة النمو، ويكون عمق الري ثابتا 200 ملم لكل عملية ري.

الفصل الرابع – الري الناقص (deficit irrigation)

مفهوم الري الناقص

لا تأخذ طرق حساب احتياج المحاصيل لمياه الري بعين الاعتبار محدودية الموارد المائية المتاحة للري وتنتج جداول ري كامل يلبي كامل احتياجات النبات المائية ولا تعالج الحالات التي تكون فيها محدودية رطوبة التربة عائقا أساسيا يؤثر على إنتاجية المحاصيل.

أصبح ضروريا مع الازدياد المتسارع لعدد السكان ونمو الطلب المضطرد على المياه للاستخدامات المنزلية والصناعية (وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تكون مواردها المائية محدودة) إحداث تغييرات جذرية في إدارة وجدولة الري بحيث لاتلبي جدولة الري الاحتياجات المائية الكاملة للمحاصيل ولكن تضمن الاستخدام الأمثل للمياه المخصصة للري.

يمكن لبعض الممارسات الزراعية كتغيير طريقة الحراثة أو استخدام التغطية العضوية أو الصناعية (mulching) أن تحد من تبخر مياه الري من التربة وتقلل الطلب على مياه الري، ويمكن اللجوء إلى خيار الري الناقص الذي يعرض المحصول إلى مستوى محدد من الإجهاد المائي خلال فترة نمو معينة أو طوال الموسم دون انخفاض كبير في الإنتاجية.

ان ابقاء رطوبة التربة أدنى من السعة الحقلية يترك جزءا من مسامات التربة متاحا لتخزين أي كمية هطول مطري متوقع في الأيام القليلة اللاحقة لعملية الري.

يكون الري الناقص مجديا اقتصاديا ومبررا عندما تكون كلفة الري بكميات المياه الزائدة عن الري الناقص تزيد على العائد من زيادة الإنتاجية. يستخدم الري الناقص أيضا في حالة محدودية الموارد المائية المتاحة للري، وفي هذه الحالة يجب إدارة مستوى الري والمساحة المروية والمحاصيل المزروعة بما يحقق أفضل عائدية بالموارد المائية المتاحة.

يعتبر الري الناقص أحد أهم الطرق المستخدمة من أجل زيادة كفاءة استخدام المياه المخصصة للري WUE (Water Use Efficiency) للحصول على أعلى إنتاجية من وحدة المياه المخصصة للري حيث يتعرض المحصول لمستوى معين من الإجهاد المائي خلال فترة معينة من نموه أو طوال موسم النمو بحيث يكون انخفاض الإنتاجية أقل مايمكن أو يكون ضئيلا مقارنة بالعائد من استخدام المياه التي تم توفيرها لري محاصيل أخرى أعلى عائدية.

أظهرت نتائج العديد من الأبحاث أن القطن والذرة والقمح وعباد الشمس والشوندر السكري (بنجر السكر) والبطاطا مناسبة تمامًا لتطبيق الري الناقص الذي يعرض المحصول لحد معين من الإجهاد (انخفاض معدل التبخر والنتح) طوال موسم النمو، أما الفاصوليا والفول السوداني وفول الصويا وقصب السكر فهي مناسبة لتطبيق الري الناقص عندما يقتصر الإجهاد على مراحل نمو معينة. كما أظهرت أن المحاصيل التي تعرضت لإجهاد مائي خفيف خلال فترة النمو الخضري أبدت تحملا أفضل للإجهاد المائي المطبق في مراحل لاحقة نتيجة للتكيف مع رطوبة التربة. و أدى تطبيق ري ناقص بنسبة 25% إلى زيادة كفاءة استخدام المياه (WUE) 20% عن الكفاءة التي تحققت في حالة الري العادي.

يمكن أن يكون انخفاض العائد من الأمراض والحشرات والفواقد أثناء الحصاد والتخزين أو الناتج عن تطبيق تسميد غير كاف أكبر بكثير من انخفاض الإنتاجية الناجم عن تطبيق الري الناقص. من ناحية أخرى ، قد يزيد تطبيق الري الناقص بشكل سليم من جودة المحاصيل على سبيل المثال ، محتوى بروتين القمح ونوعية الخبز، طول وقوة ألياف القطن، وتركيز السكروز في الشوندر السكري والعنب.

تتطلب جدولة الري الناقص تقييما دقيقا لضمان تعزيز كفاءة استخدام إمدادات مياه الري التي تتناقص بشكل متزايد.

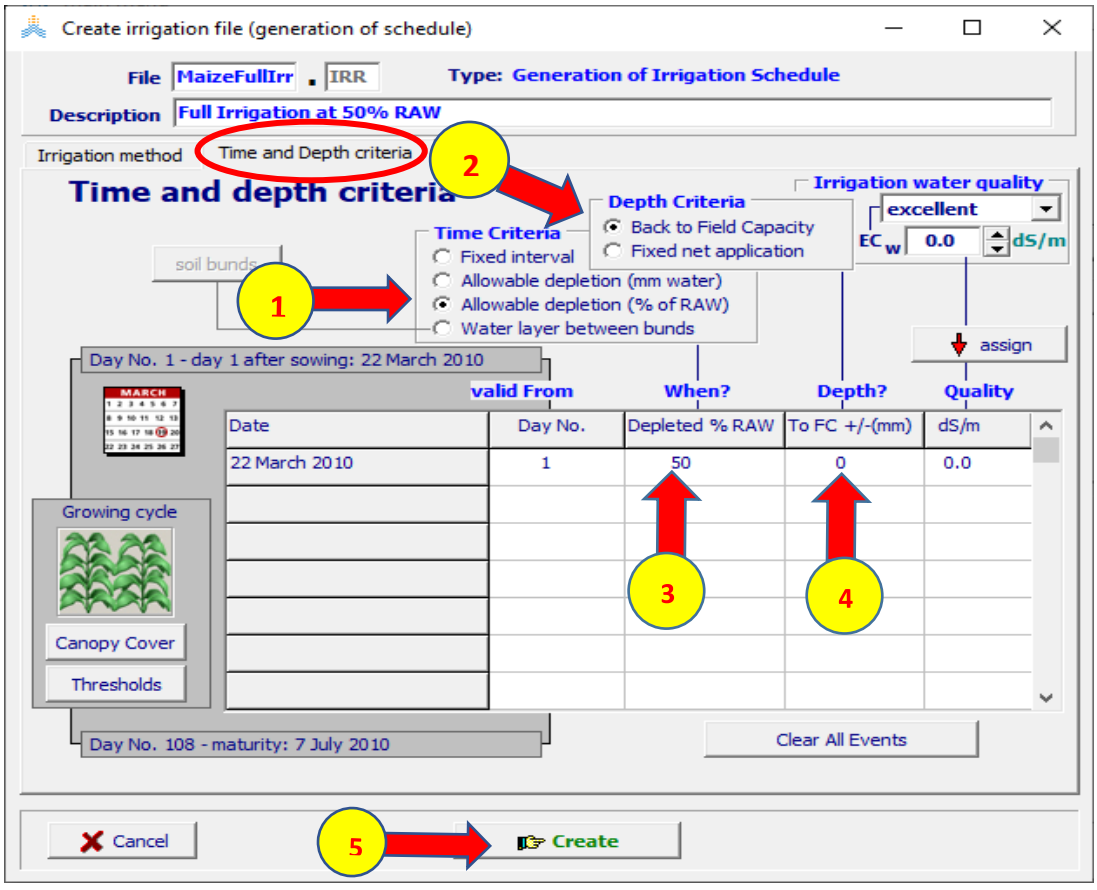
تختلف إدارة الري الناقص عن إدارة الري العادي وتتطلب معرفة مستوى نقص النتح المسموح به دون انخفاض كبير في إنتاجية المحاصيل. لأن الهدف الرئيسي من تطبيق الري الناقص هو زيادة كفاءة استخدام المحصول للمياه (WUE) عن طريق إلغاء كميات الري التي تؤثر بشكل طفيف على الإنتاجية.

كما تتطلب إدارة الري الناقص مراعاة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء. قد تعاني النباتات المزروعة في التربة الرملية من الإجهاد المائي بسرعة في ظروف الري الناقص، في حين قد يكون لدى النباتات المزروعة في التربة العميقة ذات الحبيبات الناعمة متسع من الوقت للتكيف مع انخفاض رطوبة التربة، و تبقى غير متأثرةً بانخفاض محتوى الماء في التربة. لذلك ، يعتبر نجاح الري الناقص أكثر احتمالا في الترب ذات الحبيبات الناعمة.

جدولة الري الناقص (deficit irrigation scheduling)

لإعداد جدول ري ناقص لأي محصول، يجب أولا إعداد جدول ري كامل للمحصول ثم تخفيض كمية الري المطبقة بنسب مختلفة وإعداد جداول ري ناقص واختبار تأثيرها على نمو وإنتاجية المحصول.

تعد جداول الري الكامل لأي محصول بإنشاء مشروع لمحاكاة دورة نمو المحصول باستخدام خيار إدارة الري إعداد جداول ري Generation of Irrigation Schedules كما هو مبين في المثال التالي لإعداد جدول ري كامل لمحصول الذرة في جنين (التمرين الأول في القسم التطبيقي من الدليل):



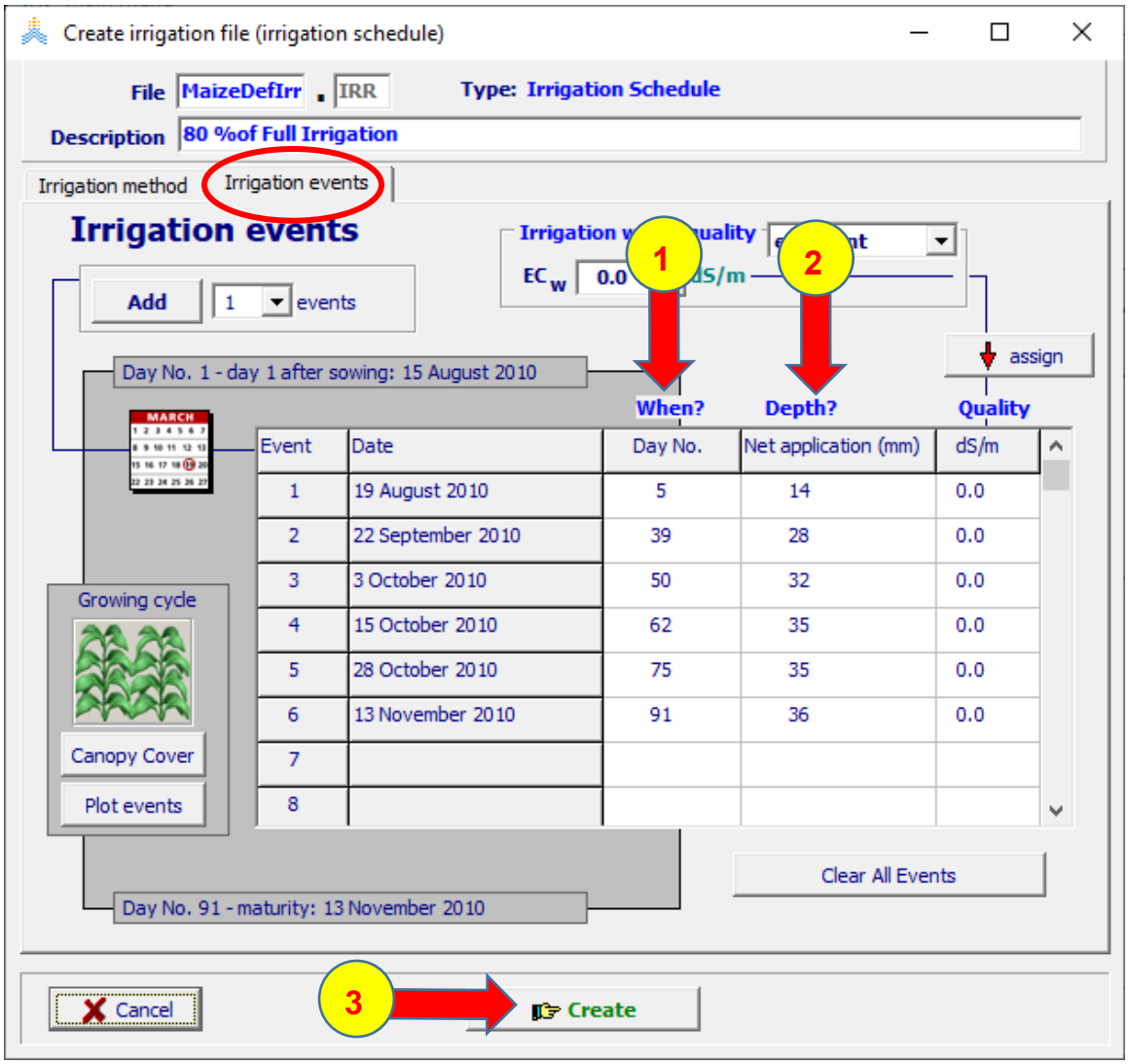
بالخيارات المبينة في الشكل سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه الكمية المستهلكة من رطوبة التربة في منطقة الجذور بالتبخر والنتح إلى 50% من الماء المتاح بسهولة RAW وتكون كمية المياه المضافة بعملية الري مساوية للكمية اللازمة لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية FC.

بعد استكمال إنشاء المشروع وتشغيله وحفظ النتائج يمكن الحصول على جدول الري الكامل الذي قام AquaCrop بإعداده وفقا للمعايير التي تم اختيارها.

تعد جداول الري الناقص من الجدول الناتج للري الكامل بتخفيض كمية الري بنسب مختلفة كما هو مبين في الجدول التالي:

تاريخ الري (يوم بعد الزراعة)	عمق الري (مم)					
DAP	**Full Irri**	**0.8Irr**	**0.7Irr**	**0.6Irr**	**0.5Irr**	**0.4Irr**
5	18	14	13	11	9	7
39	35	28	25	21	18	14
50	40	32	28	24	20	16
62	44	35	31	26	22	18
75	44	35	31	26	22	18
91	45	36	32	27	23	18
Sum	**226**	**180**	**160**	**135**	**114**	**91**

لاختبار تأثير الري الناقص بنسب مختلفة على إنتاجية محصول الذرة وعلى الإنتاجية المائية (انتاجية المتر المكعب الواحد من المياه المستهلكة للكتلة الحيوية والمادة الجافة) يتم إنشاء مشاريع لمحاكاة دورة نمو وإنتاجية محصول الذرة لكل حالة من حالات الري الناقص تكون إدارة الري المختارة في كل مشروع منها هي إدخال جدول ري Irrigation schedule كما هو مبين في المثال التالي لجدولة الري الناقص (80% من الري الكامل) لمحصول الذرة في جنين (التمرين الثاني في القسم التطبيقي):



يستكمل إعداد جداول الري الناقص للنسب المختلفة بنفس الطريقة وإعداد المشاريع وتشغيلها وحفظ النتائج ثم تقارن مع النتائج التي تم الحصول عليها من مشروع الري الكامل (التمرين الثاني في القسم التطبيقي).

الفصل الخامس - الري التكميلي (supplementary irrigation)

مفهوم الري التكميلي

للري أهداف عدة أهمها هو تأمين رطوبة تربة مناسبة لنمو النباتات بدون تعرضها لإجهاد مائي يؤثر على تطورها وإنتاجيتها أي ري الترطيب.

يتم الحصول على نظام رطوبة مناسب لنمو المحاصيل في البيئات الصحراوية أو الجافة حيث تكون مساهمة الأمطار في الحفاظ على رطوبة التربة هامشية أو معدومة من خلال نظام ري دائم (وإن لم يكن ريا كاملا يلبي كامل المتطلبات المائية للمحاصيل) يضمن الإبقاء على رطوبة تربة مناسبة طوال موسم النمو

أما في المناطق التي يلبي فيها هطول الأمطار متطلبات المحاصيل ولو جزئيا، كما هو الحال في مناطق المناخ المتوسطي الجاف وشبه الجاف التي يتراوح فيها الهطول السنوي من 500 إلى 600 ملم ويتركز في موسم الأمطار(فصل الشتاء من تشرين الثاني/ Nov حتى آذار/ Mar) يتم الحصول على نظام رطوبة مناسب لنمو المحاصيل من خلال نظام ري مؤقت ومتقطع أو مايعرف بالري التكميلي.

يستخدم الري التكميلي لتحسين الإنتاجية في الحالات التي لا تلبي فيها الامطار كامل الاحتياجات المائيه

يعتمد نجاح الري التكميلي بشكل أساسي على توقيت تطبيق كميات الري المحدودة المتاحة في أشد فترات النمو حساسية للإجهاد المائي والتي تؤثر على الإنتاجية بشكل ملحوظ.

اتفق معظم الباحثين على أن أكثر مراحل النمو حساسية للإجهاد المائي هي من بدء الإزهار حتى تشكل الثمار سواء للمحاصيل الحقلية أو الأشجار المثمرة وأن الري للأشجار المثمرة في مرحلة التمدد الخلوي للثمار يزيد من إنتاجيتها.

يعتمد ظهور أعراض الإجهاد المائي في مراحل النمو المختلفة على الظروف المناخية وتقلباتها من عام لآخر لذلك يختلف تحديد فترة النمو الأكثر أهمية لتطبيق الري التكميلي من منطقة مناخية لأخرى،و يختلف ضمن المنطقة المناخية الواحدة تبعا لاختلاف المناخ من عام لآخر مثلا وجد

بعض الباحثين أن أكثر فترات نمو القمح حساسية للإجهاد المائي هي المرحلة التمهيدية (booting) وبداية تشكل الأقراط (early earing stage)، بينما وجد باحثون آخرون أن مرحلة ماقبل الإزهار وتشكل الأقراط (pre-flowering and ear formation) ومرحلة النضوج الحليبي والشمعي (milk and wax ripeness stage) هما الأكثر حساسية فيما اعتبرت مرحلة إنبات البذور وظهور النباتات حساسة في أبحاث قليلة.

لذلك تختلف فترات النمو الحساسة للإجهاد المائي ودرجة حساسيتها لصنف معين ويعتمد تحديد فترة النمو التي تحتاج لري تكميلي على حساسية المحصول للإجهاد المائي ونمط المناخ والحاجة لاستغلال الموارد المائية المتاحة في حينها، كإجراء ري للقمح المزروع في الخريف خاصة في السنوات الجافة في شهري Dec, Nov لضمان كثافة غراس مثالية للاستفادة من الأمطار المتوقعة خلال الشتاء.

المحاصيل المناسبة لتطبيق الري التكميلي هي المحاصيل التي تنمو وتعطي إنتاجية مقبولة بدون ري، ولكن تخضع انتاجيتها لتذبذبات شديدة نتيجة تقلبات هطول الأمطار ومن هذه المحاصيل:

الحبوب الشتوية كالقمح والبقوليات التي تبذر في الخريف كالفاصولياء والفول وبعض المحاصيل العشبية التي تمتلك نظام جذور كثيف وعميق كالسرغوم (الذرة الرفيعة) والتبغ عباد الشمس وبعض الأشجار المثمرة التي تمتلك نظام جذور كثيف وعميق ولا تسبب قلة المياه انخفاضا شديدا في إنتاجيتها كأشجار الزيتون واللوز والكرمة والتين والخروب والتين الهندي.

القمح، بصفته غذاء رئيسيا للإنسان، هو أكثر المحاصيل التي تروى ريا تكميليا في معظم دول حوض المتوسط، وقد أشارت نتائج الأبحاث إلى أن تعرضه للإجهاد المائي في أي وقت بين المرحلة التمهيدية Booting والنضوج الشمعي Wax-ripe يؤدي إلى تدني إنتاجيته وأن أكثر الفترات حساسية هي المرحلة التمهيدية booting وتشكل الأقراط earing، لكن في السنوات الجافة خلال الخريف October-December يكون الري بعد البذار مباشرة أساسيا لإنبات سريع وكثافة إنبات مثالية وإنتاجية جيدة.

تقديم رية أو ريتين تكميليتين في فصول الربيع الجافة لمحصولي الفول والفاصولياء يحسن الإنتاجية وجودة الحبوب. كذلك بالنسبة للتبغ الذي يجفف بالشمس ،والذي يزرع عادة بدون ري للحصول

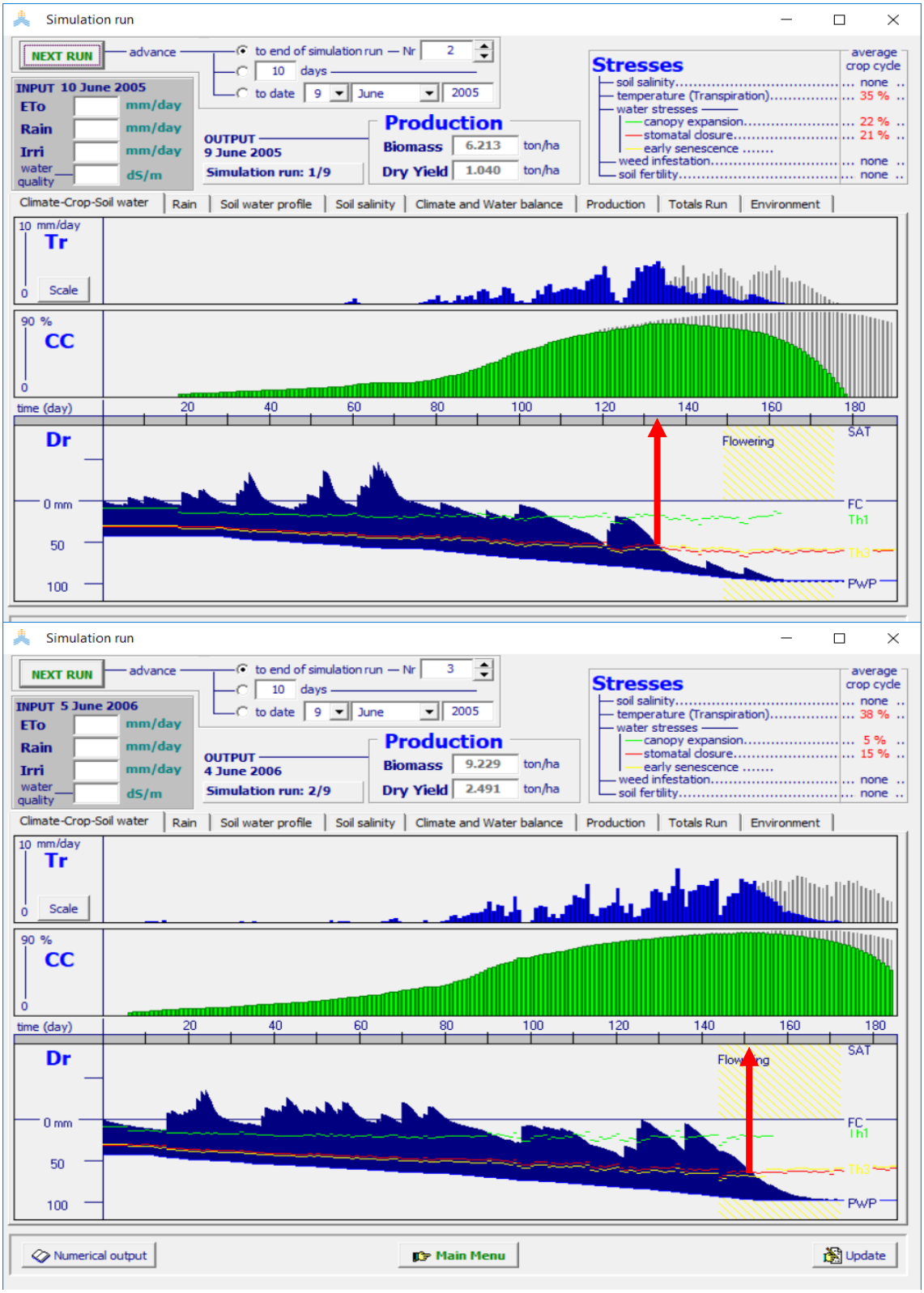
على أوراق صغيرة غنية بالسكر والراتنجات والمعادن المرغوبة في معظم الخلطات، يمكن لرية أو ريتين تكميليتين في مراحل النمو المبكرة أن تزيد الإنتاجية وتحسن نوعية المنتج أيضا.

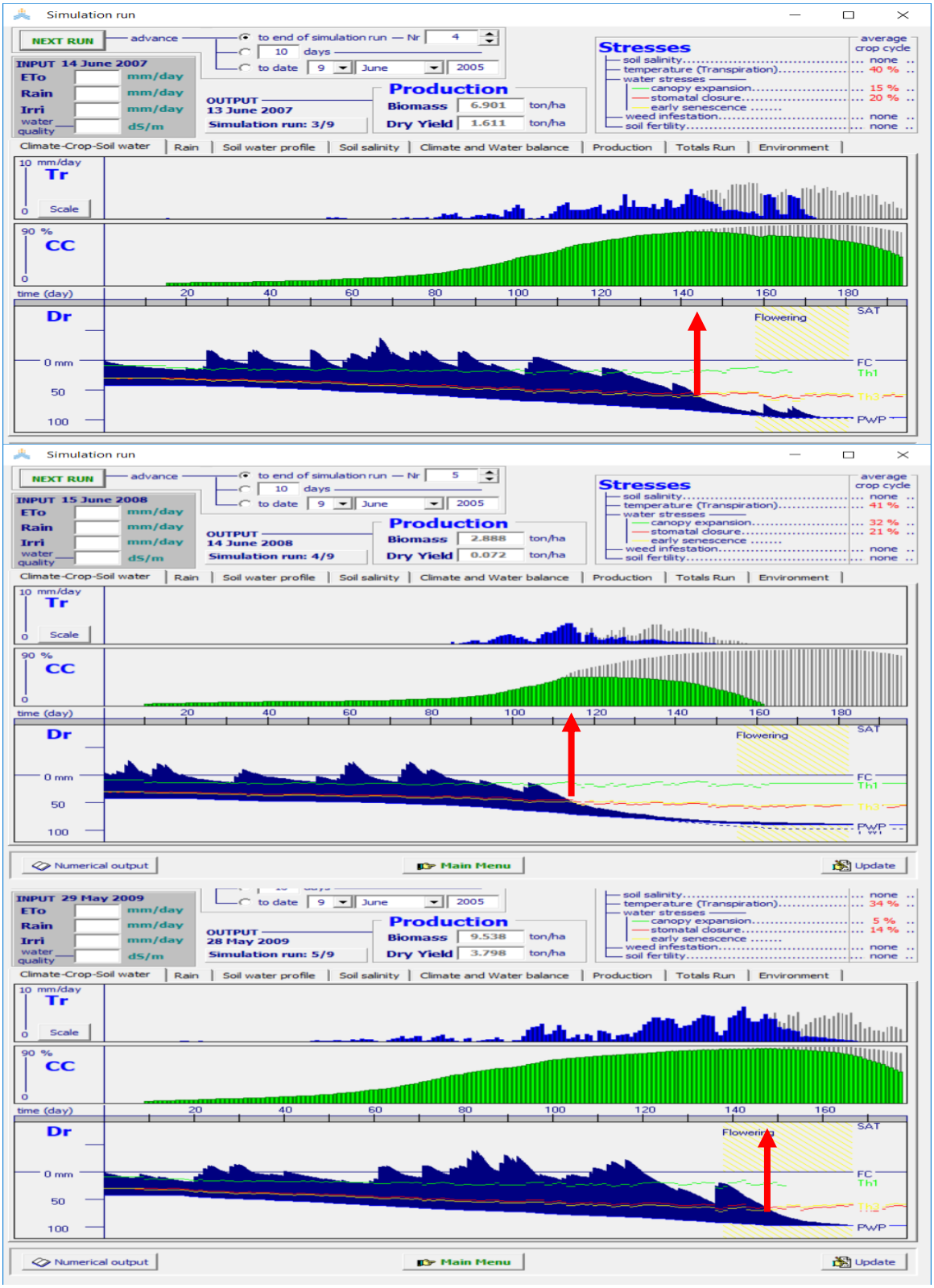
أما الذرة البيضاء (السرغوم) الذي يبذر في شروط رطوبة مثالية، فيمكن لرية تكميلية واحدة في المرحلة التمهيدية booting (والتي تعتبر أكثر الفترات حساسية للإجهاد المائي) أن تزيد إنتاجيته بشكل مقبول.

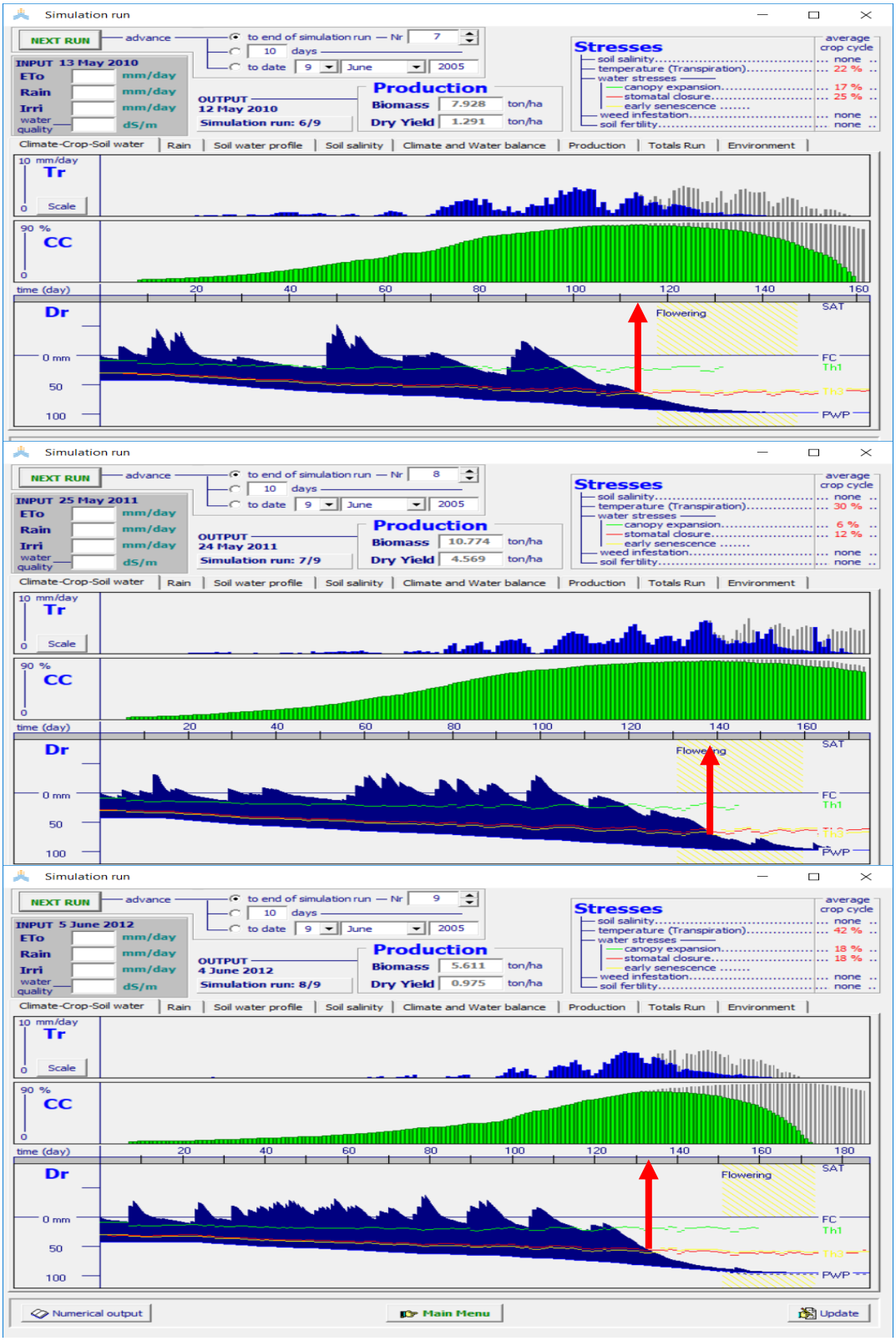
تنمو أشجار الزيتون في بيئة حوض المتوسط بدون ري عادة، ولكنها تستفيد بشكل واضح من عمليات الري التكميلي التي تطبق قبل أسبوعين أو ثلاثة من مرحلة الإزهار إذا كان الشتاء جافا، أو في مرحلة تصلب البذور stone hardening التي تعتبر أكثر المراحل حساسية للإجهاد المائي في طور تغير لون الثمار و التوسع الخلوي للثمار إذا لم تهطل أمطار صيفية متأخرة.

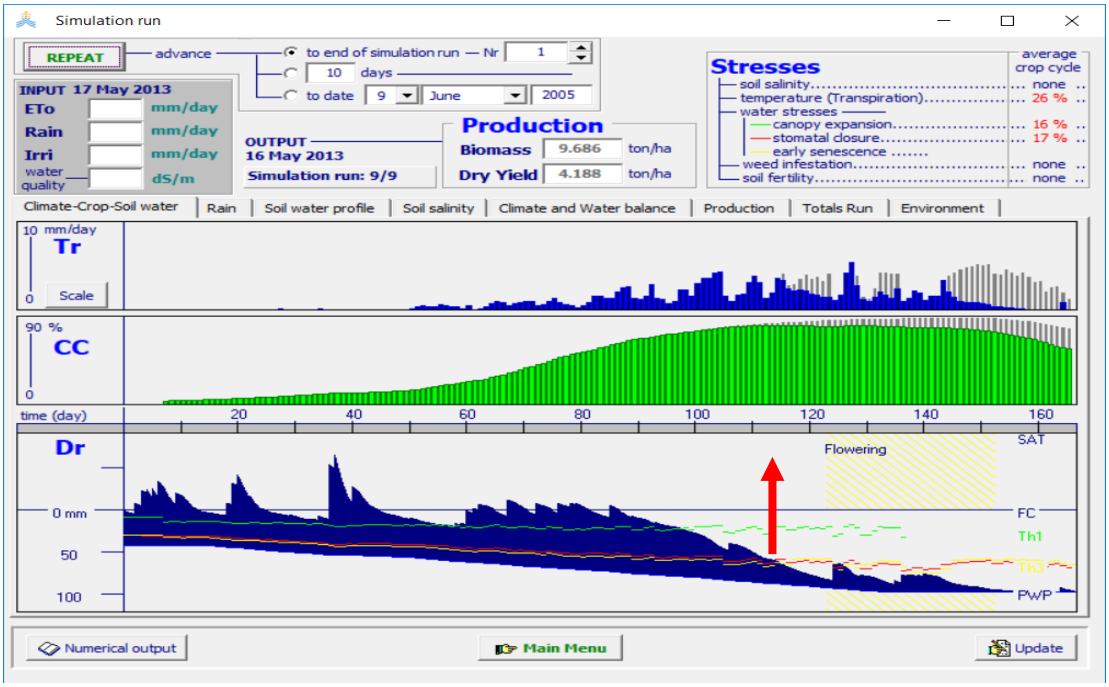
جدولة الري التكميلي (supplementary irrigation scheduling)

إن المحاصيل التي تعتمد على الأمطار فقط قد تتعرض لإجهادات مائية عالية ووصول رطوبة التربة في منطقة الجذور إلى قيم منخفضة جدا. تبيين الأشكال أدناه نتائج محاكاة إنتاجية القمح المطري في تل عمارة في البقاع بلبنان لتسعة سنوات ويبدو من هذه الأشكال أن رطوبة التربة تبلغ عتبتي بدء إغلاق المسامات (threshold stomatal closure) وبدء شيخوخة الغطاء النباتي (canopy senescence) المبينتين باللونين الأصفر والأحمر على المخطط في تواريخ مختلفة في كل موسم حسب توزع الهطول المطري وتستمر بالانخفاض حتى بلوغ حد الذبول PWP (الذي يرفع درجة الإجهادين السابقين إلى قيمتيهما العظمى) في المراحل الحساسة من دورة النمو (مرحلتي الإزهار وتشكيل الإنتاجية الحبية) مسببة انخفاضا كبيرا في إنتاجية المحصول.


Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 2
10 days
to date 9 June 2005
INPUT 10 June 2005
ETo mm/day
Rain mm/day
Irri mm/day
water quality dS/m
OUTPUT
9 June 2005
Simulation run: 1/9
Production
Biomass 6.213 ton/ha
Dry Yield 1.040 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity ... none
temperature (Transpiration) ... 35 %
water stresses
canopy expansion ... 22 %
stomatal closure ... 21 %
early senescence
weed infestation ... none
soil fertility ... none
Climate-Crop-Soil water
Rain
Soil water profile
Soil salinity
Climate and Water balance
Production
Totals Run
Environment
10 mm/day
Tr
0
Scale
90 %
CC
0
time (day)
20 40 60 80 100 120 140 160 180
Dr
Flowering
SAT
0 mm
50
100
FC
Th1
Th3
PWP
Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 3
10 days
to date 9 June 2005
INPUT 5 June 2006
ETo mm/day
Rain mm/day
Irri mm/day
water quality dS/m
OUTPUT
4 June 2006
Simulation run: 2/9
Production
Biomass 9.229 ton/ha
Dry Yield 2.491 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity ... none
temperature (Transpiration) ... 38 %
water stresses
canopy expansion ... 5 %
stomatal closure ... 15 %
early senescence
weed infestation ... none
soil fertility ... none
Climate-Crop-Soil water
Rain
Soil water profile
Soil salinity
Climate and Water balance
Production
Totals Run
Environment
10 mm/day
Tr
0
Scale
90 %
CC
0
time (day)
20 40 60 80 100 120 140 160 180
Dr
SAT
0 mm
50
100
FC
Th1
Th3
PWP
Numerical output
Main Menu
Update


Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 4
10 days
to date 9 June 2005
INPUT 14 June 2007
ETo mm/day
Rain mm/day
Irri mm/day
water quality dS/m
OUTPUT
13 June 2007
Simulation run: 3/9
Production
Biomass 6.901 ton/ha
Dry Yield 1.611 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity ... none
temperature (Transpiration) ... 40 %
water stresses
canopy expansion ... 15 %
stomatal closure ... 20 %
early senescence
weed infestation ... none
soil fertility ... none
Climate-Crop-Soil water | Rain | Soil water profile | Soil salinity | Climate and Water balance | Production | Totals Run | Environment
Tr
Scale
CC
time (day)
Dr
Flowering
SAT
FC
Th1
Th3
PWP
Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 5
10 days
to date 9 June 2005
INPUT 15 June 2008
OUTPUT
14 June 2008
Simulation run: 4/9
Production
Biomass 2.888 ton/ha
Dry Yield 0.072 ton/ha
Stresses
soil salinity ... none
temperature (Transpiration) ... 41 %
water stresses
canopy expansion ... 32 %
stomatal closure ... 21 %
early senescence
weed infestation ... none
soil fertility ... none
Numerical output
Main Menu
Update
INPUT 29 May 2009
to date 9 June 2005
OUTPUT
28 May 2009
Simulation run: 5/9
Production
Biomass 9.538 ton/ha
Dry Yield 3.798 ton/ha
soil salinity ... none
temperature (Transpiration) ... 34 %
water stresses
canopy expansion ... 5 %
stomatal closure ... 14 %
early senescence
weed infestation ... none
soil fertility ... none
Numerical output
Main Menu
Update

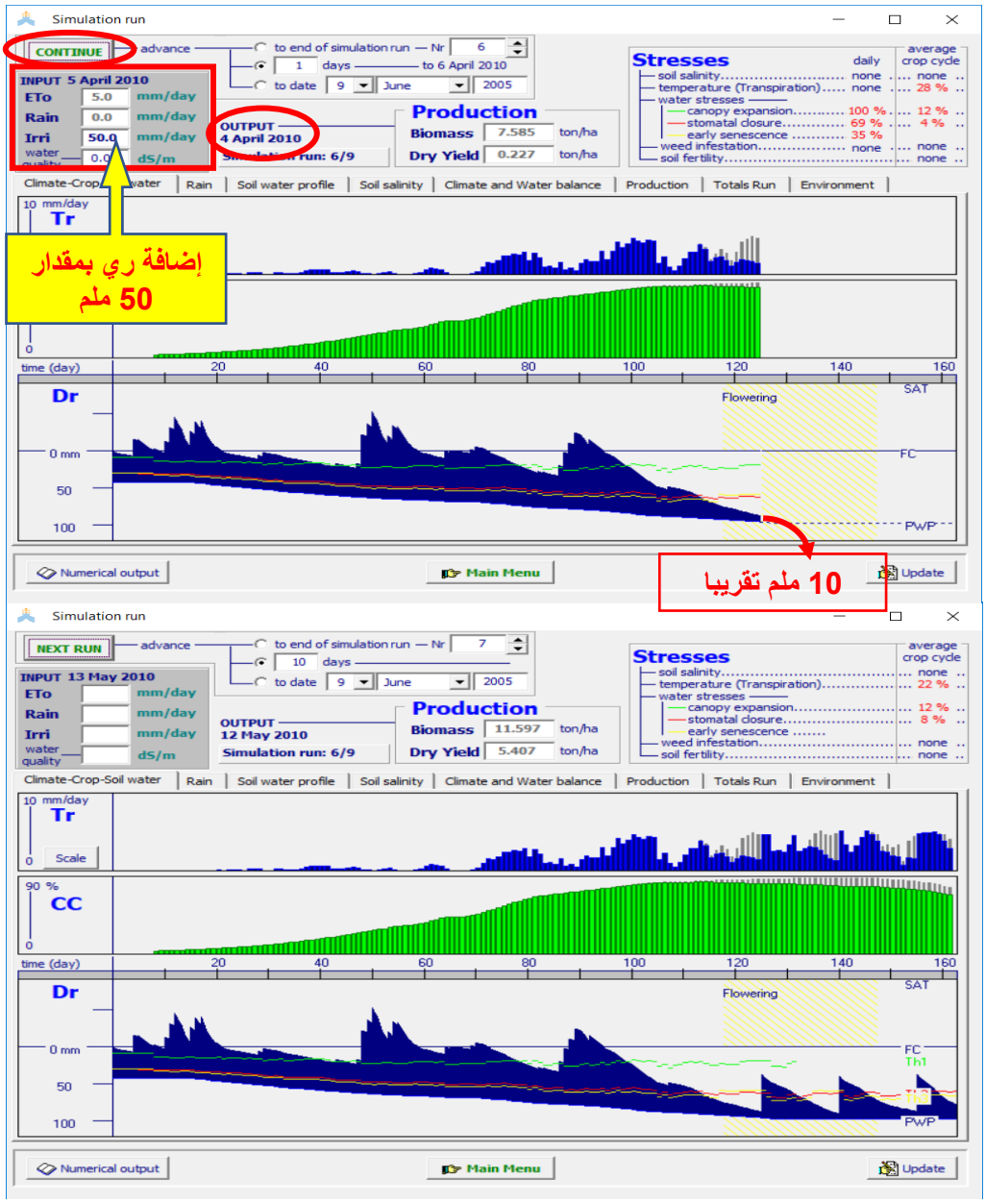

Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 7
10 days
to date 9 June 2005
INPUT 13 May 2010
ETo mm/day
Rain mm/day
Irri mm/day
water quality dS/m
OUTPUT
12 May 2010
Simulation run: 6/9
Production
Biomass 7.928 ton/ha
Dry Yield 1.291 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity none
temperature (Transpiration) 22 %
water stresses
canopy expansion 17 %
stomatal closure 25 %
early senescence
weed infestation none
soil fertility none
Climate-Crop-Soil water | Rain | Soil water profile | Soil salinity | Climate and Water balance | Production | Totals Run | Environment
Tr
Scale
CC
time (day)
Dr
Flowering
SAT
FC
Th1
Th3
PWP
Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 8
10 days
to date 9 June 2005
INPUT 25 May 2011
OUTPUT
24 May 2011
Simulation run: 7/9
Production
Biomass 10.774 ton/ha
Dry Yield 4.569 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity none
temperature (Transpiration) 30 %
water stresses
canopy expansion 6 %
stomatal closure 12 %
early senescence
weed infestation none
soil fertility none
Climate-Crop-Soil water | Rain | Soil water profile | Soil salinity | Climate and Water balance | Production | Totals Run | Environment
Tr
Scale
CC
time (day)
Dr
Flowering
SAT
FC
Th1
Th3
PWP
Simulation run
NEXT RUN
advance
to end of simulation run — Nr 9
10 days
to date 9 June 2005
INPUT 5 June 2012
OUTPUT
4 June 2012
Simulation run: 8/9
Production
Biomass 5.611 ton/ha
Dry Yield 0.975 ton/ha
Stresses
average crop cycle
soil salinity none
temperature (Transpiration) 42 %
water stresses
canopy expansion 18 %
stomatal closure 18 %
early senescence
weed infestation none
soil fertility none
Climate-Crop-Soil water | Rain | Soil water profile | Soil salinity | Climate and Water balance | Production | Totals Run | Environment
Tr
Scale
CC
time (day)
Dr
Flowering
SAT
FC
Th1
Th3
PWP
Numerical output
Main Menu
Update



كما يلاحظ من نتائج المحاكاة لإنتاجية محصول القمح البعل في لبنان الفوارق الكبيرة في الإنتاجية في المواسم التسعة حتى في المواسم التي يتساوى فيها الهطول المطري كما هو الحال في عامي 2011 و2012 (4.569 و0.975 طن/هكتار على التتالي) رغم تساوي إجمالي الهطول المطري في الموسمين (591 و590 ملم على التتالي) وذلك بسبب اختلاف توزع الهطول المطري خلال الموسم.

للتخفيف من انخفاض الإنتاجية للمحاصيل البعلية نتيجة نقص الأمطار يمكن استخدام برنامج AquaCrop لتحديد مواعيد ريات عند الوصول لمراحل حرجة من الرطوبة, فمثلا وجد من خلال تتبع قيم رطوبة التربة لزراعة القمح بالاعتماد على الأمطار فقط في كل من تل عمارة في لبنان و كوديات في تونس وجنين في فلسطين ومرشوش في المغرب أنه يمكن تخفيف انخفاض إنتاجية القمح نتيجة نقص الأمطارمن خلال تطبيق الري التكميلي من خلال إضافة رية بكمية 50 ملم عندما تصل رطوبة التربة إلى قيمة 10 ملم فوق حد الذبول ووجد أنه من خلال تطبيق هذا المعيار قد يكون هناك حاجة لتطبيق رية واحدة إلى ثلاث ريات تكميليات خلال الموسم وذلك حسب كمية و توزع الأمطار. يمكن تحديد تواريخ إضافة مياه الري باستخدام برنامج AquaCrop بإجراء محاكاة يومية (Real Time Simulation) وتتبع رطوبة التربة في منطقة الجذور بحيث يتم إضافة كمية مياه ري بمقدار 50 ملم عندما تصبح رطوبة التربة مساوية إلى 10 ملم

فوق حد الذبول ويتم وذلك في برنامج AquaCrop من خلال تحديد كمية مياه الري في مربع Irri في لوحة المدخلات, يبين الشكل اللاحق الحاجة إلى تطبيق ري بعمق 50 ملم بتاريخ 5 Apr 2010 بسبب اقتراب رطوبة التربة في منطقة الجذور من 10 ملم فوق حد الذبول تقريبا بتاريخ 4 Apr 2010.وبمتابعة المحاكاة اليومية تظهر الحاجة لعمليتي ري إضافيتين الثانية بتاريخ 20 Apr 2010 والثالثة بتاريخ 5 May 2010.



الفصل السادس نوعية مياه الري (Irrigation water quality):

يقوم برنامج AquaCrop بحساب كمية الأملاح المتراكمة في منطقة الجذور و يأخذ بعين الاعتبار عند محاكاة تطور الغطاء النباتي للمحصول تأثير الأجهاد الناتج عن تراكم الأملاح على نمو المحصول وإنتاجيته.

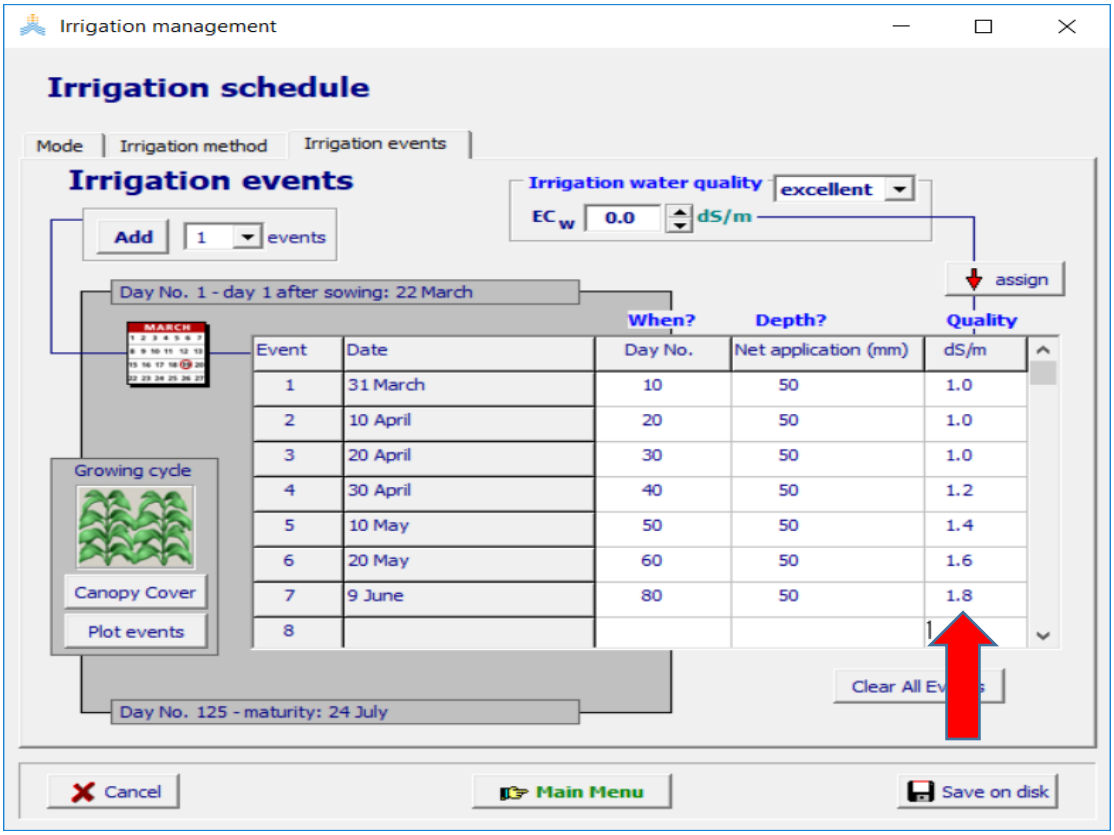
يتم التعبير عن نوعية المياه عن طريق الناقلية الكهربائية electrical conductivity(ECw) لمياه الري مقدرة بواحدة القياس ديسي سيمنس بالمتر deciSiemens per meter(dS/m).

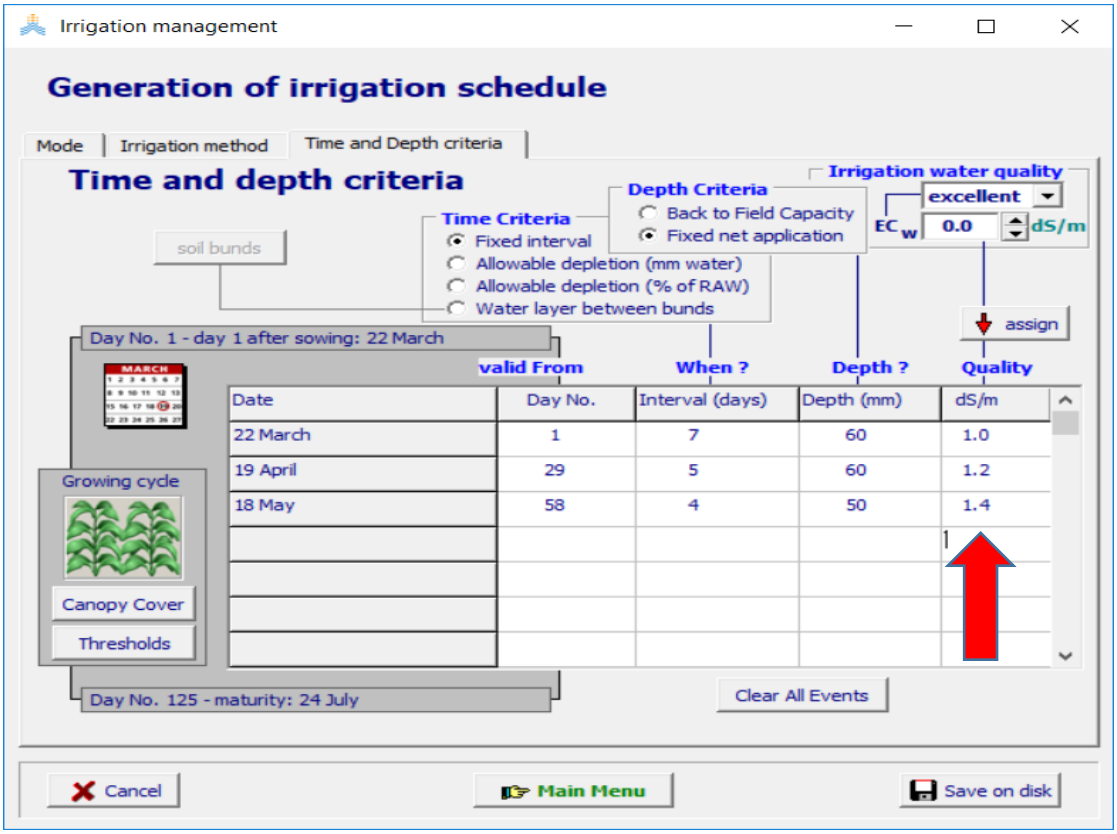
يبيين الجدول التالي القيم التأشيرية المعتمدة في برنامج AquaCrop لنوعية المياه

جدول رقم (5) : قيم تأشيريه لفئات نوعية مياه الري (EC_w).

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

تحدد نوعية مياه الري في حالتي جدولة الري (Irrigation schedule) وإعداد جدول ري (Generation of irrigation schedule) لكل عملية ري على حدى إذا كانت نوعية مياه الري متغيرة خلال موسم النمو كما هو مبين في الشكلين اللاحقين

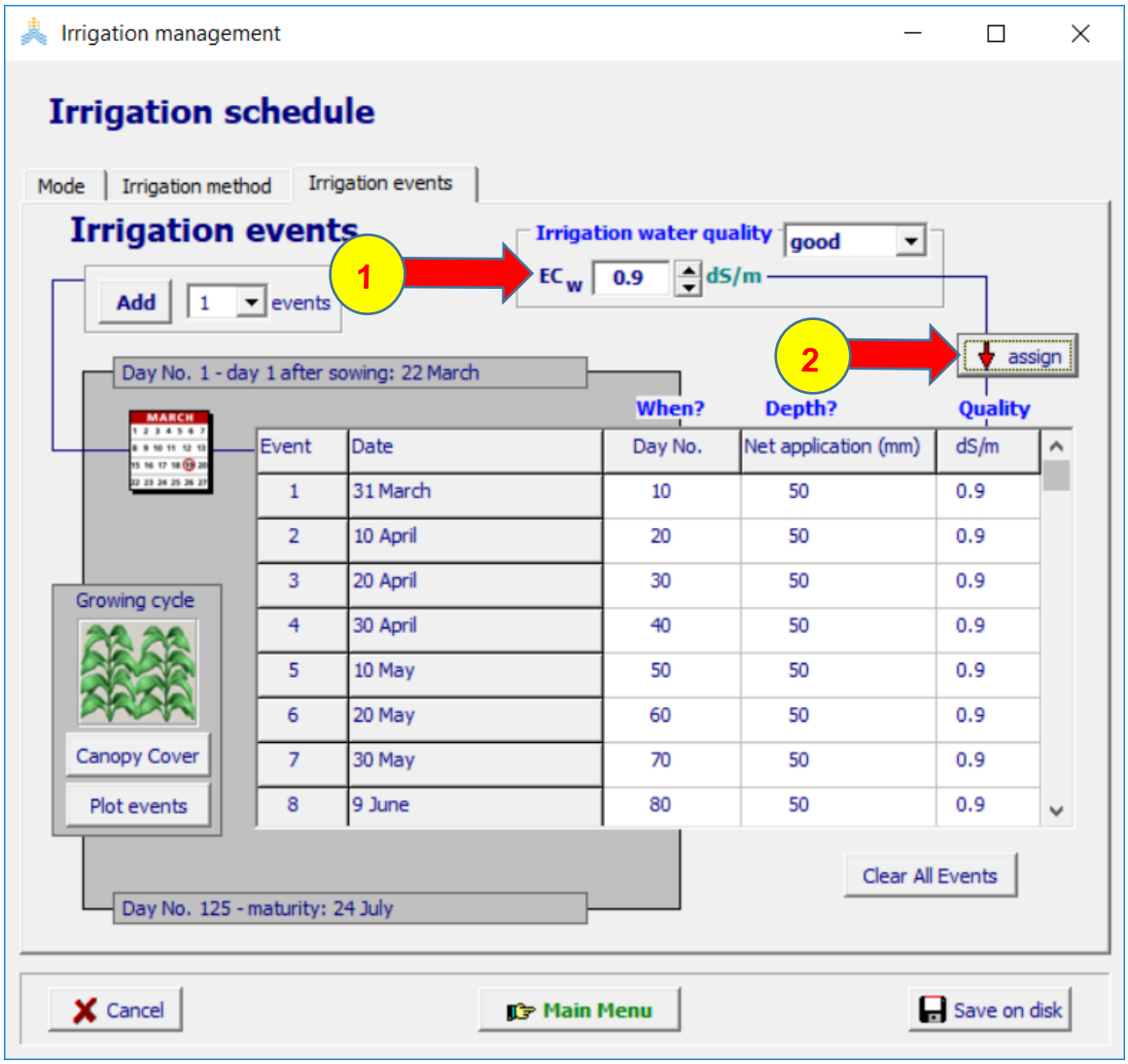

Irrigation management
Irrigation schedule
Mode
Irrigation method
Irrigation events
Irrigation events
Irrigation water quality
excellent
EC w
0.0
dS/m
Add
1
events
assign
Day No. 1 - day 1 after sowing: 22 March
When?
Depth?
Quality
Event
Date
Day No.
Net application (mm)
dS/m
1 31 March 10 50 1.0
2 10 April 20 50 1.0
3 20 April 30 50 1.0
4 30 April 40 50 1.2
5 10 May 50 50 1.4
6 20 May 60 50 1.6
7 9 June 80 50 1.8
8
Growing cycle
Canopy Cover
Plot events
Clear All Ev
Day No. 125 - maturity: 24 July
Cancel
Main Menu
Save on disk


Irrigation management
Generation of irrigation schedule
Mode
Irrigation method
Time and Depth criteria
Time and depth criteria
Irrigation water quality
excellent
EC w
0.0
dS/m
Depth Criteria
Back to Field Capacity
Fixed net application
Time Criteria
Fixed interval
Allowable depletion (mm water)
Allowable depletion (% of RAW)
Water layer between bunds
soil bunds
assign
Day No. 1 - day 1 after sowing: 22 March
valid From
When ?
Depth ?
Quality
Date
Day No.
Interval (days)
Depth (mm)
dS/m
22 March 1 7 60 1.0
19 April 29 5 60 1.2
18 May 58 4 50 1.4
Growing cycle
Canopy Cover
Thresholds
Day No. 125 - maturity: 24 July
Clear All Events
Cancel
Main Menu
Save on disk

أما إذا كانت نوعية مياه الري ثابتة لكل عمليات الري خلال الموسم فيمكن تحديد نوعية مياه الري لكل عمليات الري باتباع الخطوات التالية:

1- تحديد قيمة الناقلية الكهربائية لمياه الري EC_w (0.9 في المثال المبين في الشكل أدناه).

2- اختيار الأمر assign.



الفصل السابع-احتياجات الغسيل(LR) Leaching requirements :

يعتبر تراكم الأملاح المنحلة الزائدة في منطقة الجذور في الأراضي المروية في المناطق الجافة وشبه الجافة مشكلة واسعة الانتشار وتؤثر بشكل ملموس على إنتاجية المحاصيل في مناطق واسعة من العالم.

يشكل التبخر-نتح السبب الرئيسي لتراكم الأملاح في الأراضي الزراعية المروية حيث يؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح في الماء المتبقي في التربة.

تتجلى آثار ازدياد ملوحة التربة في ترهل النباتات والحد من نمو المحاصيل وانخفاض الإنتاجية , وفي الحالات الشديدة يمكن أن يتسبب ازدياد ملوحة التربة في فشل المحصول كليا.

تحد الملوحة من امتصاص النباتات للماء عن طريق الحد من القدرة التناضحية مما يجعل امتصاص الماء أكثر صعوبة بالنسبة للنبات, و تسبب بعض الأملاح سمية للنبات ببعض الآيونات (الشوارد السالبة) أو اضطرابا للتوازن الغذائي للنبات.

كما يؤثر تركيب الأملاح في مياه التربة على تركيب الكاتيونات (الشوارد الموجبة) في نظام التبادل لجزيئات التربة والذي يؤثر على نفاذية التربة وقابليتها للحراثة.

تتأثر الزراعة المروية (والتي تشكل 35-40% من الزراعة في العالم) سلبا بملوحة التربة في نصف المساحة المروية تقريبا (بمساحة إجمالية حوالي 250 مليون هكتار), منها حوالي 20 مليون هكتار تدهورت بشدة نتيجة الملوحة.

لمنع تراكم الأملاح المنحلة الزائدة في الترب المروية يجب تطبيق ري في منطقة الجذور بعمق أكبر من العمق اللازم لتعويض الفاقد من رطوبة التربة نتيجة التبخر-نتح لغسل الأملاح المنحلة الزائدة.

تدعى كمية المياه المطبقة في عملية الري والزائدة عن الاحتياج التبخري للمحصول باحتياجات الغسيل Leaching requirements (LR).

حساب احتياجات الغسيل:

حالة الري السطحي والري بالرذاذ:

تعطى متطلبات الغسيل في حالة الري السطحي والري بالرذاذ بالعلاقة التالية:

$$LR = \frac{EC_w}{5EC_e - EC_w} \qquad (1.6)$$

حيث

LR احتياجات الغسيل كنسبة مئوية من المقنن المائي.

ECe الناقلية الكهربائية لمياه التربة في منطقة الجذور المسموح بها من أجل خفض نسبة معينة من الانتاجds/m (mmohs/cm) ميليموز/سم.

ECw الناقلية الكهربائية لمياه الريds/m (mmohs/cm) ميليموز/سم.

اذا كانت قيمة LR المحسوبة أقل من 0.1 لا داعي لإضافة مياه غسيل لأنه سيكون هناك ضياعات إجبارية من مياه الري يتم من خلالها غسيل التربة (جدول رقم 6).

مثال:

حساب احتياج الغسيل لحقل ذرة يروى بالرذاذ, ملوحة مياه الري المستخدمة ECw=2.1 ds/m

من الجدول (6) نجد Ece=2.5

احتياج الري :

$$LR = \frac{2.1}{5(2.5) - 2.1} = 0.2$$

جدول رقم(6): قيم ECe التي تسبب انخفاضا 10% لإنتاجية محاصيل مختلفة

المحصول	EC	المحصول	EC
Field crops			
Barley	10	Rice	3.8
Cotton	9.6	Corn	2.5
Sugar beets	8.7	Flax	2.5
Wheat	7.4	Broadbeans	2.6
soybean	5.5	Cowpeas	2.2
sorghum	5.1	Beans	1.5
Groundnut	3.5		
Fruit and nut			
Date palm	6.8	Apricot	2
Fig olive	3.8	Grape	2.5
pomegranate	3.8	Almond	2
Grapefruit	2.4	Plum	2.1
Orange	2.3	Blackberry	2
Lemon	2.3	Boysenberry	2
Apple pear	2.3	Avocado	1.8
Walnut	2.3	Raspberry	1.4
Peach	2.2	Strawberry	1.3
Vegetable crops			
beets	5.1	Sweet corn	2.5
broccoli	3.9	Sweet potato	2.4
Tomato	3.5	Pepper	2.2
Cucumber	3.3	Lettuce	2.1
Cantaloupe	3.6	Radish	2
Spinach	3.3	Onion	1.8
Cabbage	2.8	Carrot	1.7
Potato	2.5	Beans	1.5
Forage crops			
Tall wheat grass	9.9	Wild rye grass	4..4
Bermuda grass	8.5	Vetch	3.9
Barley(hav)	7.4	Alfalfa	3.4
Ray grass	6.9	Corn(forage)	3.2
Crested wheat	6	Berseem clover	3.2
Tall fescue	5.8	Orchard grass	3.1
Sudan grass	5.1	Clover	2.3

حالة الري بالتنقيط:

تعطى متطلبات الغسيل في حالة الري بالتنقيط بالعلاقة التالية:

$$LR = \frac{E_{cw}}{2(maxE_{ce})} \qquad (2.6)$$

بشرط أن يكون: Ecw <(max Ece+minEce)/2

جدول رقم (7):القيم الصغرى والعظمى لملوحة التربة لبعض المحاصيل

المحصول	Ece (ds/m)		المحصول	Ece (ds/m)	
	Min	max		Min	Max
Cotton	7.7	27	Apple	1.7	8
Sugar beet	7	24	Strawberry	1	4
Corn	1.7	10	Tomato	2.5	12.5
Beans	1	6.5	Cucumber	2.5	10
Olive	2.7	24	Spinach	2	15
Orange	1.7	8	Potato	1.7	10
Apricot	1.6	6	Sweet corn	1.7	10
Grape	1.5	12	Sweet potato	1.5	10.5
Lemon	1.7	8	Lettuce	1.3	8
Onion	1.2	7.5	Carrot	1	8
beans	1	6.5			

Max Ece ملوحة التربة التي تسبب انخفاض انتاجية المحصول الى الصفر اي انه عند هذه الملوحة سيكون النبات عاجزا عن امتصاص الماء و يتوقف عن النمو.

اذا كانت Ece≤min Ece لن يحصل اي انخفاض على انتاجية المحصول.

مثال:

حساب احتياج الغسيل لحقل مشمش يروى بالتنقيط, ملوحة مياه الري المستخدمة ECw=3 ds/m

من الجدول (7) نجد Max Ece=6

احتياج الغسيل $LR = \frac{3}{2(6)} = 0.25$

الفصل الثامن: معايرة AquaCrop والتحقق من صحته

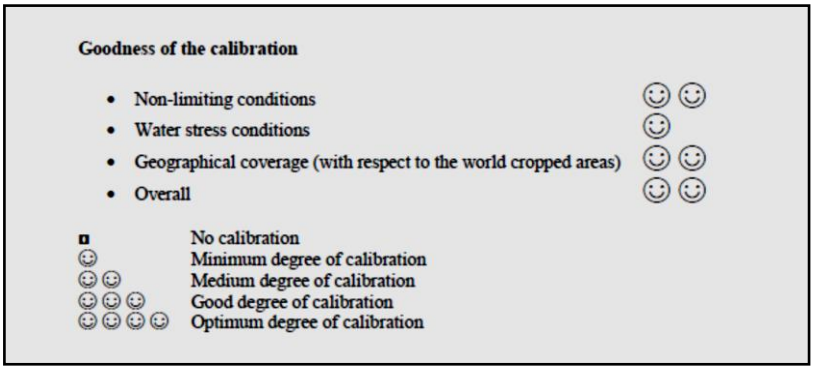
تحتوي قاعدة بيانات برنامج AquaCrop خمسة عشرة ملف محصول من المحاصيل الأساسية وهي:

الشوندر السكري (البنجر) – قصب السكر - القمح – الرز - الشعير-– الذرة – الذرة الرفيعة – البطاطا – البندورة- القطن - الكينوا -التيف – عباد الشمس – فول الصويا – الفاصولياء الجافة.

تكون هذه الملفات معايرة بدرجات متفاوتة كما تشير ملاحق الدليل المرجعي لبرنامج AquaCrop،

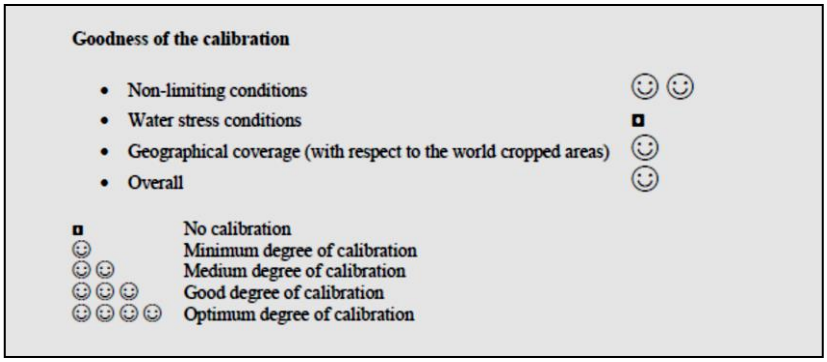
فمحصول القمح مثلا يكون معايرا كما يلي:

- المعايرة لحالة شروط النمو المثالية متوسطة الجودة.
- المعايرة لشروط الإجهاد المائي ضعيفة.
- وأن معايرته للمواقع الجغرافية المختلفة متوسطة.
- إجمالي معايرة المحصول متوسطة.



بينما تكون معايرة محصول الشوندر السكري:

- المعايرة لحالة شروط النمو المثالية متوسط الجودة.
- المحصول غير معاير إطلاقا لشروط الإجهاد المائي.
- وأن معايرته للمواقع الجغرافية المختلفة ضعيفة.
- إجمالي معايرة المحصول ضعيفة.



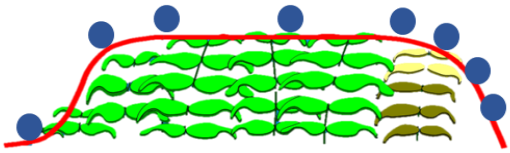
يصادف المستخدم حالتين من حالات المعايرة عند استخدامه لأحد المحاصيل الأساسية الموجودة في قاعدة بيانات البرنامج لإجراء المحاكاة:

الحالة الأولى: تم ضبط بارامترات المحصول ولم يتم التحقق من صحتها لظروف المستخدم الخاصة

في هذه الحالة يجب ضبط ومعايرة البارامترات غير المحافظة وهي:

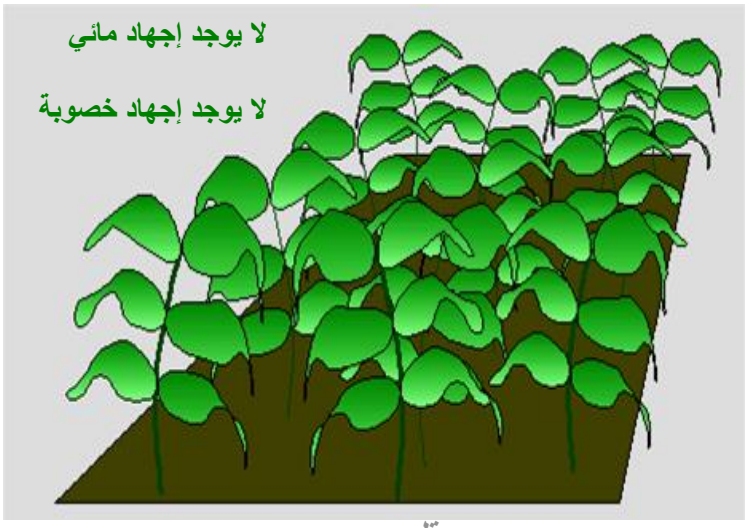
- **التي تتأثر بالزراعة / الإدارة**
  - حجم الغراس المنقولة (إذا كان المحصول يزرع بالشتول).
  - كثافة الغراس أو البذار.
  - الغطاء النباتي الأعظمي (CCx).
  - الزمن حتى ظهور 90 % من الغراس(CCo).
- **شروط تتأثر بمقطع التربة**
  - عمق الجذور الفعال الأعظمي.
  - الزمن لبلوغ عمق الجذور الفعال الأعظمي.
- **بارامترات المحصول المتعلقة بالصنف**
  - مؤشر الحصاد المرجعي*(HIo).
- **المناخ**
  - درجات الحرارة الصغرى والعظمى اليومية.
  - الهطول اليومي.
  - التبخر-نتح المرجعي اليومي (FAO Penman-Monteith)
- **التربة**
  - عمق التربة.
  - قوام التربة أو خصائصها الهيدروليكية (PWP, FC, SAT, Ksat)
- **رطوبة التربة**
  - رطوبة التربة عند الزراعة مستندة إلى قياسات حقلية أو مراقبات قريبة.

- **المحصول**
  - تاريخ الزراعة
  - كثافة الغراس
  - الفينولوجيا
    - الزمن حتى ظهور 90 % من الغراس(CCo).
    - الزمن لبلوغ الغطاء النباتي الأعظمي CCx.
    - الزمن لبدء شيخوخة الغطاء النباتي.
    - الزمن حتى النضج الفيزيولوجي.
    - الزمن لبدء الإزهار.
    - مدة الإزهار.
- **الاتجاه الموسمي للغطاء النباتي**



- **الكتلة الحيوية فوق الأرض عند الحصاد (مادة جافة)**
- **الكتلة الحيوية فوق الأرض عند الحصاد (مادة جافة)**

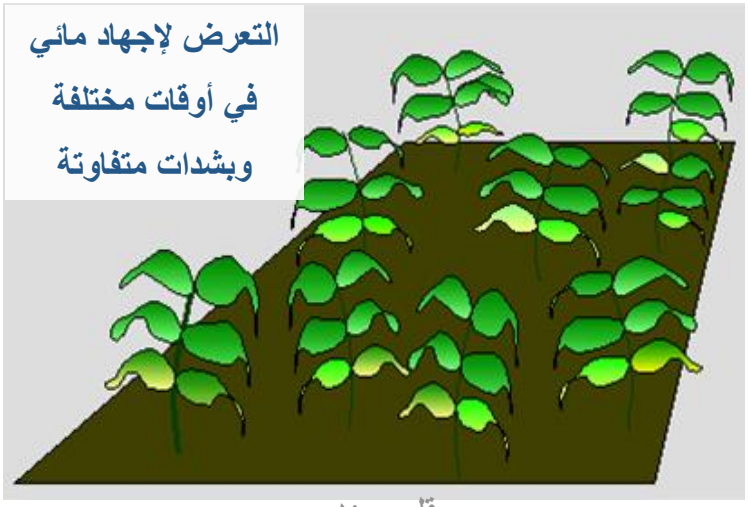
يتم الحصول على البيانات الخاصة بالمحصول من حقل مرجعي ينمو فيه المحصول في شروط مثالية ولايتعرض لأي إجهاد مائي أو إجهاد خصوبة أو أمراض وآفات.



حقل مرجعي
شروط نمو مثالية

الحالة الثانية: تم ضبط بارامترات المحصول ولكن من الضروري التحقق منها وتحسينها

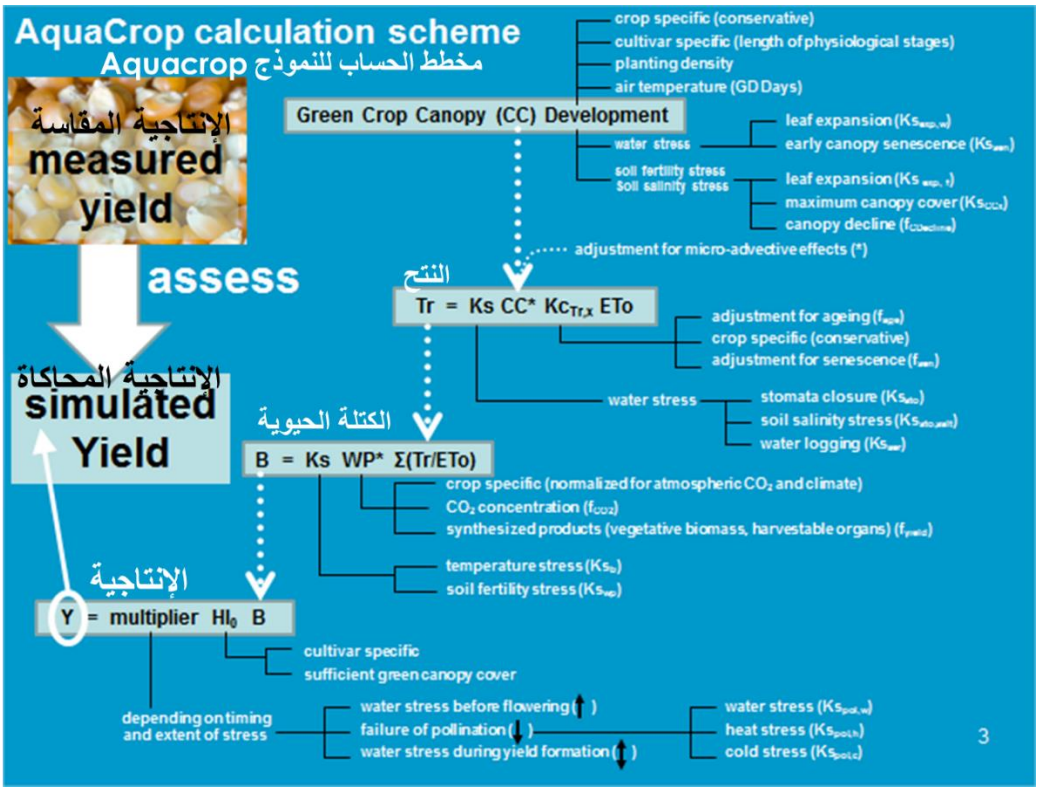
في هذه الحالة يجب ضبط ومعايرة البارامترات غير المحافظة والبارامترات المحافظة حيث تحتاج عملية المعايرة لبيانات من حقلين الأول حقل مرجعي ينمو فيه المحصول في شروط مثالية ولايتعرض لأي إجهاد مائي أو إجهاد خصوبة أو أمراض وآفات، وحقل مجهد يتعرض فيه المحصول لإجهاد مائي في مراحل مختلفة وبشدات متفاوتة.



حقل مجهد
شروط محدودية المياه

في الحالة الثانية تحتاج عملية المعايرة إلى قياسات للتبخر-نتح أو قياسات دورية لرطوبة التربة على أعماق مختلفة في منطقة الجذور لحساب رطوبة التربة في منطقة الجذور، بالإضافة إلى البيانات التي وردت في الحالة الأولى.

تتبع عملية المعايرة نفس الخطوات التي يتبعها برنامج AquaCrop في مخطط الحساب



حيث يتم معايرة النموذج والتحقق من صحته باتباع التسلسل المبين :

1. الغطاء النباتي
2. نتح المحصول
3. انتاج الكتلة الحيوية فوق الأرض
4. الإنتاجية

تجري عملية المعايرة بمقارنة القيم المقاسة مع القيم المحسوبة بالنموذج بالاستعانة بالمخططات البيانية وتحديد البارامتر الواجب تعديله وإعادة تشغيل المحاكاة بعد تعديل البارامتر المحدد وإعادة التحقق من تقارب القيم المقاسة والقيم المحسوبة بالنموذج بواسطة المخططات البيانية وتقييم جودة المحاكاة بالاستعانة بالمؤشرات الإحصائية التي تقيس كفاءة النموذج.

المجالات المقبولة لقيم المؤشرات الإحصائية

المؤشر الإحصائي	R^2	NRMSE	EF	d
	0 - 1	0 - 100%	−∞ - 1.0	0 - 1
جيد جدا	≥0.90	≤ 5%	≥0.80	≥ 0.9
جيد	0.80-0.89	6 – 15%	0.60 – 0.79	0.80 – 0.89
مرض	0.70-0.79	16 – 25%	0.40 – 0.59	0.65 – 0.79
غير مرض	< 0.70	>25%	<0.40	<0.65

الفصل التاسع: التغيرات المناخية

التغيرات المناخية في المنطقة العربية:

خلصت الدراسات التي أُجريت منذ أوائل القرن العشرين إلى أن المناخ يتغير فعلاً. وأظهرت السجلات المناخية التاريخية أن متوسط درجة الحرارة العالمية ارتفع أثناء الأعوام ال 165 الماضية، حيث إن عام 2016 اعتُبر العام الأعلى حرارةً على الإطلاق من جانب المنظمة العالمية للأرصاد الجوية التي حددت أن متوسط حرارة الأرض اليوم يتجاوز ما كان عليه قبل الثورة الصناعية بما قدره 1.1 درجة مئوية. ويشير تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ إلى أنّه من المتوقع أن يزداد متوسط درجة حرارة سطح الأرض عالمياً بمقدار 1.1 درجة مئوية على الأقل بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين في ظل سيناريو الانبعاثات المعتدل، أو بما يصل إلى 4.8 درجة مئوية في ظلّ السيناريو الأسوأ، مقارنة بالفترة المرجعية 2005 - 1986. وبموازاة ذلك، يؤكد التقرير المذكور أن ظاهرة درجات الحرارة المتطرفة ستغدو أكثر تواترا في معظم الأراضي بقدر ما يرتفع متوسط درجة حرارة سطح الأرض عالمياً. ويشرح التقرير بالتفصيل مدى اتساع وحدّة المخاطر الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي تعزى إلى تغيّر المناخ، لا سيما مع ارتفاع درجات الحرارة تتجاوز 1.5 درجة مئوية ودرجتين مئويتين قياساً بما قبل الثورة الصناعية. ومع أن هذه التقييمات الدولية توفر معلومات مهمة عن التغيّرات العالمية والأخطار التي تهدد النظم العالمية، من الأهمية إدراك ما يعنيه ذلك بالنسبة للمنطقة العربية التي تعاني أصلاً من الحرارة المرتفعة وشح المياه. ولإدراك ذلك، يتعين تقييم هذه التغيّرات في درجات الحرارة عالمياً انطلاقاً من زاوية إقليمية تميز الخصائص والظروف والمعوقات الإقليمية. ويجب ترسيخ هذه الجهود في إطار العلم الذي يمكن أن يوضح السياسات اللازم اتباعها للتكيف مع الآثار السلبية لهذه التغيرات.

مبادرة ريكار RICCAR: إدراكًا لهذه المسألة المُلِحَّة، اعتُمِدَ الإعلان الوزاري العربي حول التغيّر المناخي من قبل مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة في كانون الأوَّل/ديسمبر 2007 . وقد دعا هذا الإعلان إلى إجراء تقييم لأثر تغيّر المناخ على الموارد المائية، تمهيداً لوضع الاستراتيجيات والتدابير اللازمة للتكيّف مع هذه الظاهرة في المنطقة العربية. وجرى التأكيد على هذه الدعوة في الجلسة الوزارية الخامسة والعشرين للجنة الأمم المتّحدة الاقتصادية والاجتماعية

لغربي آسيا (الإسكوا) في أيَّار/مايو 2008 ، التي اعتمدت قرارًا يقضي بتكليف الإسكوا بإعداد تقييم للمخاطر التي قد تطال التنمية الاجتماعية-الاقتصادية بفعل تغيّر المناخ، مع التركيز بصورةٍ خاصّة على موارد المياه العذبة. وفي كانون الثاني/يناير 2009 ، أقرَّت القمّة العربية التنموية الاقتصادية والاجتماعية إعداد مشروع لتقييم آثار تغيّر المناخ على الموارد المائية في المنطقة العربية. استجابةً لهذه النداءات، أطلِقَت في العام 2011 المبادرة الإقليمية لتقييم آثار تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثّر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية **(مبادرة ريكار)**، من خلال آلية تنفيذ تعاونية بين الأمم المتّحدة وجامعة الدول العربية، وبمشاركة 11 منظّمة شريكة إقليمية ودولية. وفي إطار مبادرة ريكار، تمّ إنتاج عدّة توقّعات للمنطقة العربية لغاية العام 2100 ، تضمّنت تقييمًا لآثار تغيّر المناخ من حيث التغيّر في درجة الحرارة، والتغيّر في معدّلات هطول الأمطار، المؤشّرات المناخية المتطرّفة، والتغيّر في جريان المياه السطحية، والمتغيّرات الهيدرولوجية، إلخ. ثمّ استُخدِمَت هذه التوقّعات والنواتج كمدخلاتٍ ضمن عملية تقييم قابلية التأثّر لتحديد المناطق الأكثر عرضة للتأثّر بتغيّر المناخ في المنطقة العربية.

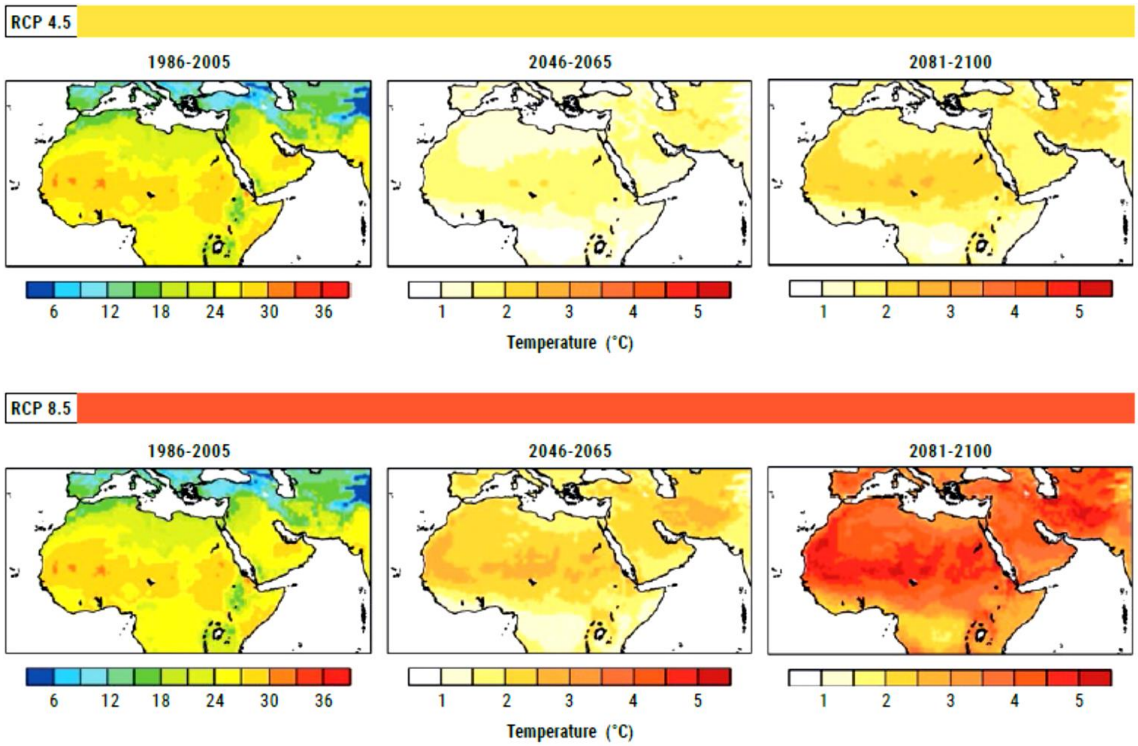
أظهرت النماذجُ المناخية الإقليمية التي أجريَت من خلال مبادرة «ريكار » آثارَ تغيّر المناخ على المنطقة العربية التي تعاني من نُدرة المياه، من خلال الارتفاع في درجات الحرارة وانخفاض معدّلات هطول الأمطار كما هو مُبيَّن في الشكلين اللاحقين. ويُحدَّد أثر التغيّر في هذه المتغيّرات المناخية بمقارنة الفترة المتوقّعة 2081 - 2100 مع الفترة المرجعية 1986 - 2005 . ويشيرُ التغيّر العام في درجات الحرارة في نهاية القرن إلى ارتفاعٍ في متوسّط درجة الحرارة السنوية بين درجة مئوية واحدة و 3 درجات مئوية بحسب مسار التركيز التمثيلي 4.5 ، وبين درجتَين و 5 درجات مئوية بحسب المسار 8.5 بالنسبة إلى المنطقة العربية.

وهناك فوارق إقليمية شاسعة في الزيادات المختلفة في أنحاء المنطقة. فسيشهد الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسّط وشمال أفريقيا بشكلٍ عام ارتفاعًا في متوسّط درجة الحرارة، بحوالى 2.5 درجة مئوية، ويُتوقَّع وصول أقصى زيادة إلى 3.4 درجات في منطقة جبال الأطلس في المغرب، وصعيد مصر، وجنوب شبه جزيرة سيناء.

وسيشهد الجزء الشمالي الشرقي من شبه الجزيرة العربية أكبر زيادة في درجات الحرارة، حيث تصل إلى حوالى 4.2 درجة مئوية في أعالي حوض نهر دجلة والفرات. وفي بلدان جنوب الصحراء الكبرى، من المتوقّع أن تصل الزيادة في درجة الحرارة إلى ما بين 3.5 درجة مئوية و

4.0 درجة مئوية. كذلك، ستشهد شبه الجزيرة العربية زياداتٍ تدريجية في متوسّط درجات الحرارة على المدى الطويل في القرن المقبل، لتصل إلى 24 درجة مئوية بحلول العام 2100 ، وربّما تبلغ 25 درجة مئوية. أمّا الارتفاع الأكبر في المنطقة والمتوقّع أن يبلغ 4.2 درجة مئوية، فستشهده المنطقة الممتدّة من شمال الحجاز إلى جنوب الأردن. ويشكّلُ ذلك تأكيدًا للدراسات السابقة التي أظهرت أنّه من المتوقّع أن يزداد تدريجيًا متوسّط درجات الحرارة على المدى الطويل في منطقة الخليج، ليصل إلى 23.1 درجة مئوية في العشرينيات من القرن الجاري، و 23.9 درجة مئوية في الأربعينيات، و 25.1 درجة مئوية في السبعينيات.

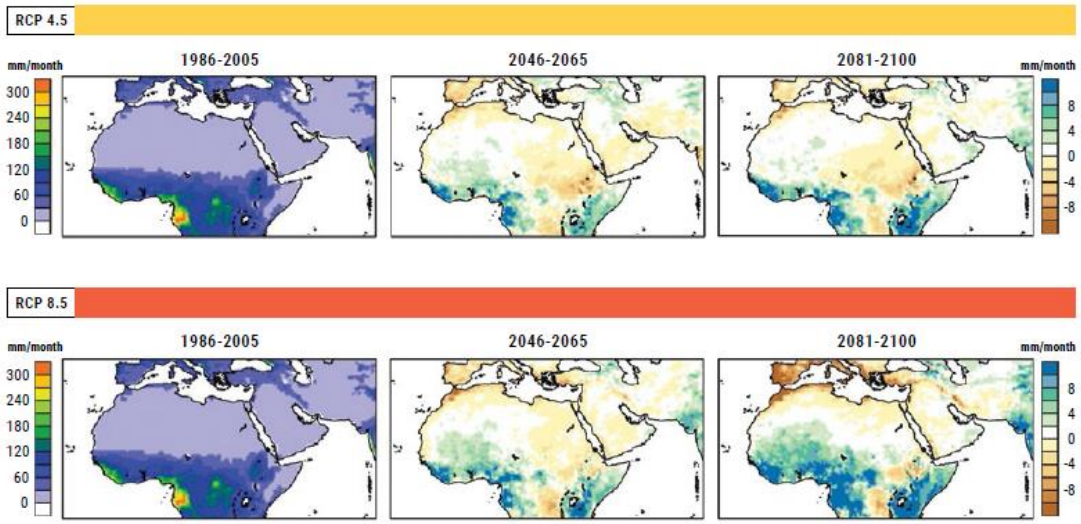
الشكل (): **متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية (درجة مئوية) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة إسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية.**



تتفاوت إسقاطات تغير معدل التساقطات إلى حد بعيد بين منطقة وأخرى في النطاق العربي ولايوجد اتجاه واحد لنتائجه السنوية ولا على مستوى الفصول. وفي الوسع ملاحظة اتجاهات نحو انخفاضه في القسم الأكبر من المنطقة العربية في منتصف القرن. ومع نهاية القرن يظهر كلا السيناريوهين انخفاضا بمعدل التساقطات الشهرية يصل حتى 8 – 10 ملم في المناطق الساحلية في النطاق العربي، وخصوصا في منطقة جبال الأطلس غربا وأعالي نهري دجلة والفرات شرقا. غير أن

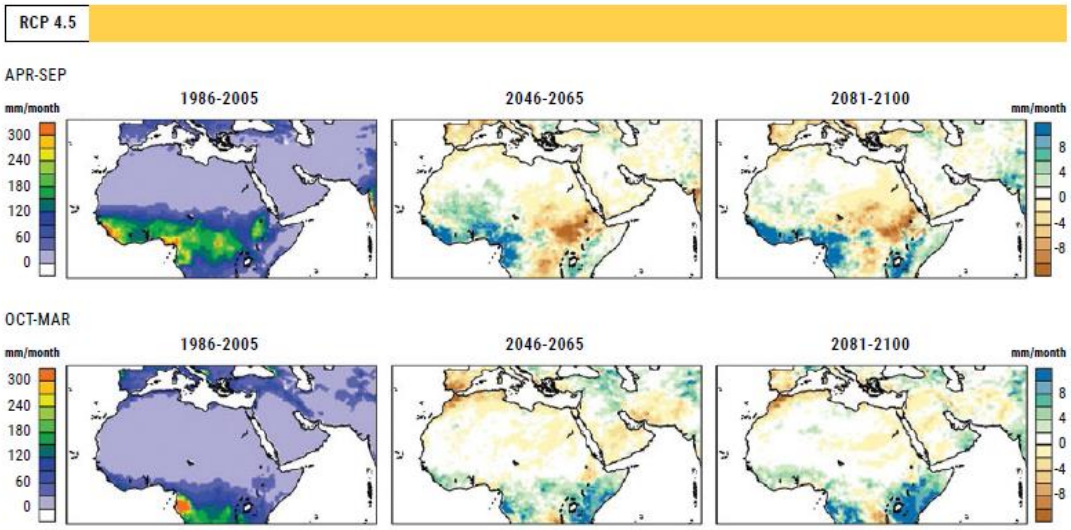
بعض الأنحاء تشهد اتجاهات نحو ارتفاعه من بينها الجزء الجنوبي الشرقي من شبه الجزيرة العربية وبعض أجزاء منطقة الساحل الأفريقي. ويختمل أن يعود هذا المنحى إلى انزياح نقطة الالتقاء المدارية (intertropical convergence zone ITCZ) والذي، وفقا لعدة دراسات، ينحو نحو الانتقال شمالا بسبب الاحترار. وبارتفاع الحرارة المسقط في هذه الأماكن، ينسجم اتجاه الإسقاطات المتعلقة بالتسلقطات مع هذه الفرضية.

الشكل ()): متوسط التغير في معدل التساقطات السنوية (ملم / بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة إسقاطات RCP 4.5 و RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية.

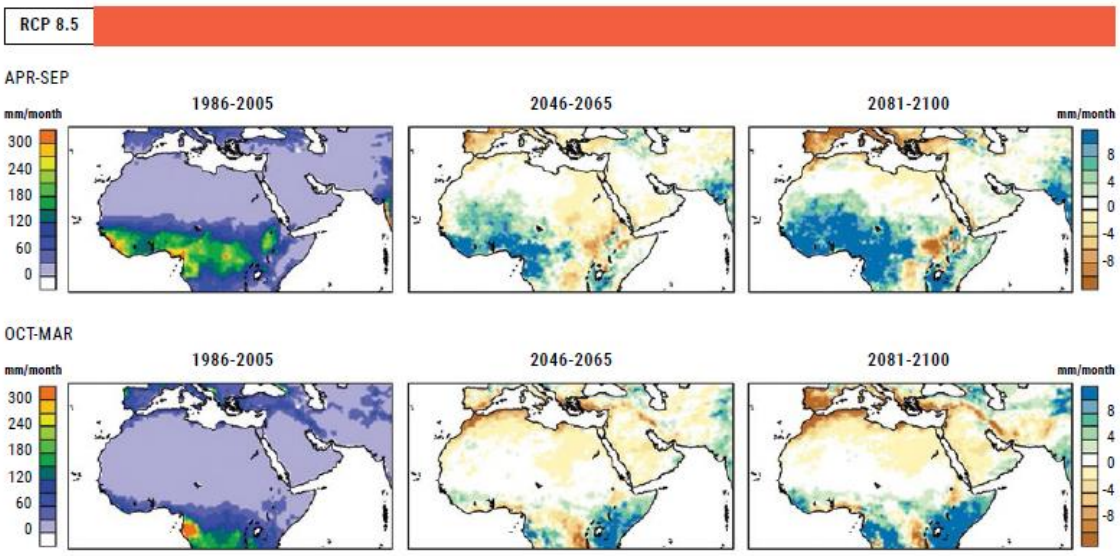


وعلى مستوى الفصول، من المسقط أن يكون تغير معدلات التساقطات على أشده أثناء أشهر الشتاء في بلدان البحر الأبيض المتوسط وسيكون سلبيا مع انخفاض يصل إلى 40% في أسوأ الحالات في مرتفعات المغرب، حسب الإسقاطات لنهاية القرن للسيناريو RCP 8.5.

الشكل (): متوسط التغير في معدل التساقطات حسب الموسم (ملم / بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة إسقاطات RCP 4.5 مقارنة بالفترة المرجعية.



الشكل (): متوسط التغير في معدل التساقطات حسب الموسم (ملم / بالشهر) في منتصف القرن ونهايته لمجموعة ثلاثة إسقاطات RCP 8.5 مقارنة بالفترة المرجعية.



الفصل العاشر : تمارين تطبيقية

التمرين الأول: جدولة الري الكامل لمحصول الذرة في جنين - فلسطين

إعداد جدول ري كامل لمحصول الذرة في جنين - فلسطين والذي سيروى بطريقة الري بالتنقيط، ثم تشغيل مشروع لمحاكاة انتاجية محصول الذرة في حالة الري الكامل.

المعطيات:

البيانات المناخية:
موجودة في الملف العام للمناخ JeninClimate.CLI وفي الملفات التي تحتوي البيانات المناخية اليومية (jenin.Tnx) , (jenin.ETo), (jenin.PLU) .

خصائص المحصول:
ملف محصول الذرة JeninMaize.CRO الذي يعتمد تقويم حرارة النمو (GDD)، تاريخ الزراعة هو 15 آب / Aug.

خصائص التربة:
ملف التربة JeninMaize.SOL لتربة جنين التي تتشكل من طبقة واحدة silty clay loam بسماكة 0.7 م.

شروط إدارة الحقل:
ملف إدارة الحقل NO90%.MAN حيث خصوبة التربة (Near Optimal 90 %) والغطاء النسبي للأعشاب الضارة 5%.

الشروط الابتدائية:
الملف JeninMaize.SW0 والذي تكون فيه رطوبة التربة مساوية للسعة الحقلية FC لتربة جنين.

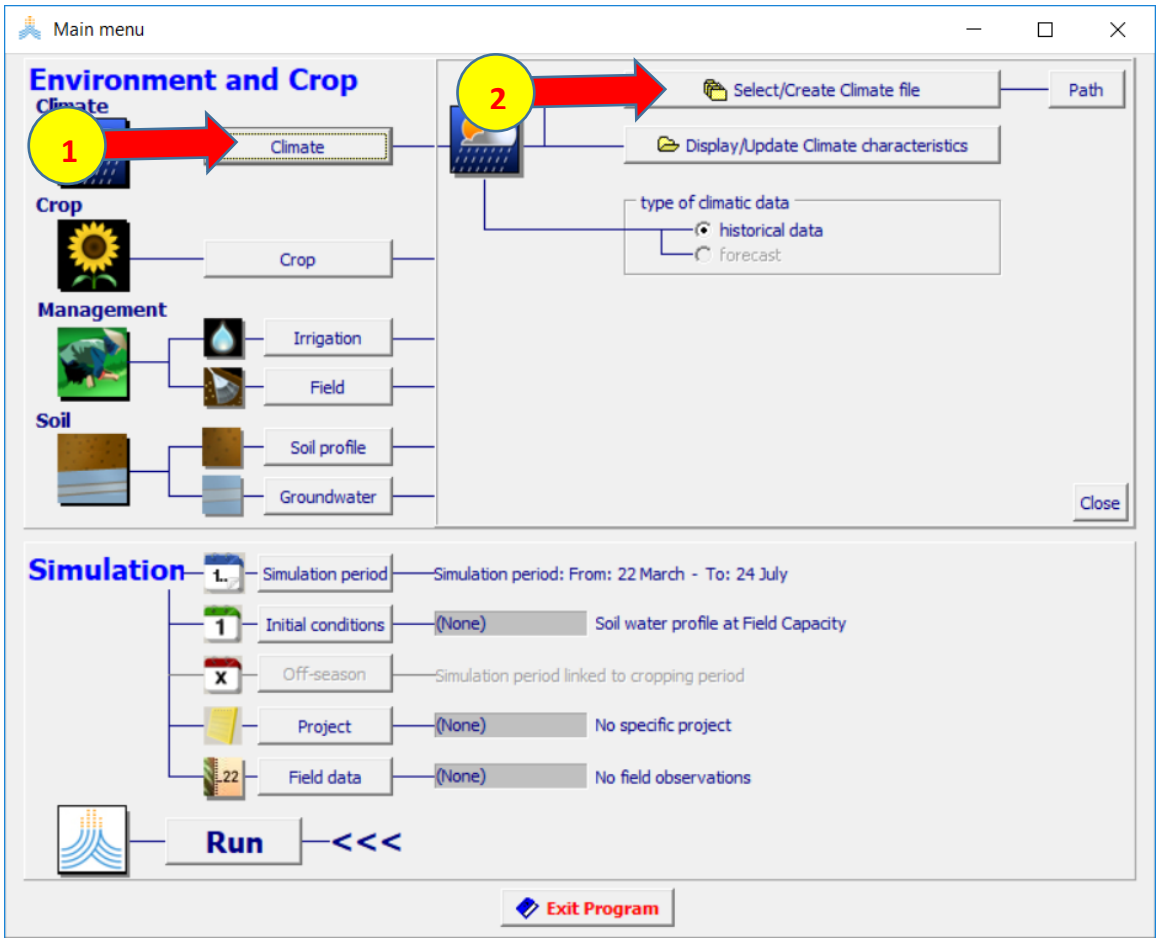
إنشاء مشروع محاكاة إنتاجية محصول الذرة المروي ريا كاملا

اختيار الملف المناخي

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Climate.

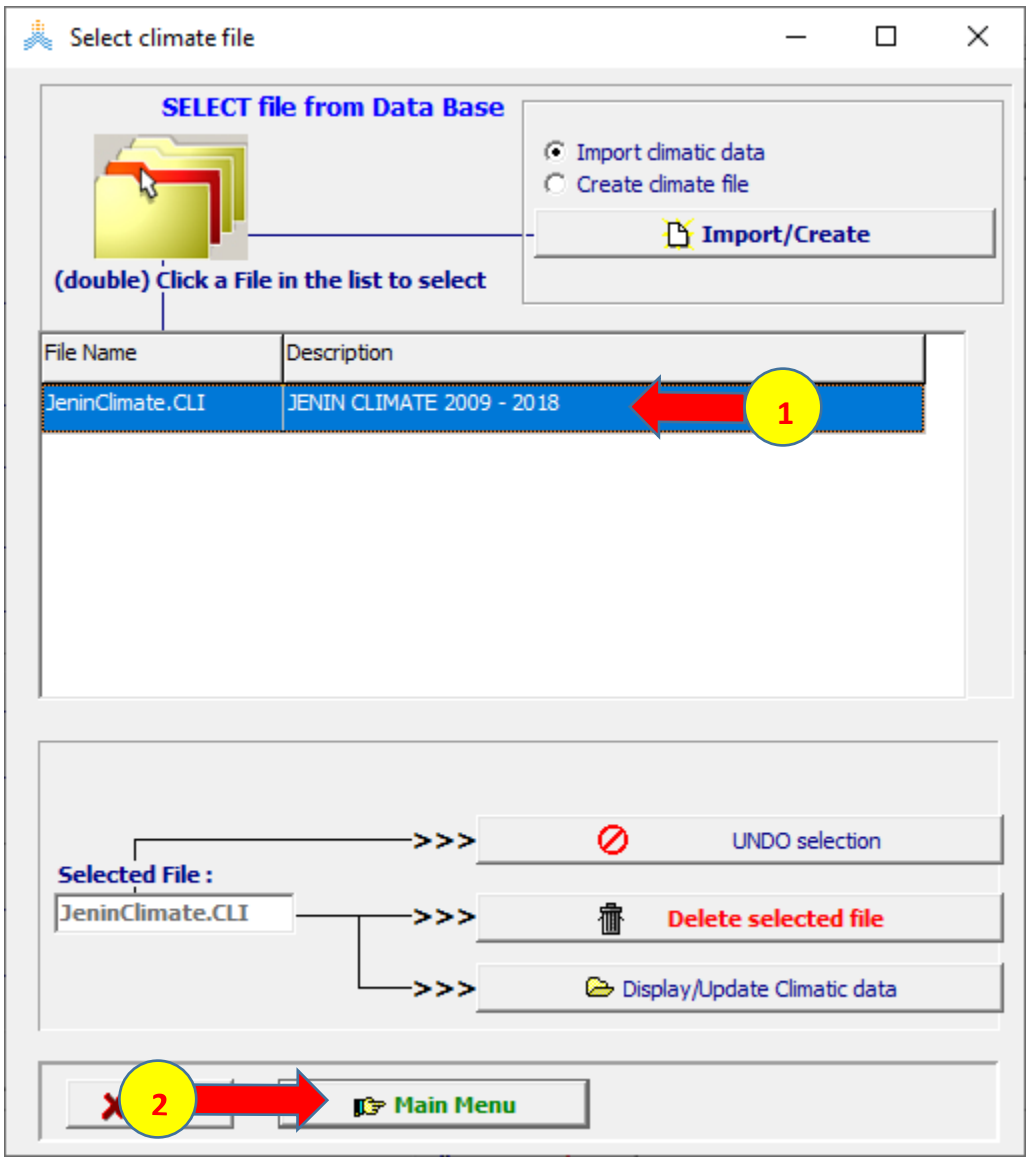
2- اختر الأمر Select/Create Climate file.



في الواجهة Select climate file:

1- اختر الملف JeninClimate.CLI.

2- اختر الأمر Main Menu.

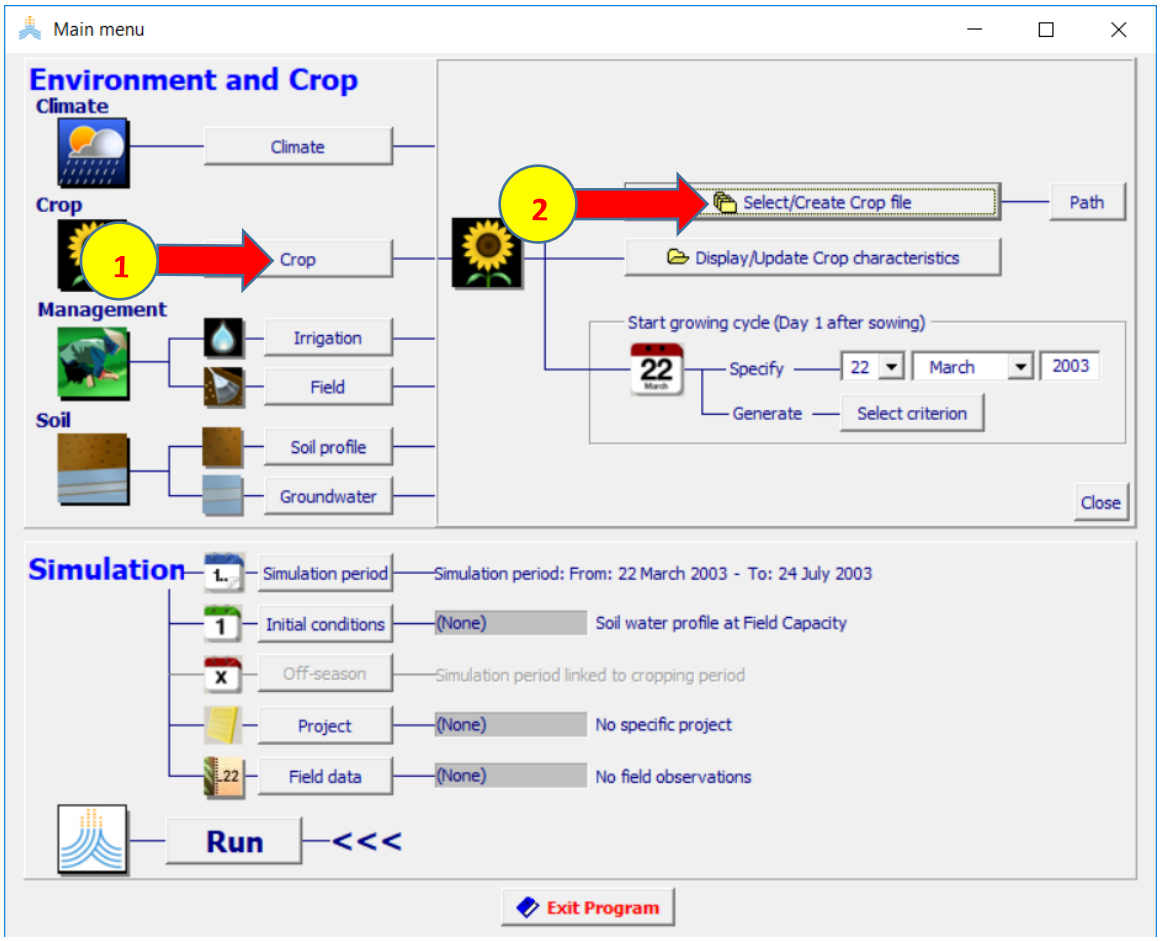


اختيار ملف المحصول

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Crop.

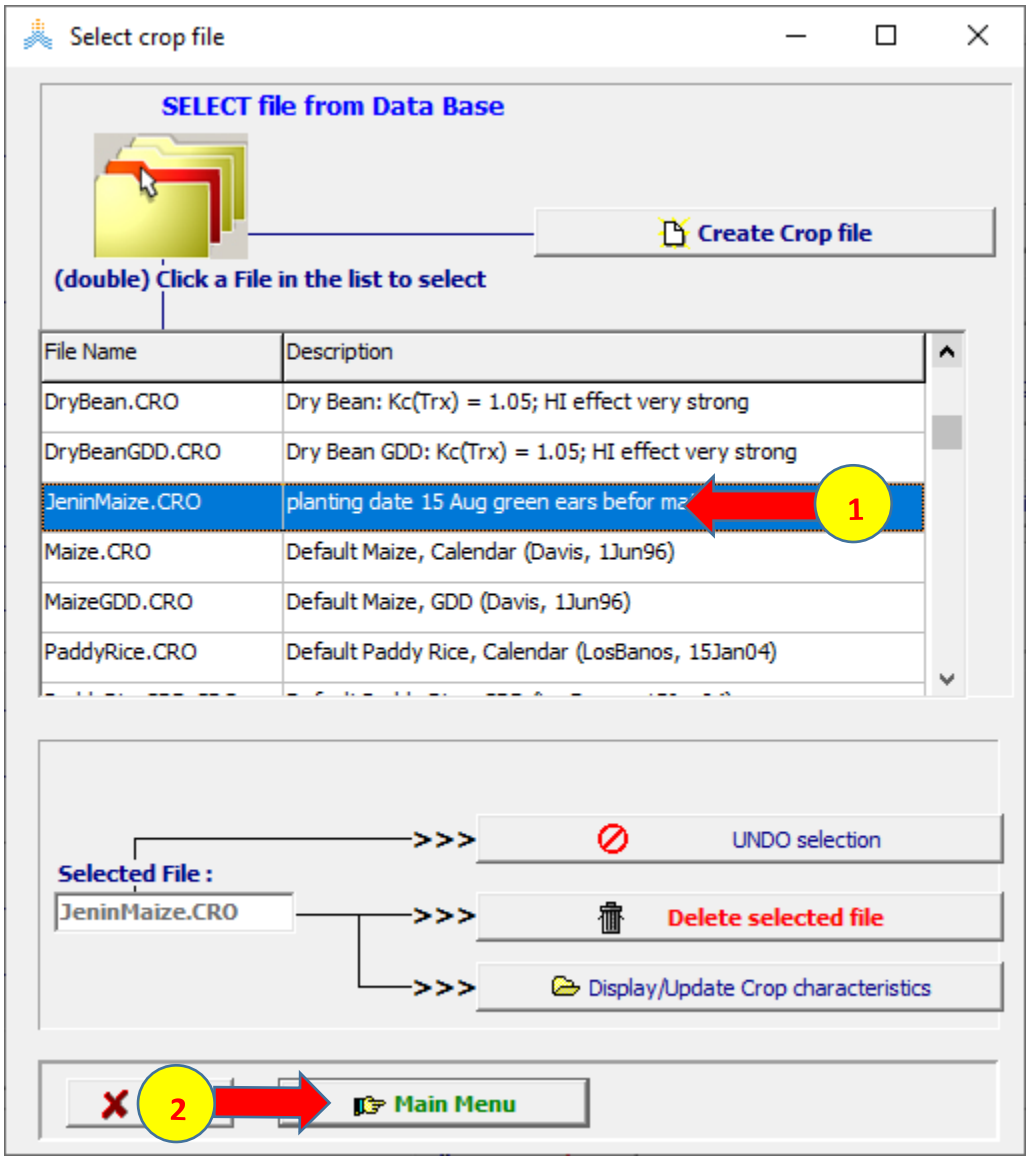
2- اختر الأمر Select/Create Crop file.



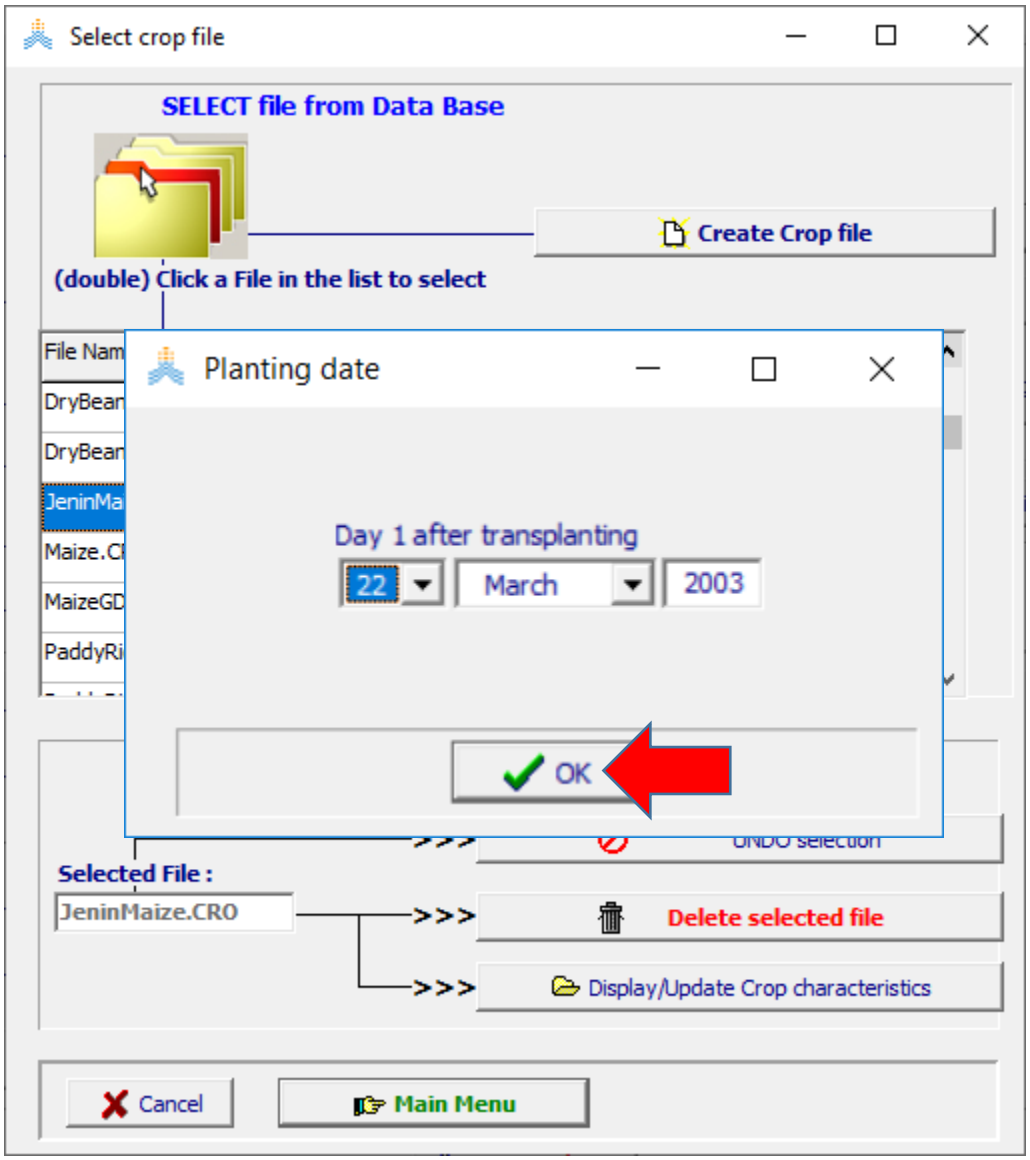
في الواجهة Select crop file:

1- اختر ملف المحصول JeninMaize.CRO.

2- اختر الأمر Main Menu.



عند اختيار الأمر **Main Menu** تظهر نافذة **Planting date** اختر **OK** لقبول تاريخ الزراعة حيث سيتم تحديده لاحقا عند إنشاء مشروع الري الكامل لمحصول الذرة.

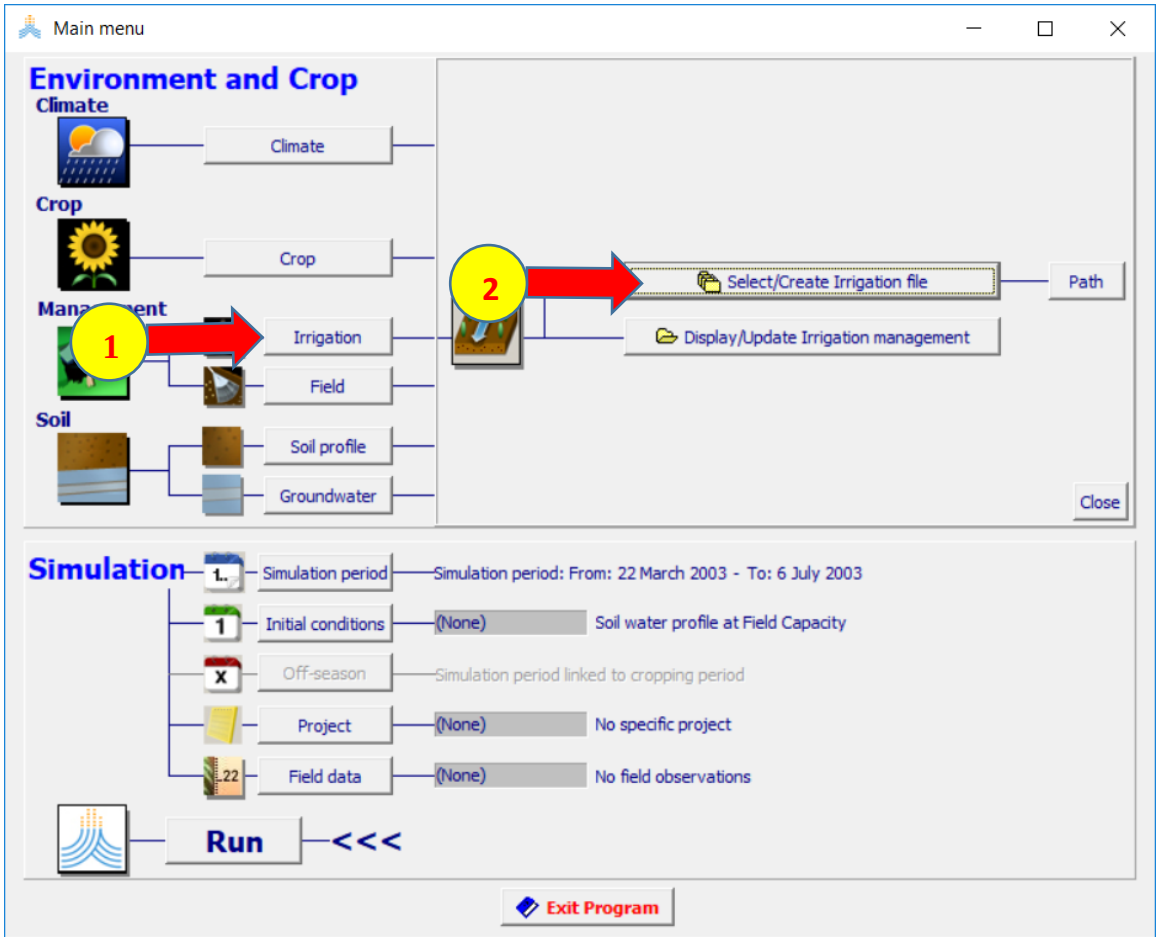


إنشاء ملف الري الكامل

في الواجهة Main menu:

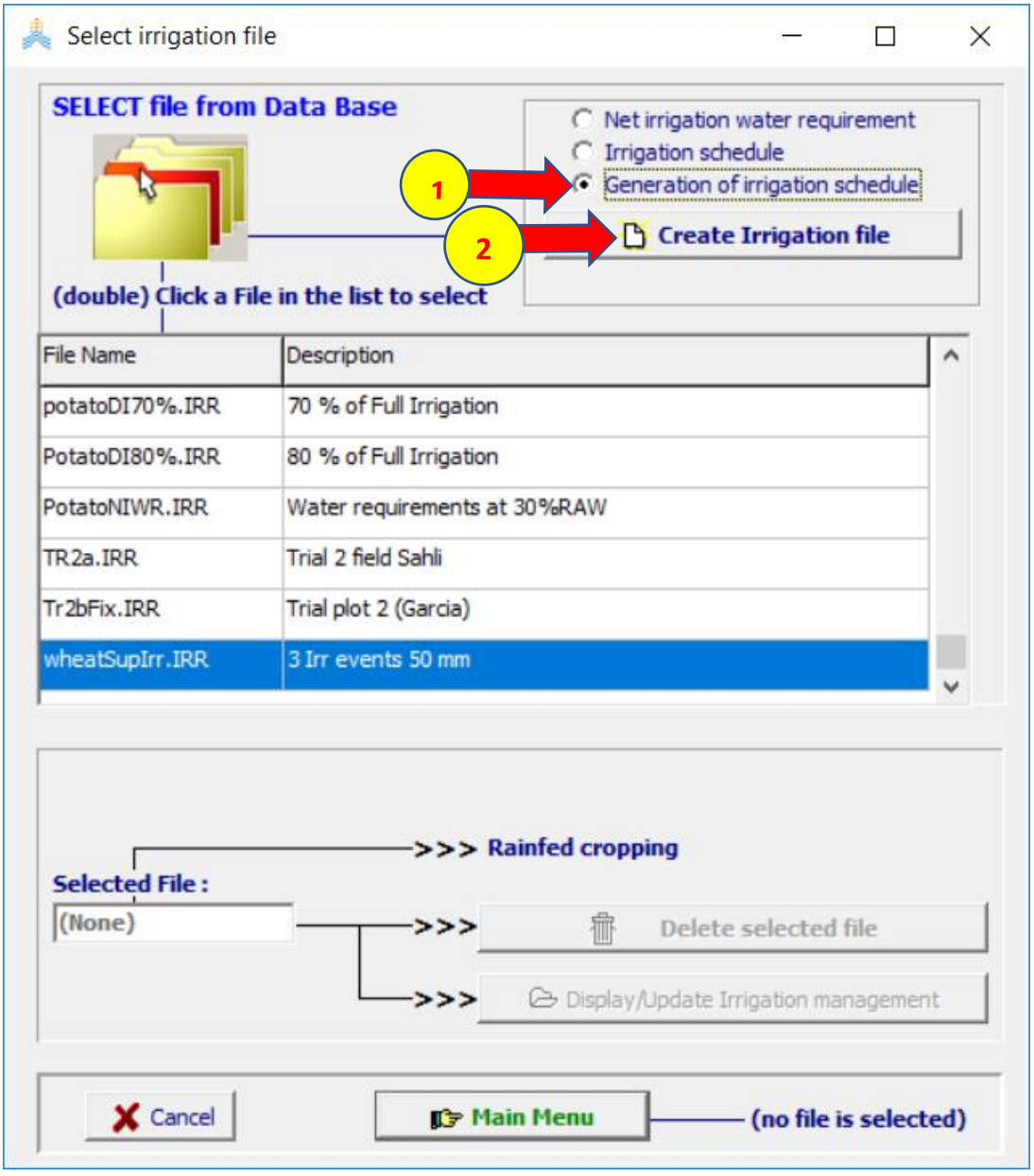
1- اختر الأمر Irrigation.

2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



في الواجهة Select irrigation file:

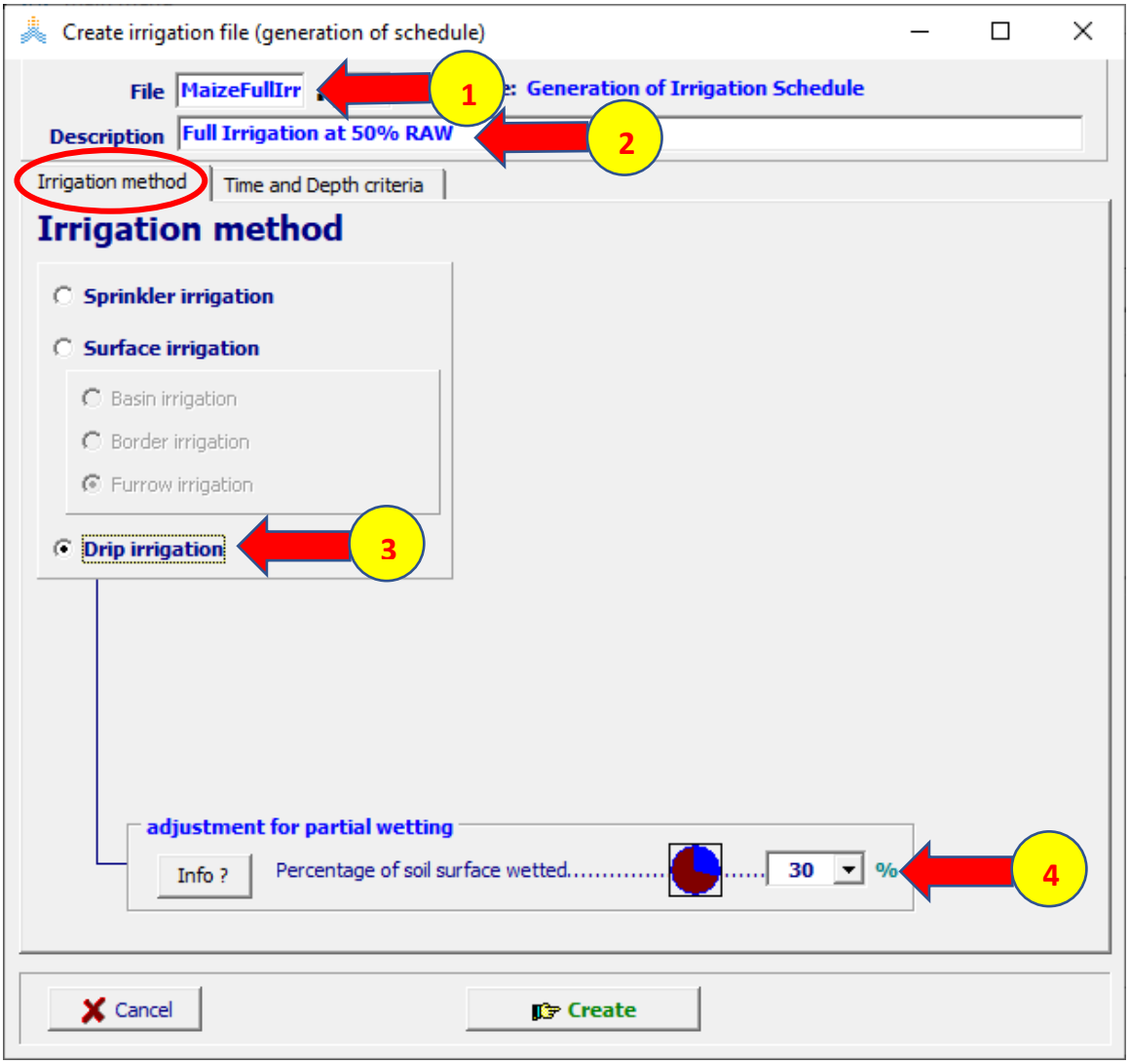
1- اختر Generation of irrigation schedule.
2- اختر الأمر Create Irrigation file.



في الواجهة Create irrigation file (Generation of schedule):

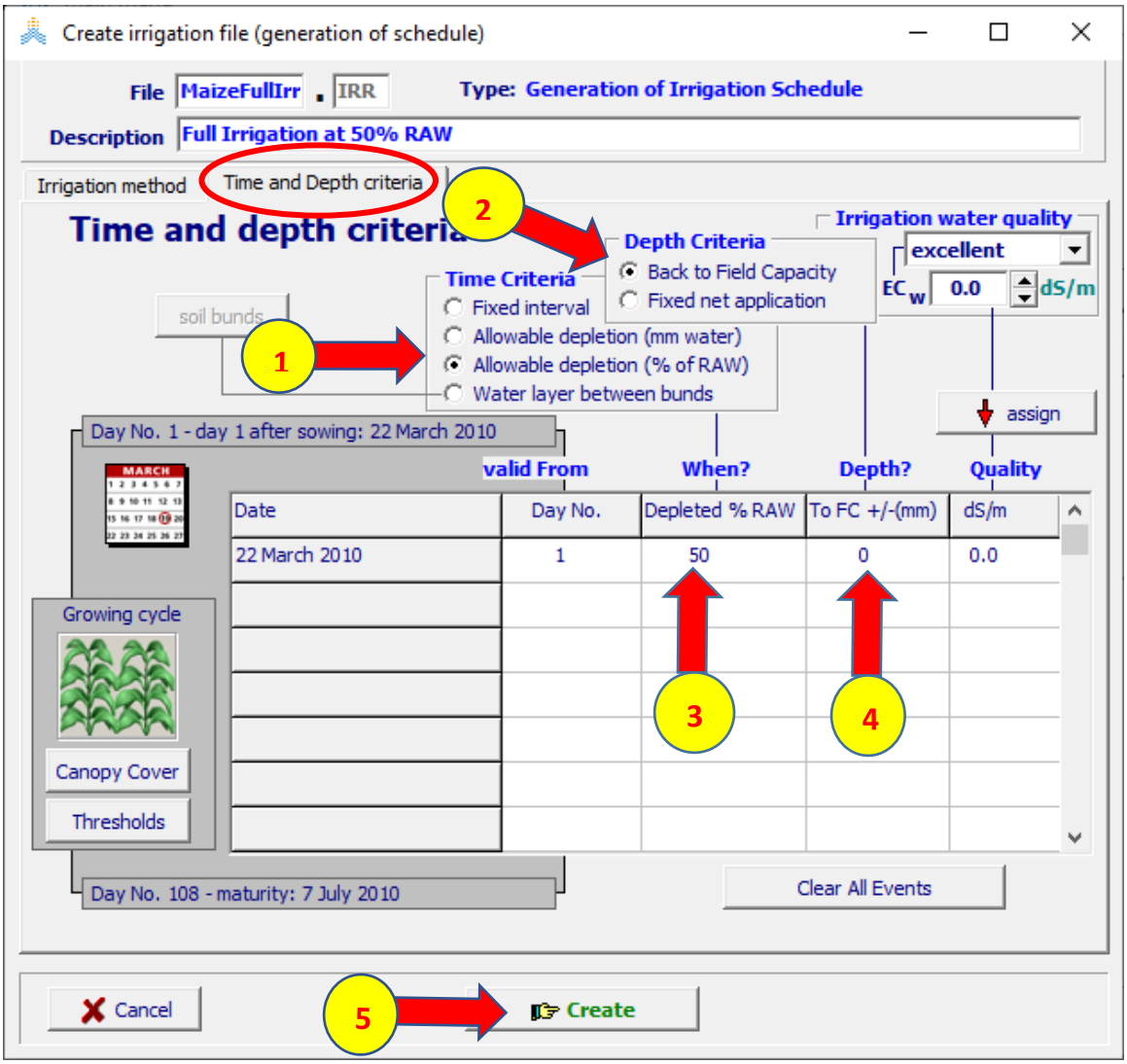
1- حدد اسم الملف JeninMaizeFulllrr.
2- حدد Description (Full Irrigation at 50% RAW).
في الواجهة Irrigation method:

3- حدد طريقة الري بالتنقيط Drip irrigation.
4- حدد قيمة Percentage of soil surface wetted (30) أي نسبة سطح التربة الذي سيتبلل بالماء نتيجة الري هو 30%.



في الواجهة Time and Depth criteria:

1- حدد Time Criteria بالخيار Allowable depletion (% of RAW).
2- حدد Depth Criteria بالخيار Back to Field Capacity.
3- حدد قيمة Depleted % of RAW (50).
4- حدد قيمة To FC +/-(mm) (0).
5- اختر الأمر Create لإنشاء الملف.



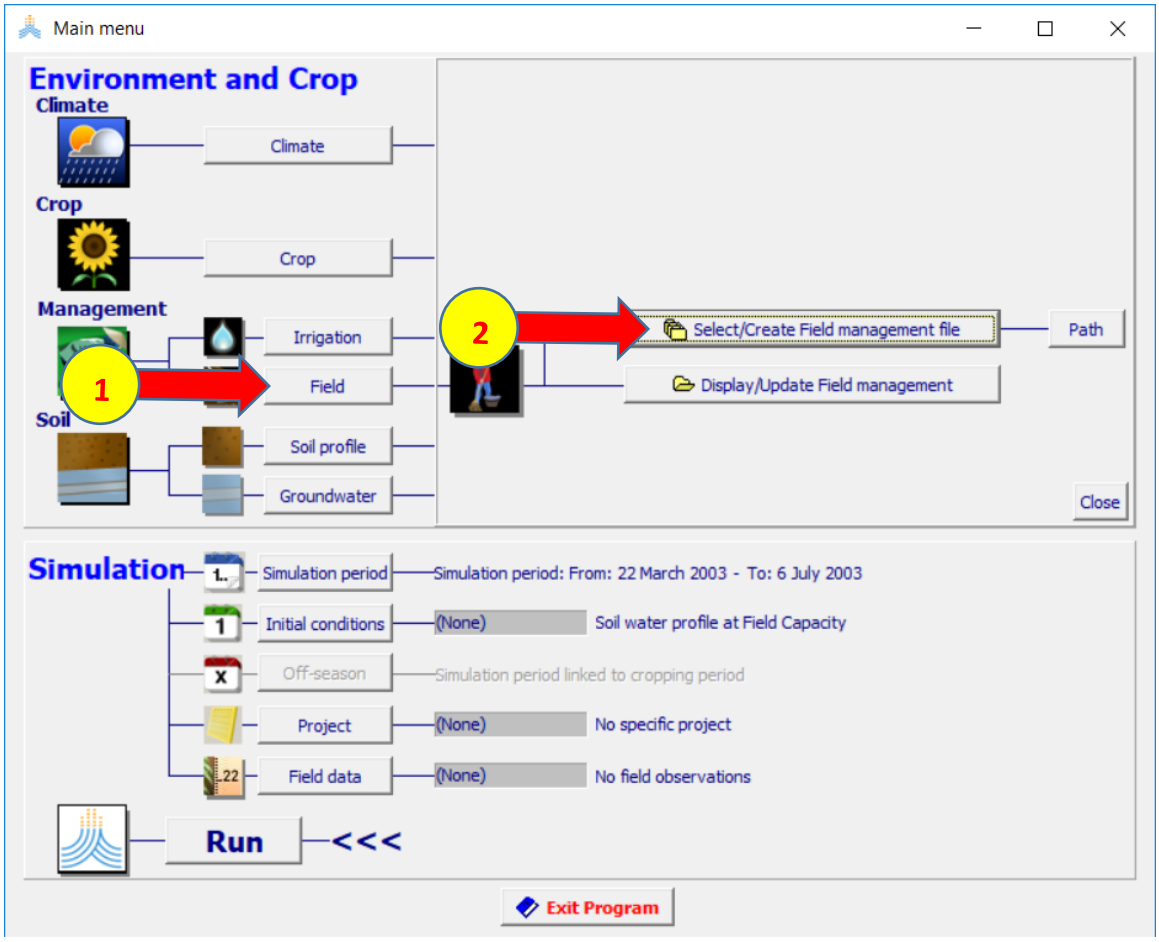
بالخيارات السابقة سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه الكمية المستهلكة من رطوبة التربة في منطقة الجذور بالتبخر والنتح إلى 50% من الماء المتاح بسهولة RAW وتكون كمية المياه المضافة بعملية الري مساوية للكمية اللازمة لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية FC.

اختيار ملف إدارة الحقل

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Field.

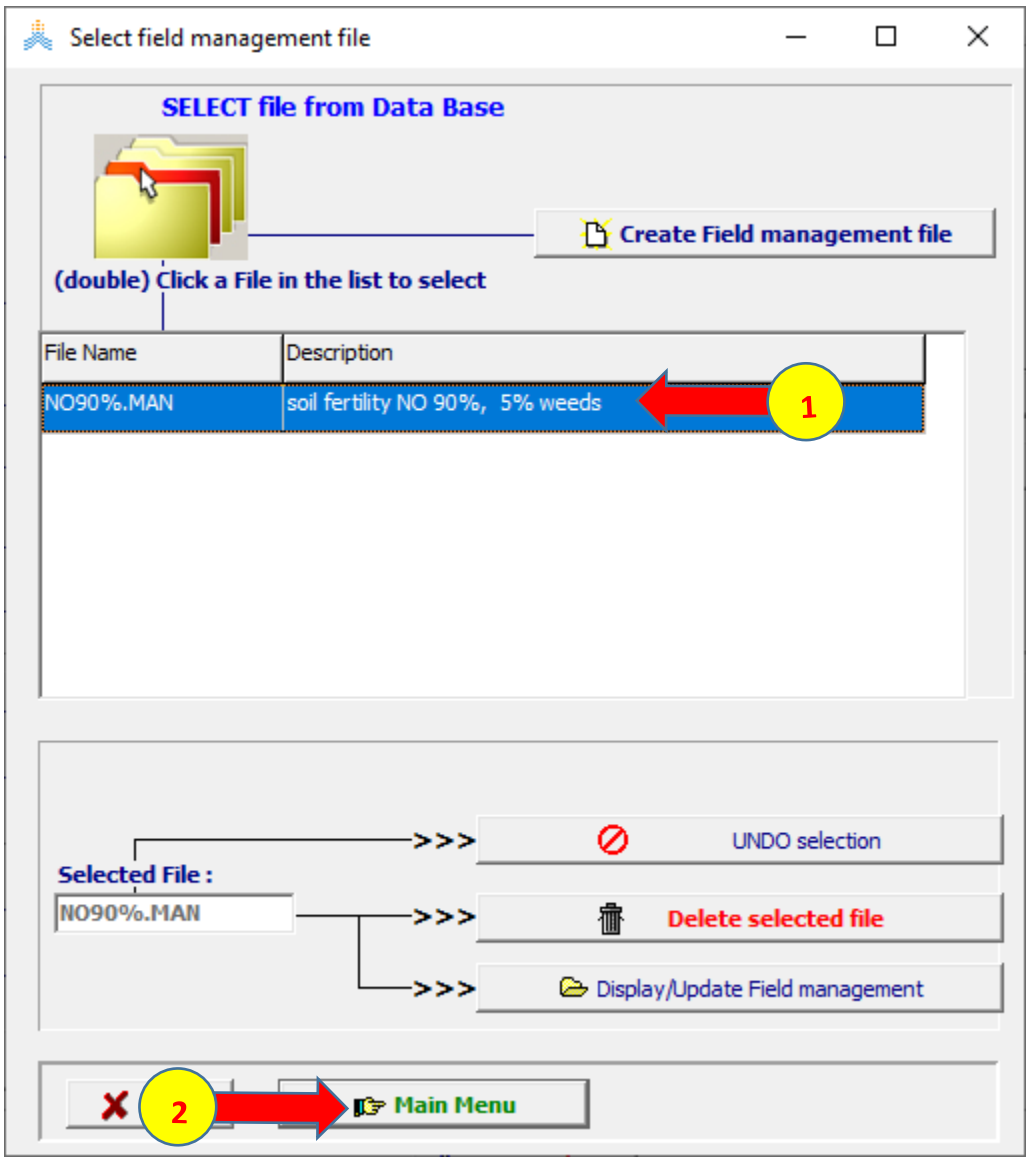
2- اختر الأمر Select/Create Field management file.



في الواجهةٍ Select Field management file:

1- اختر. ملف إدارة الحقل NO90%.MAN.

2- اختر الأمر Main Menu.

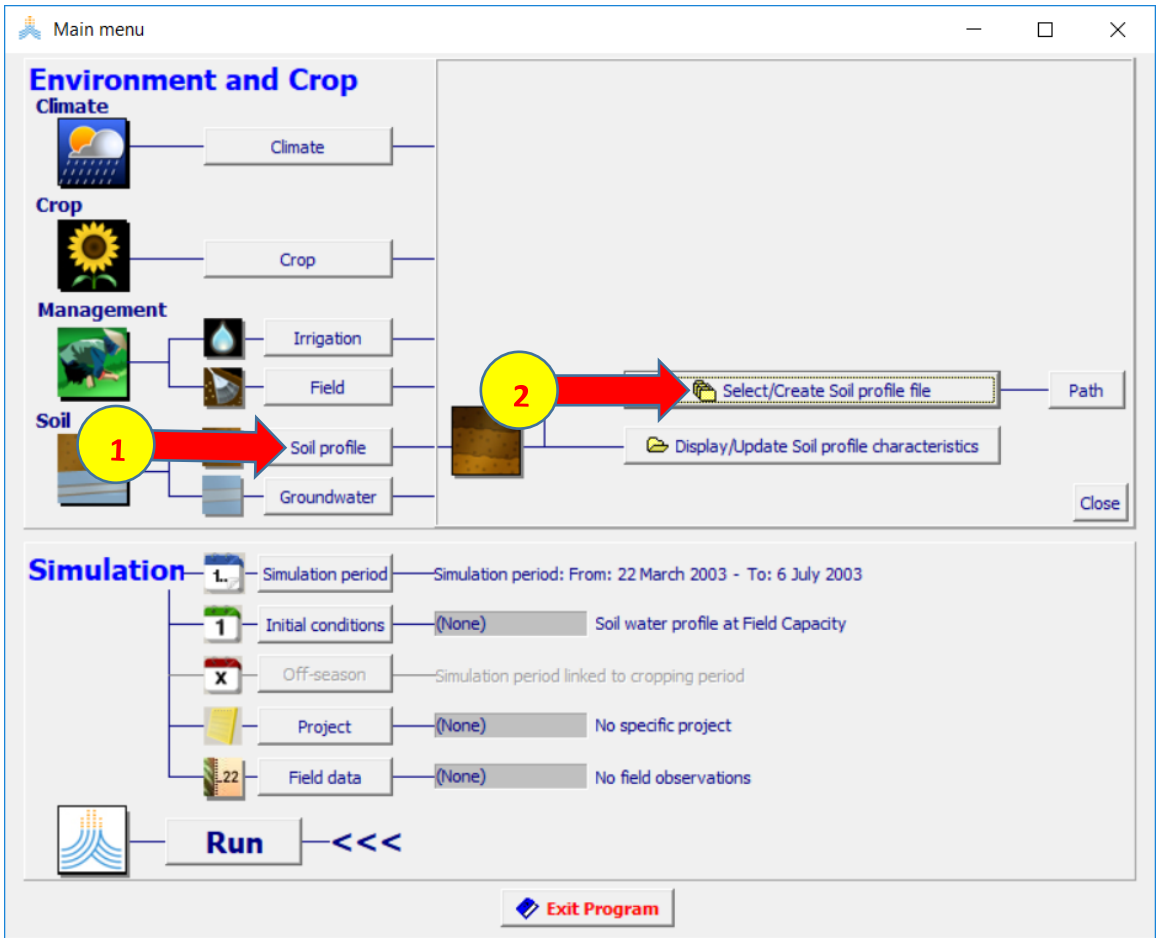


اختيار ملف مقطع التربة

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Soil profile.

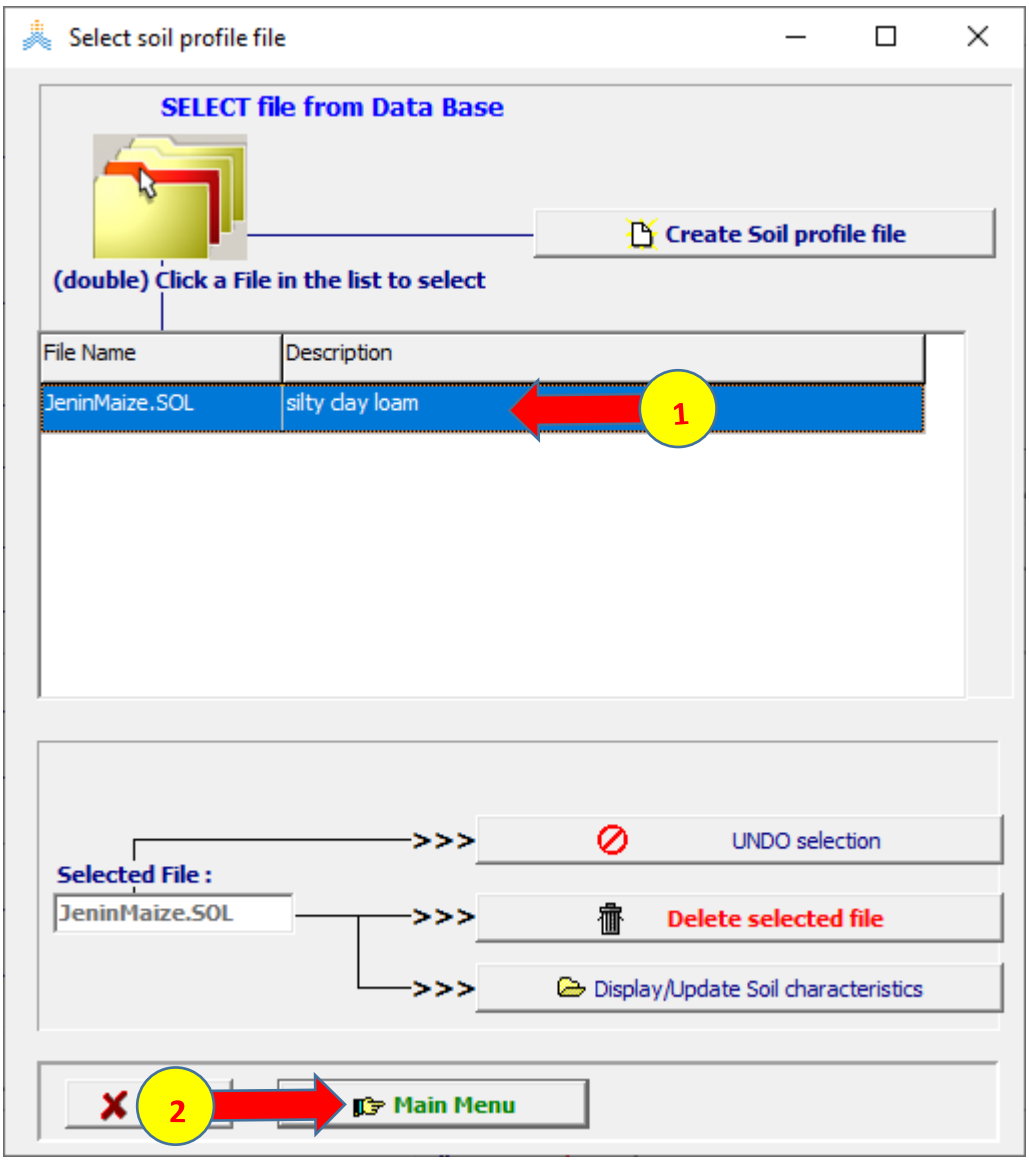
2- اختر الأمر Select/Create Soil profile file.



في الواجهةٍ Select soil profile file:

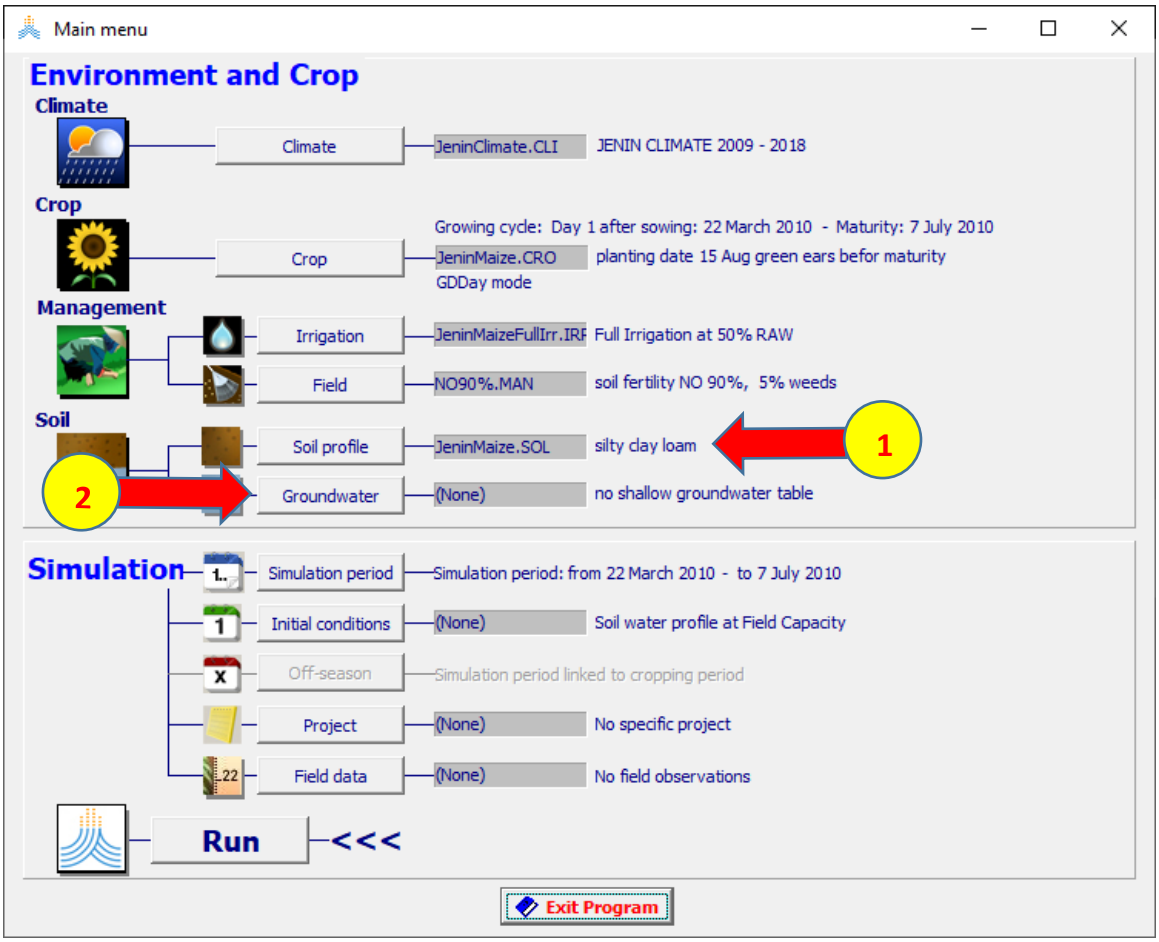
1- اختر. ملف مقطع التربة JeninMaize.SOL.

2- اختر الأمر Main Menu.



1- يعود البرنامج AquaCrop إلى الواجهة Main menu ويظهر اسم ملف مقطع التربة (JeninMaize.SOL) الذي تم اختياره.

2- بما أن سطح المياه الجوفية في جنين أعمق من 4 أمتار عن سطح الأرض لا يوجد مياه تصعد إلى منطقة الجذور بالصعود الشعري capillary rise ونبقي الملف الافتراضي None الذي يفترض أن سطح المياه الجوفية عميق ولا يؤثر على رطوبة التربة في منطقة الجذور.

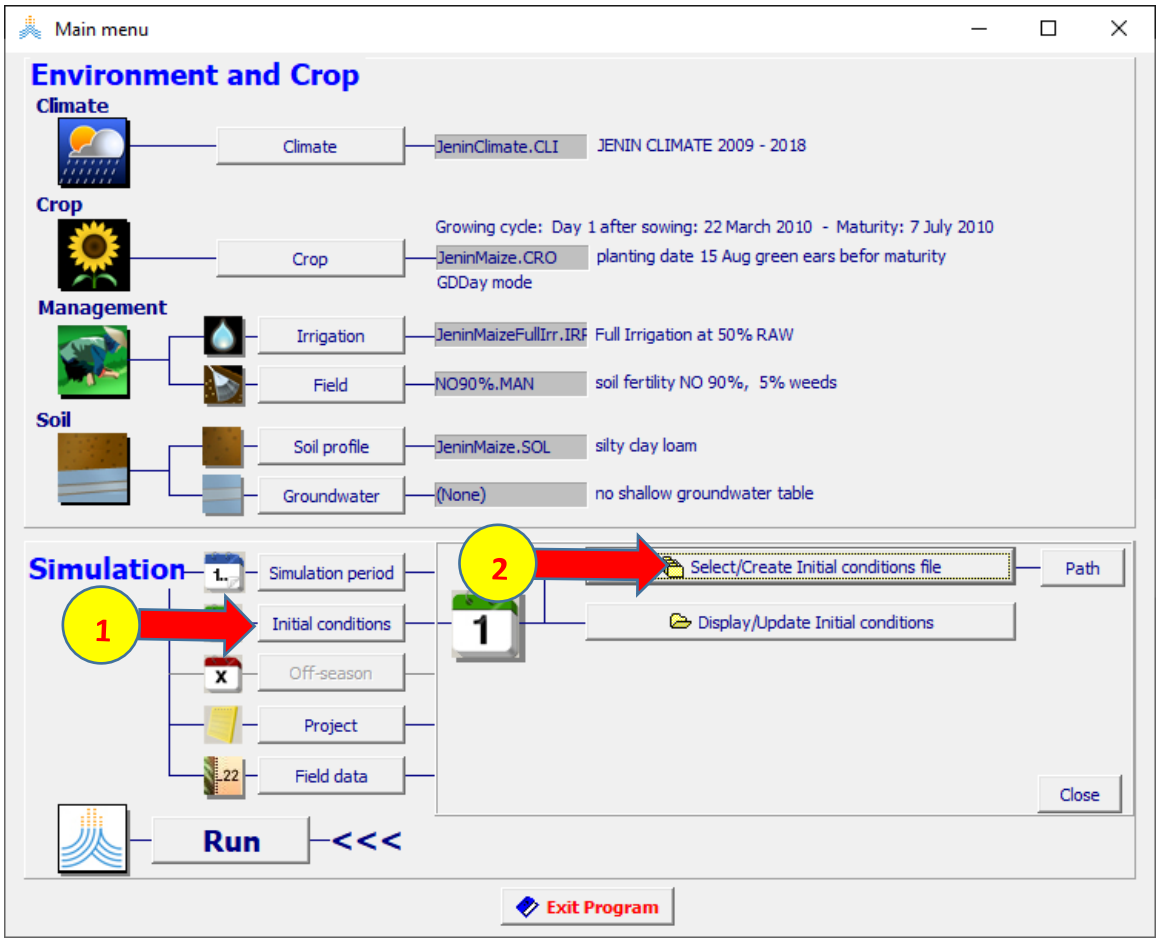


اختيار ملف الشروط الابتدائية

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Initial conditions. .

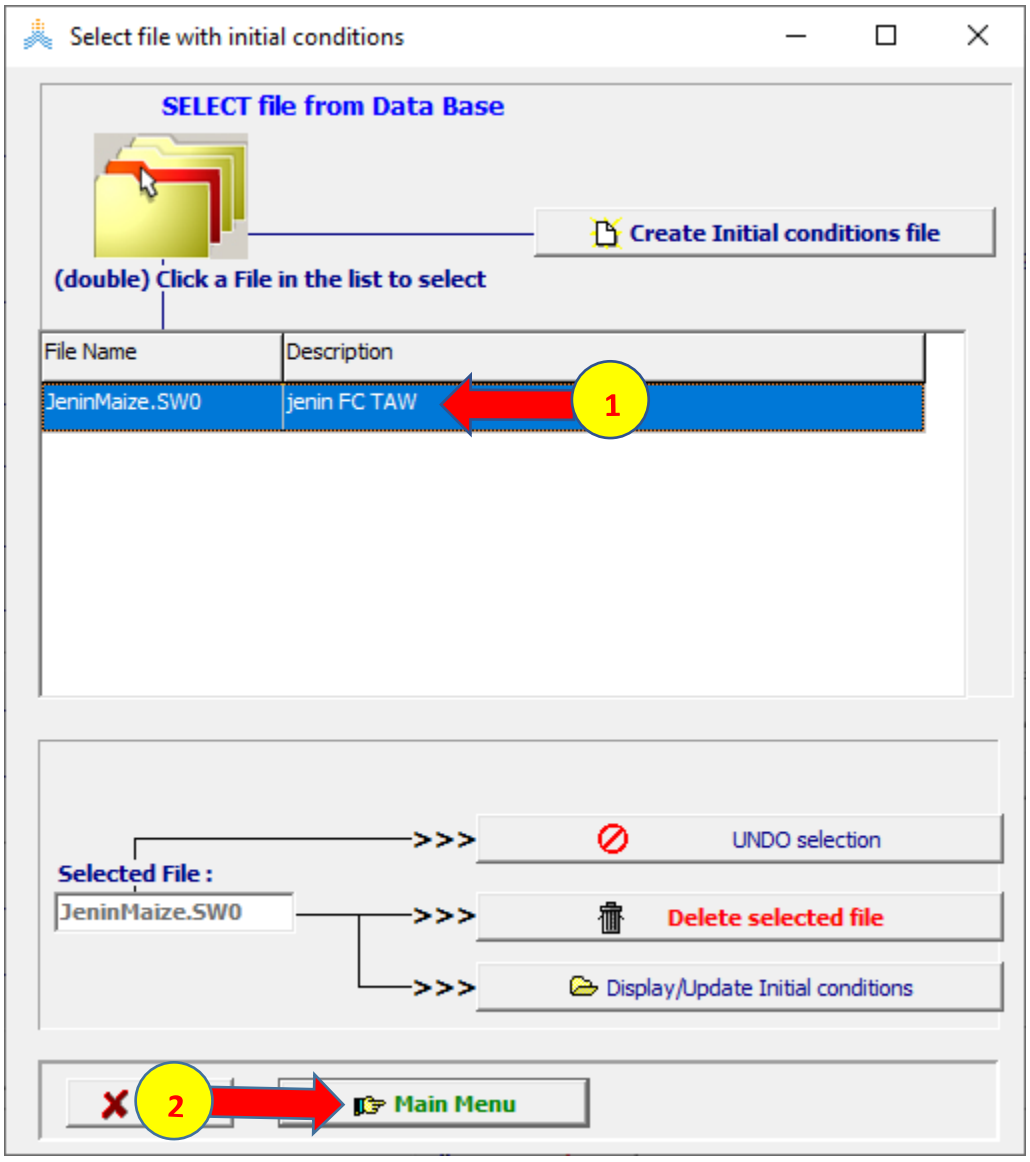
2- اختر الأمر Select/Create Initial conditions file.



في الواجهة Select file with initial conditions:

1- اختر الملف JeninMaize.SW0-

2- اختر الأمر Main Menu

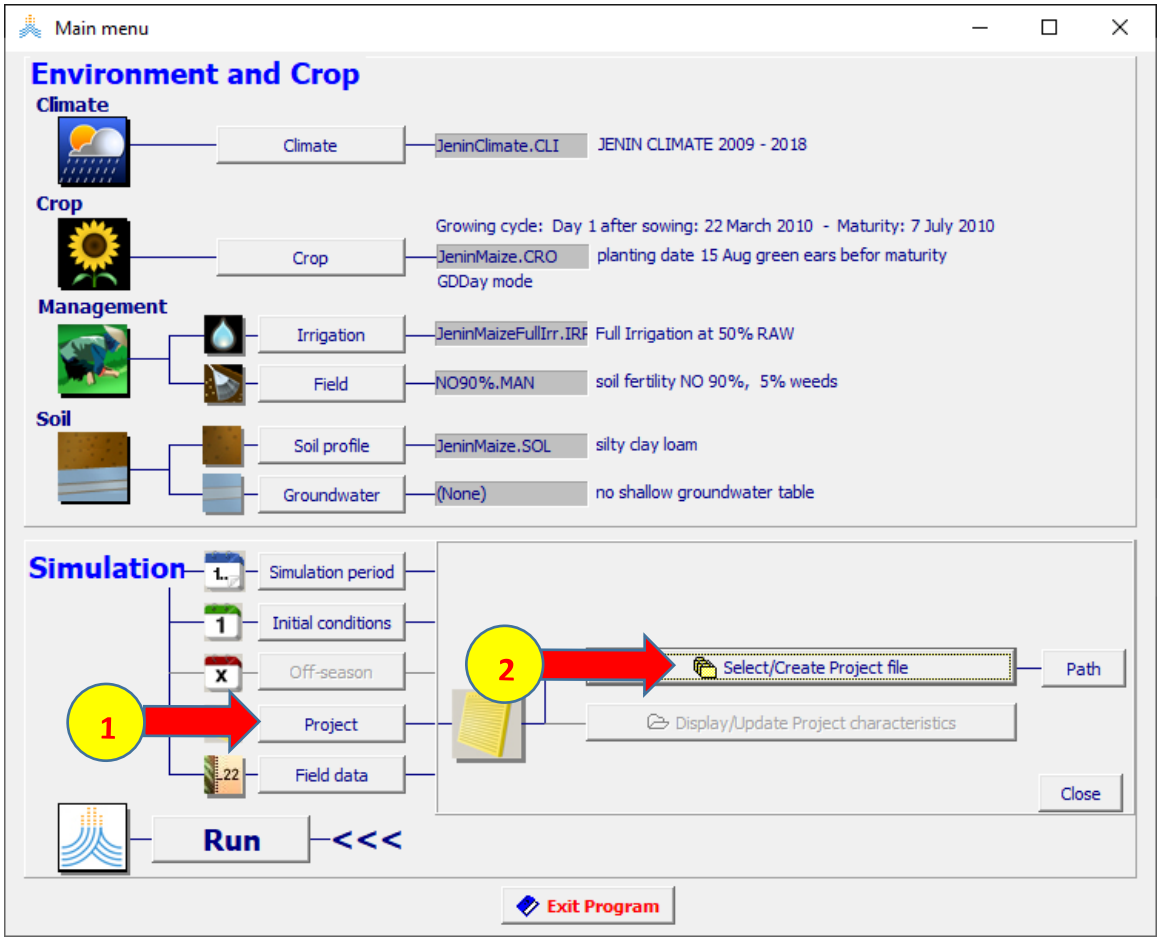


إنشاء مشروع لمحاكاة إنتاجية الذرة في حالة الري الكامل

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمرProject .

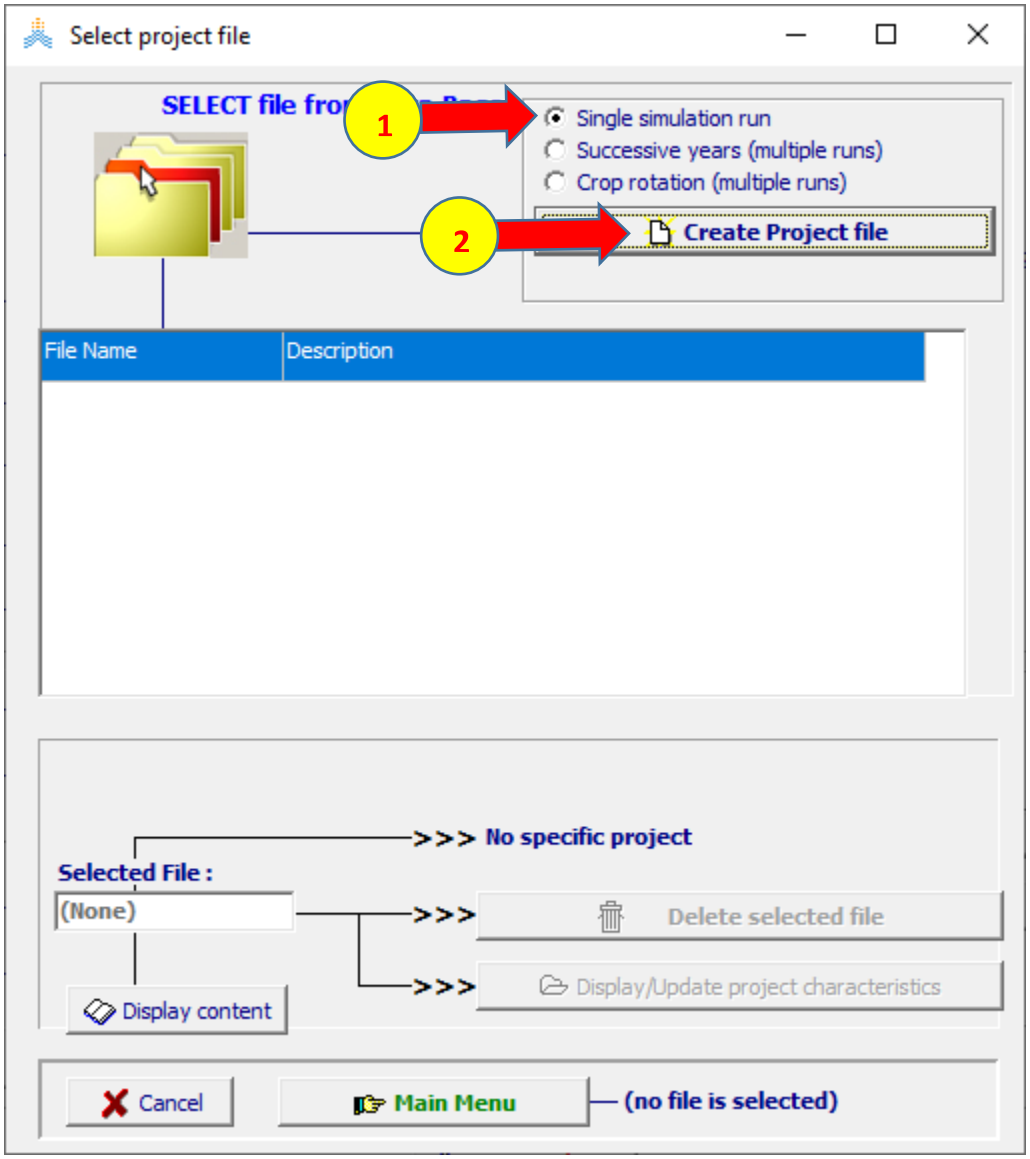
2- اختر الأمر Select/Create Project file.



في الواجهة Select project file:

1- اختر الخيار Single simulation run.

2- اختر الأمر Create Project file.

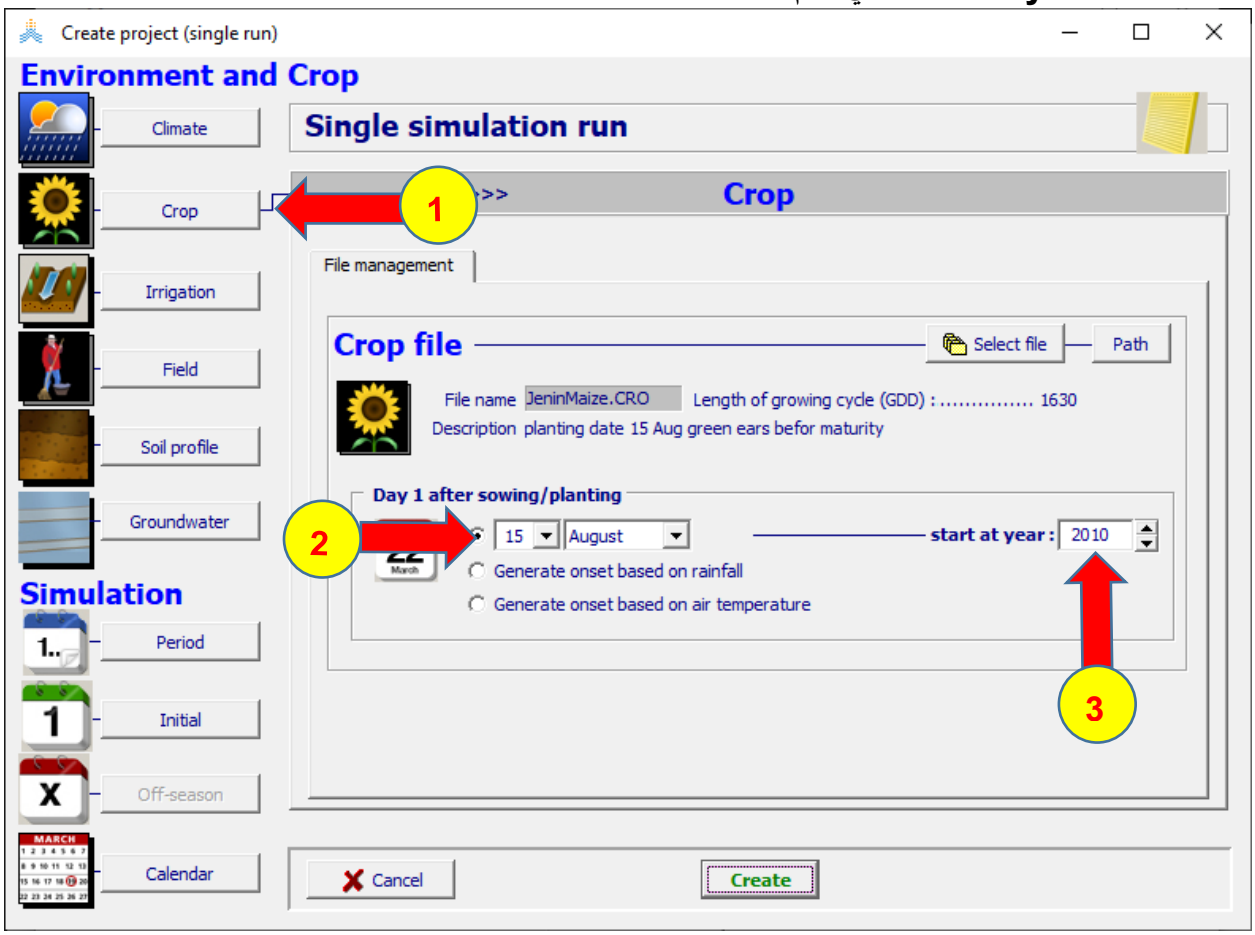


في الواجهة Create project (single run):
تكون ملفات climate وcrop وIrrigation وField وSoil profile التي تم إنشاؤها سابقا مختارة سلفا،

1- اختر الأمر Crop.

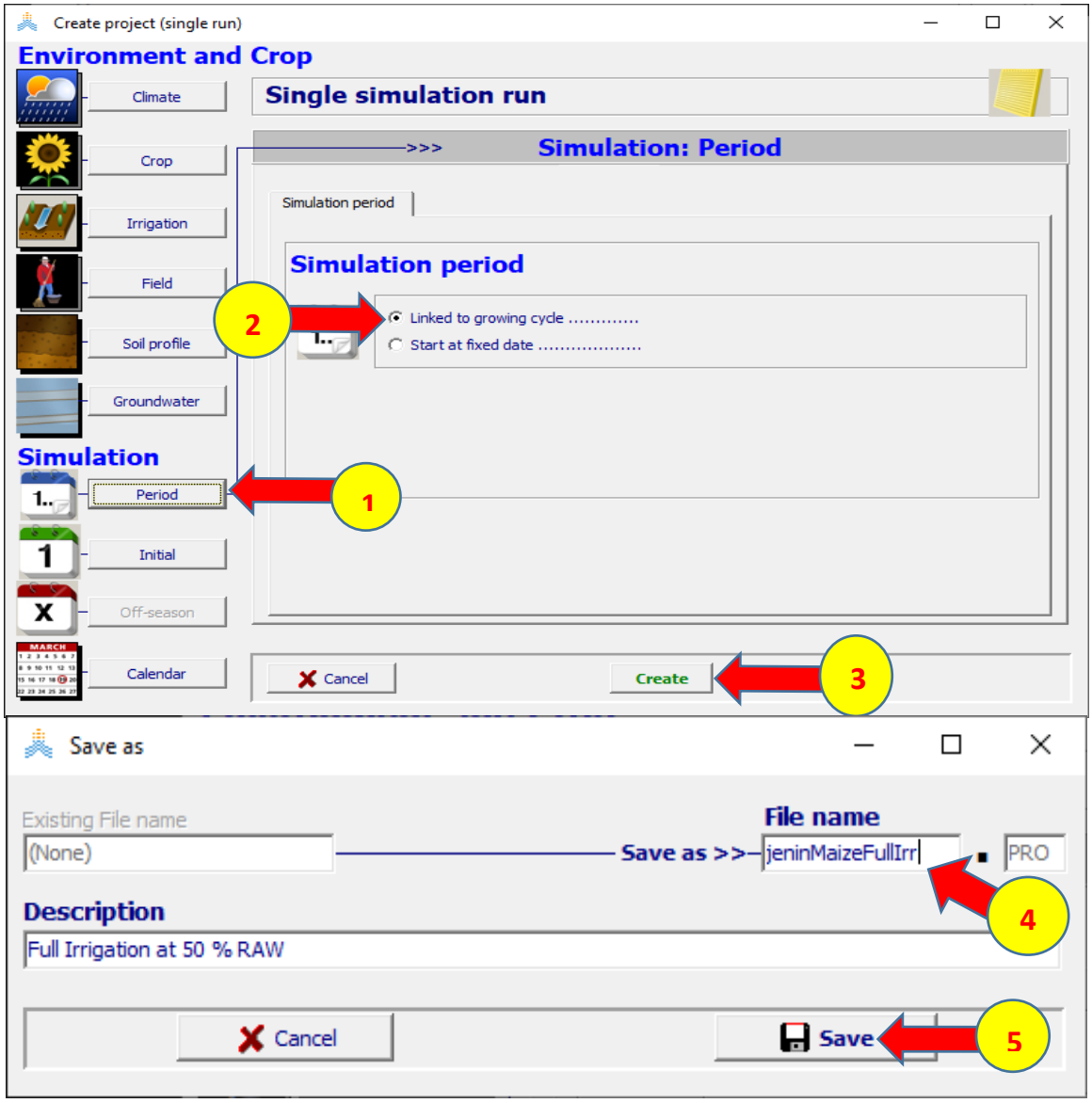
2- حدد Day 1 after sowing/planting في 15 آب / Aug.

3- حدد start at year في عام 2010.



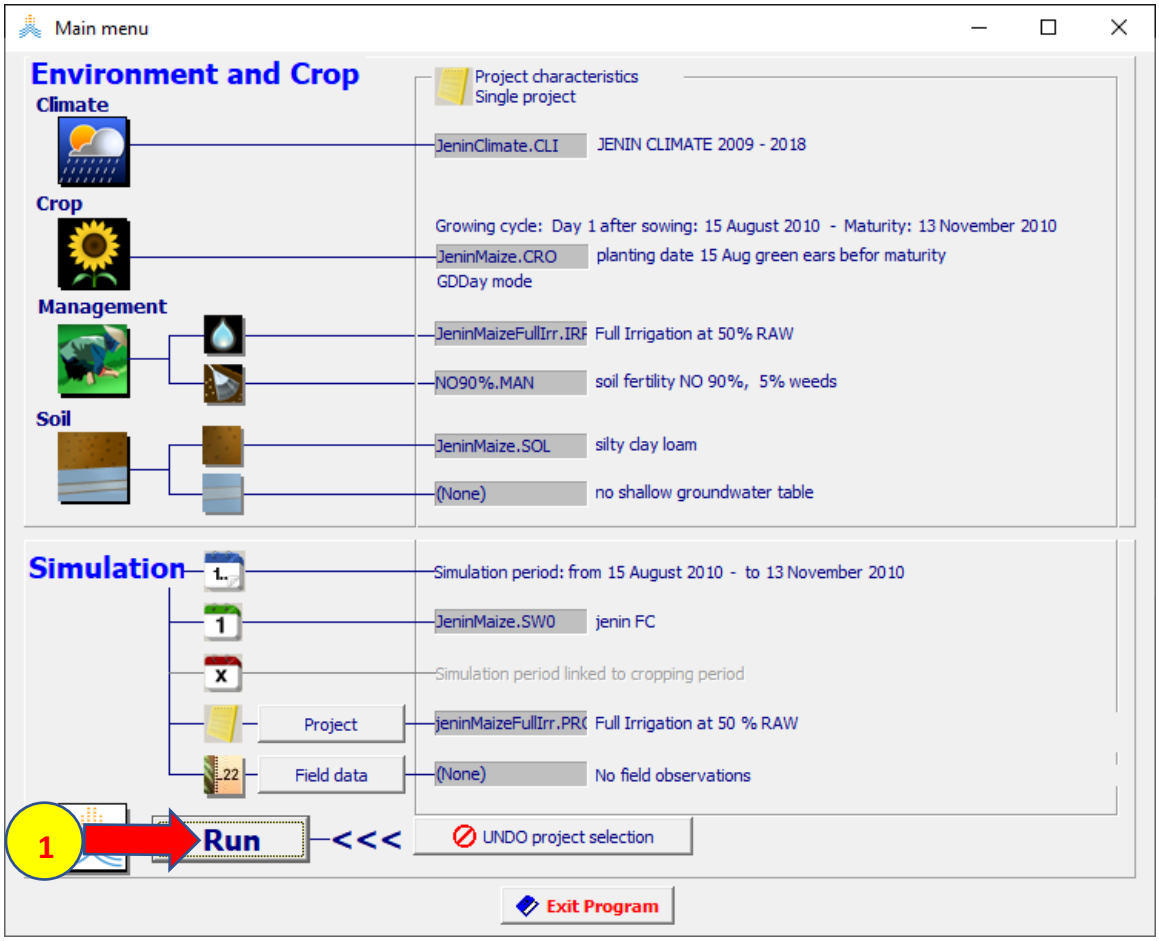
في الواجهة Create project (single run):

1- اختر الأمر Period.
2- في لوحة Simulation period اختر الخيار Linked to growing cycle.
3- اختر الأمر Create فتظهر نافذة Save as.
4- حدد Description (Full Irrigation at 50 % RAW) واحفظ المشروع باسم jeninMaizeFullIrr.
5- اختر الأمر Save.



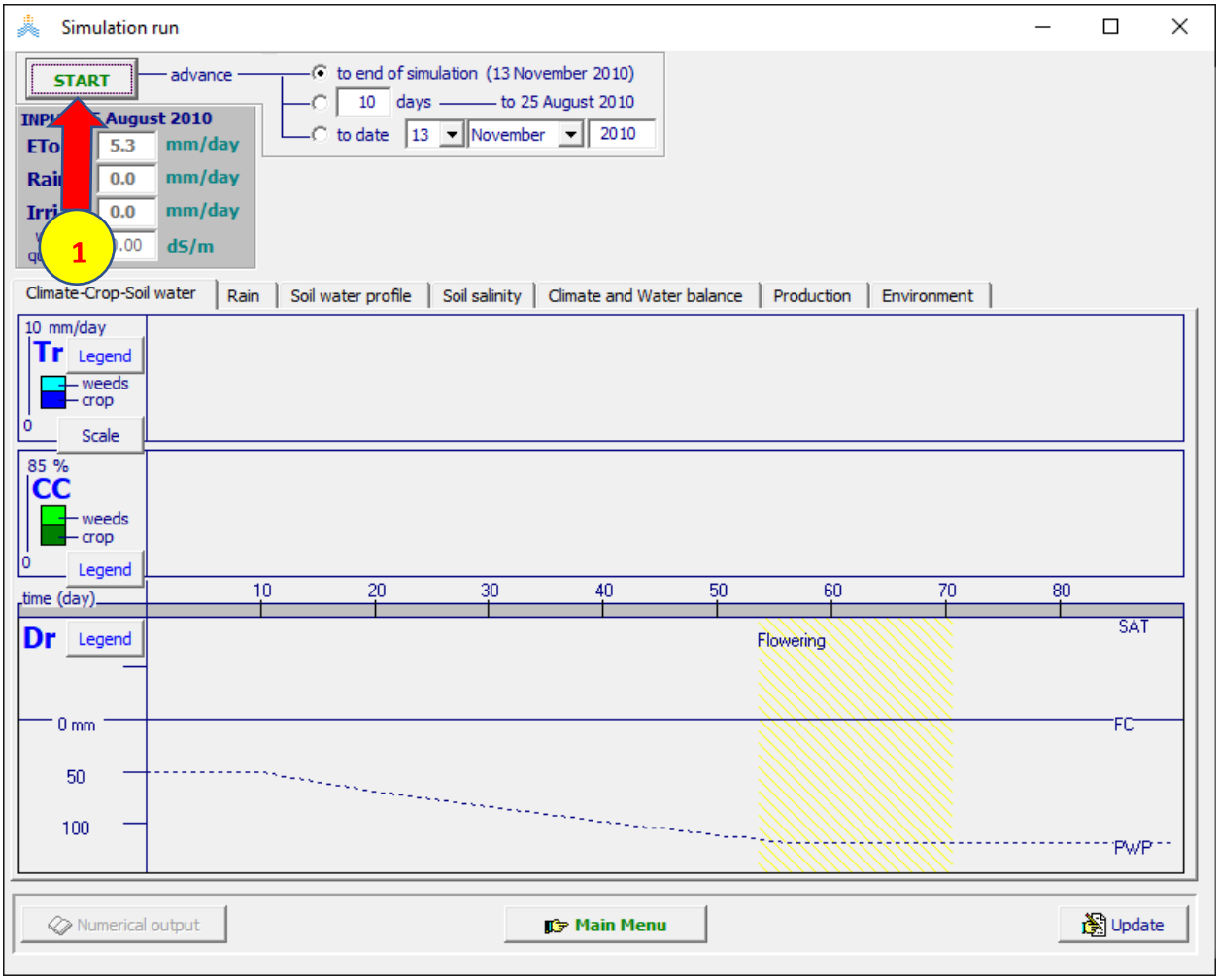
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Run في أسفل القائمة لبدء تشغيل المحاكاة.



في الواجهة Simulation run:

1- اختر الأمر Start.

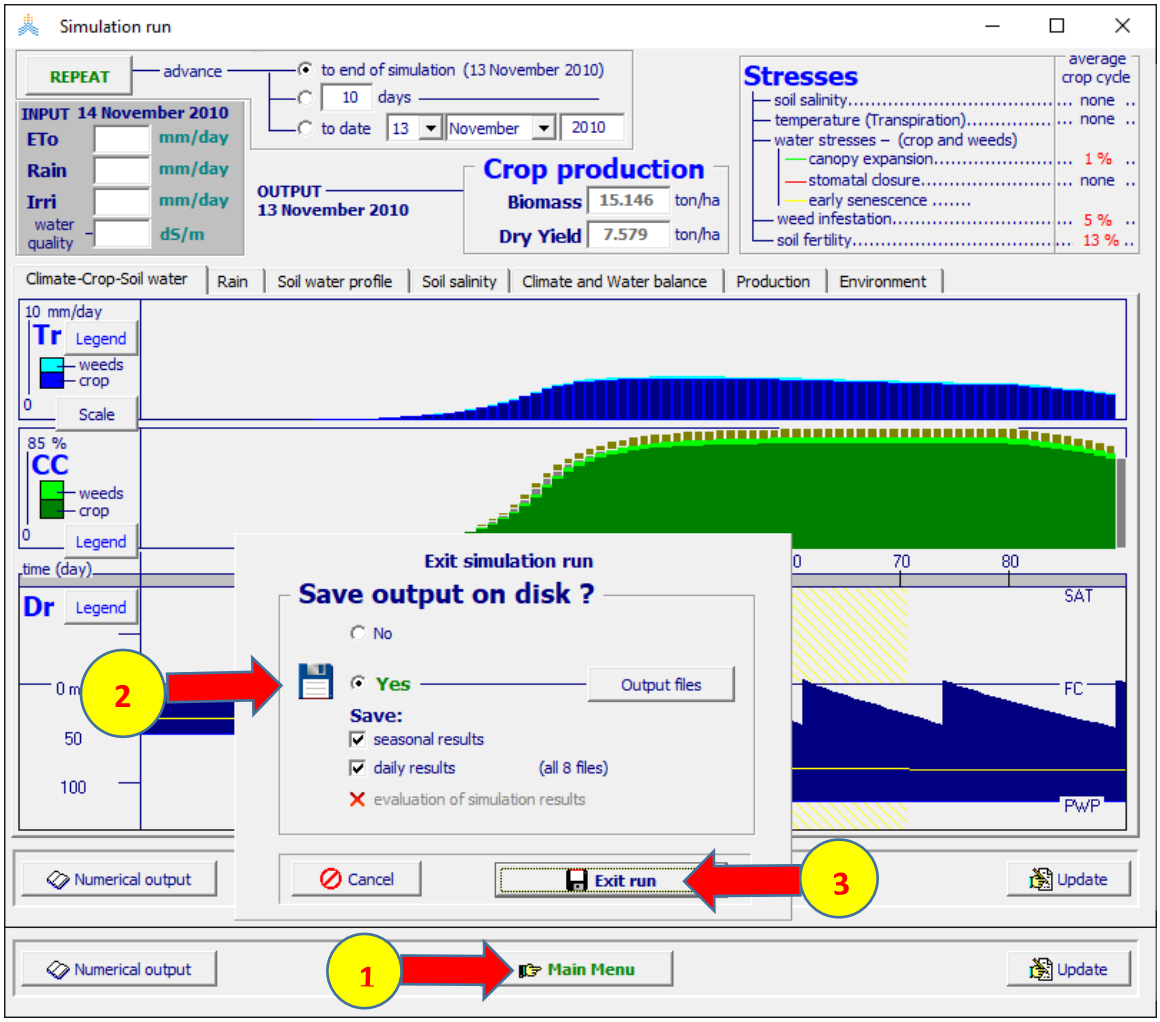


عند انتهاء المحاكاة:

1- اختر الأمر Main Menu في أسفل الواجهة Simulation run.

2- تظهر نافذة Exit simulation run، اختر Yes وتأكد من تفعيل الخيارين Save seasonal results و Save daily results (all 8 files).

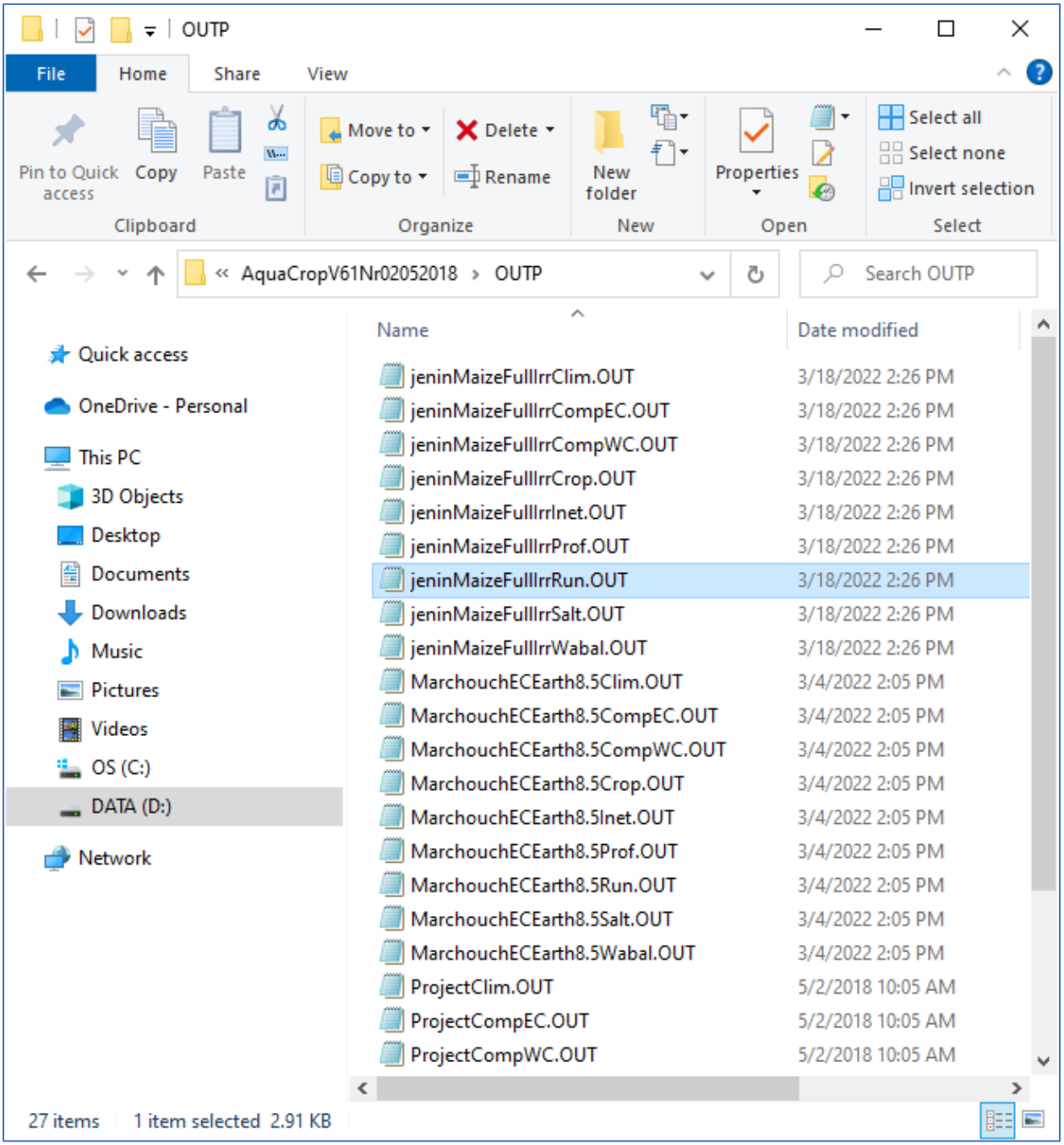
3- اختر الأمر Exit run لحفظ نتائج المحاكاة.



يمكن الحصول على نتائج المحاكاة للمشروع لكامل الموسم من الملف

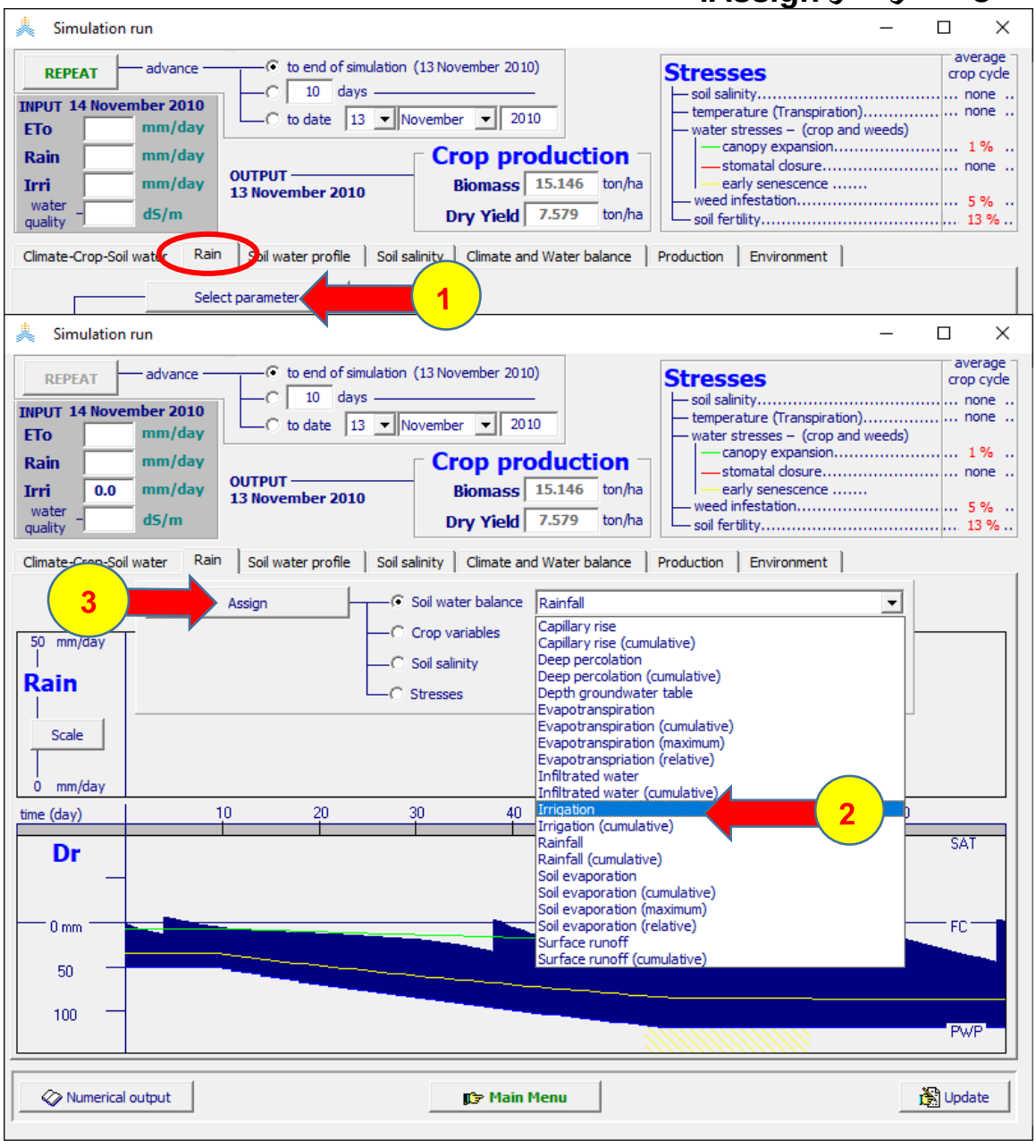
jeninMaizeFullIrrRun.OUT المحفوظ في المكتبة الفرعية OUTP

في مجلد AquaCropV61Nr02052018



يمكن استعراض عمليات الري ومقدار المياه المطلوبة في كل عملية ري خلال الموسم تخطيطيا باتباع الخطوات التالية في الواجهة Simulation run:

1- اختر الواجهة Rain ثم اختر الأمر Select parameter.
2- اختر من القائمة المنسدلة Irrigation.
3- اختر الأمر Assign.

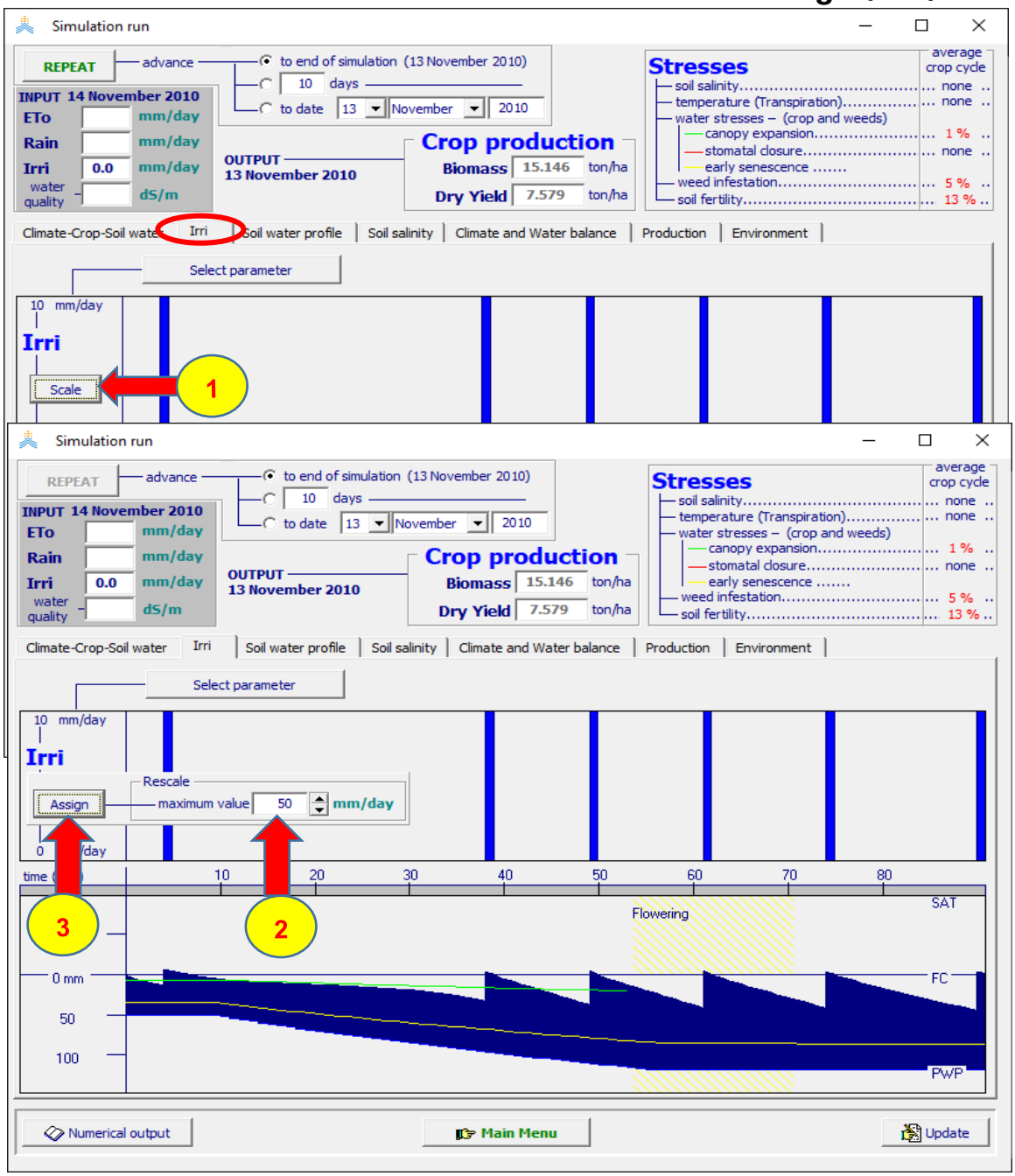


في الواجهة Irri:

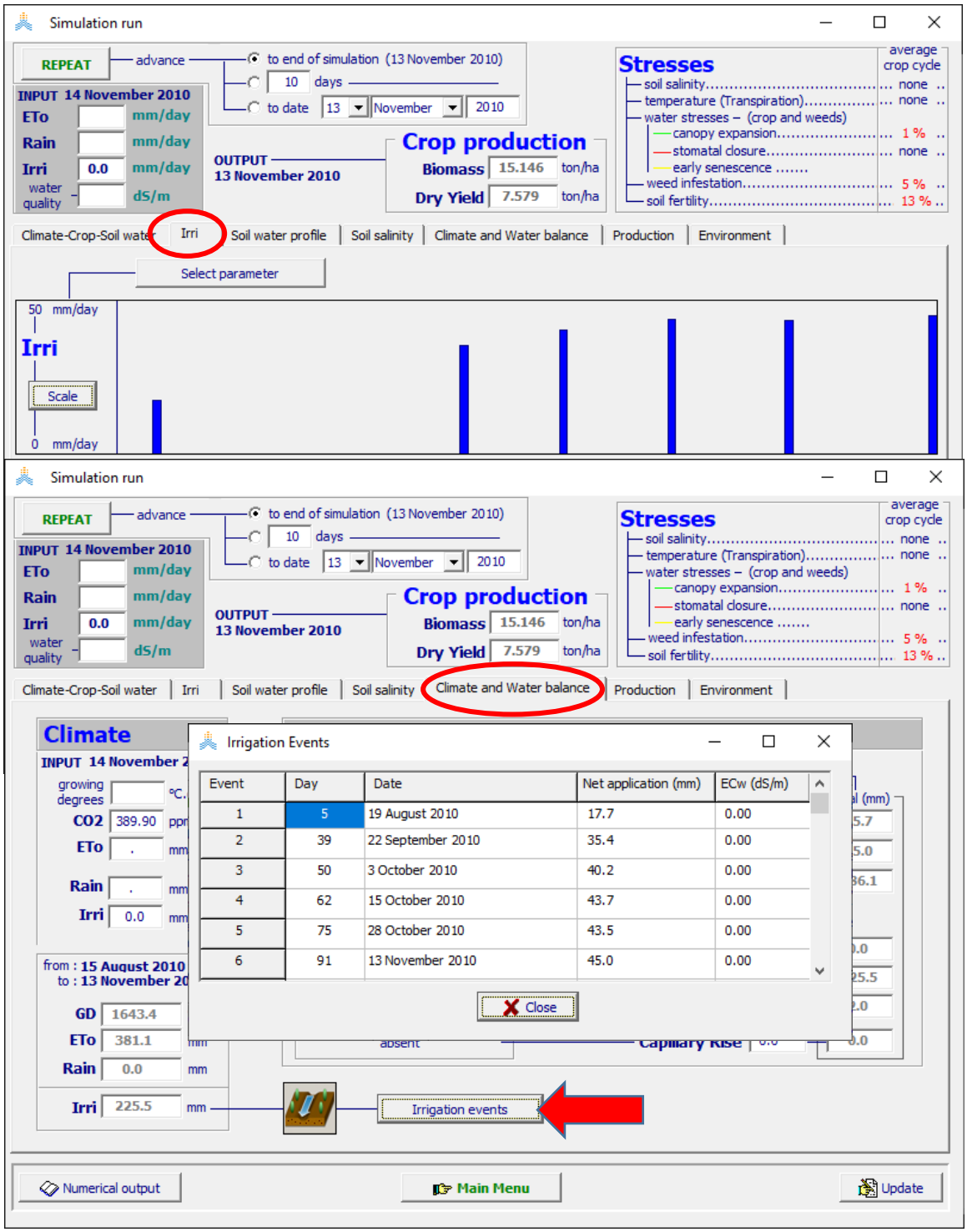
1- اختر Scale.

2- عدل قيمة maximum value إلى 50.

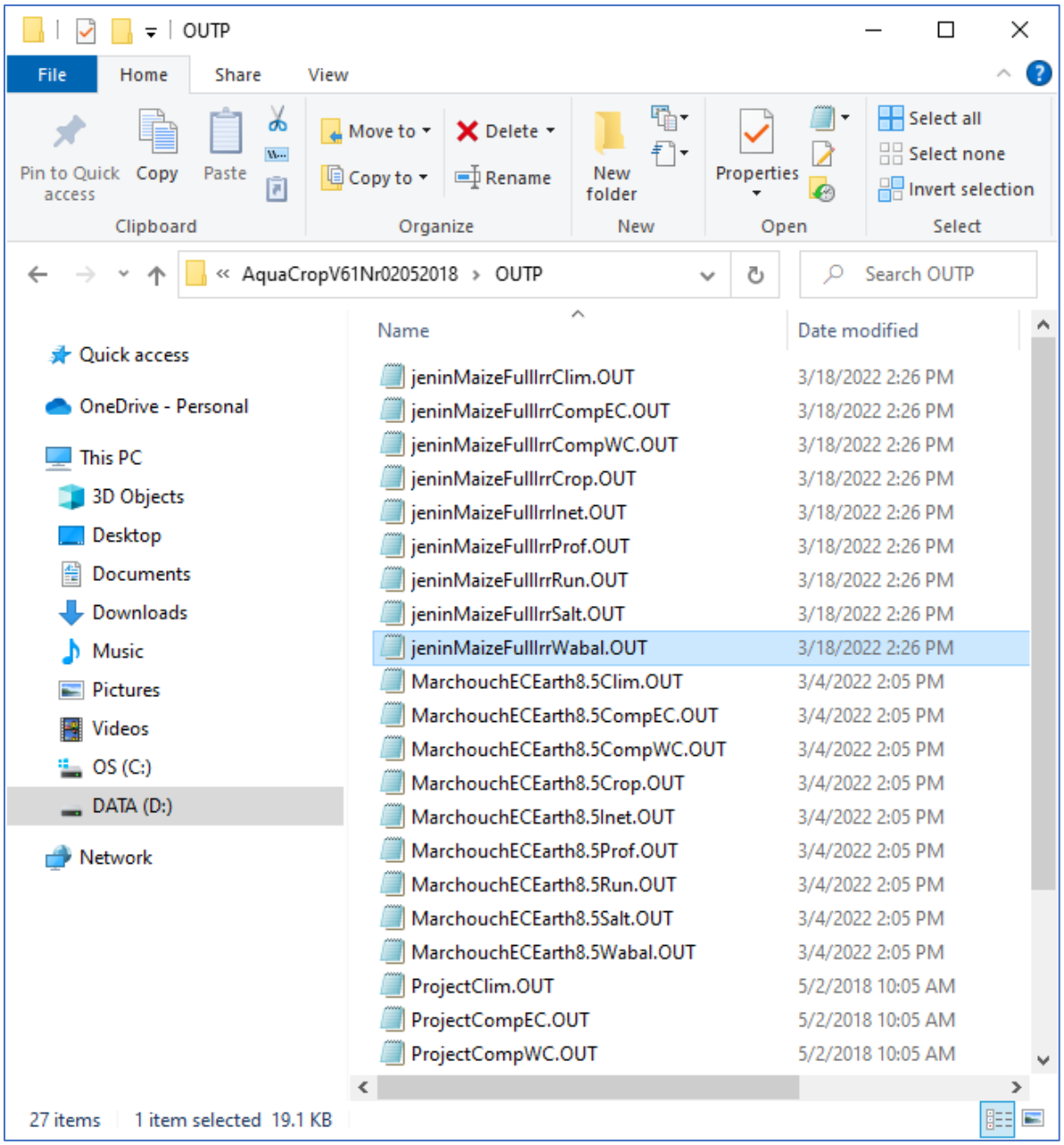
3- اختر الأمر Assign.



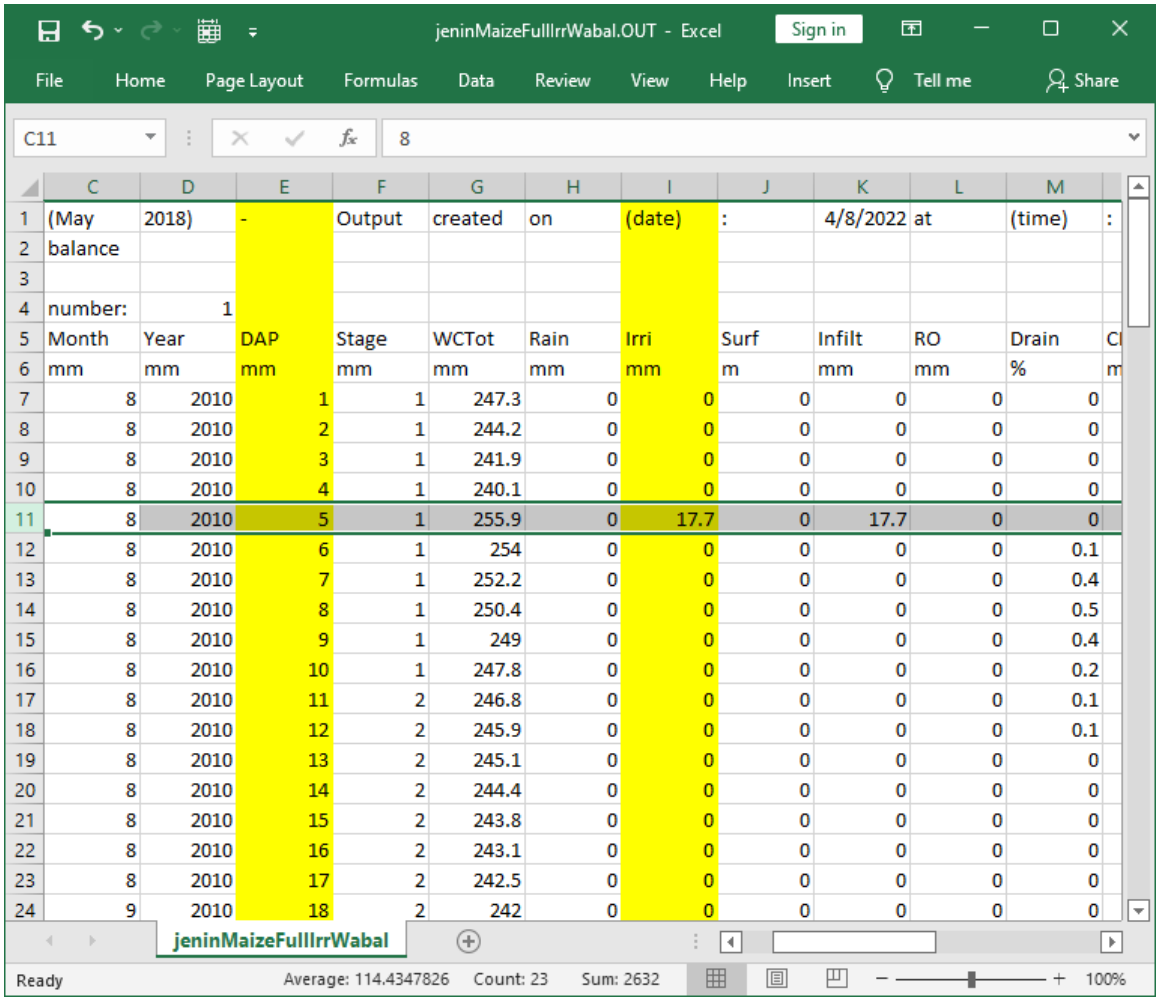
تظهر عمليات الري ومقاديرها تخطيطيا في الواجهة Irri. كما يعطي AquaCrop جدول الري الكامل الذي قام بإعداده ويمكن استعراضه في الواجهة Climate and Water balance باختيار الأمر Irrigation events.



الجدول السابق في الواجهة Climate and Water balance يمكن استعراضه ولكن لا يمكن تصديره، يمكن الحصول على تواريخ ومقدار عمليات الري خلال موسم 2010 من ملف النتائج اليومية لمحاكاة الموازنة المائية jeninMaizeFullIrrWabal.OUT المحفوظ في المكتبة الفرعية OUTP في مجلد AquaCropV61Nr02052018



نفتح الملف jeninMaizeFullIrrWabal.OUT ببرنامج Excel لاستعراض برنامج الري الكامل الذي قام AquaCrop بإعداده، يكون ترتيب اليوم (بعد تاريخ الزراعة) الذي حدد فيه برنامج AquaCrop عملية ري بسبب استهلاك 50% من الماء السهل الامتصاص (50%RAW) وهو المعيار الذي تم اختياره لتحديد تاريخ عملية الري مبينا في العمود DAP (day after planting) بينما تكون كمية مياه الري اللازمة لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية FC (Back to Field Capacity) وهو المعيار الذي تم اختياره لتحديد كمية المياه الواجب تطبيقها في كل عملية ري مبينا في العمود Irri حيث بلغ إجمالي كمية الري في الموسم 225 ملم.



	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	(May	2018)	-	Output	created	on	(date)	:	4/8/2022	at	(time)	:
2	balance											
3												
4	number:	1										
5	Month	Year	DAP	Stage	WCTot	Rain	Irri	Surf	Infilt	RO	Drain	Cl
6	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m	mm	mm	%	m
7	8	2010	1	1	247.3	0	0	0	0	0	0	
8	8	2010	2	1	244.2	0	0	0	0	0	0	
9	8	2010	3	1	241.9	0	0	0	0	0	0	
10	8	2010	4	1	240.1	0	0	0	0	0	0	
11	8	2010	5	1	255.9	0	17.7	0	17.7	0	0	
12	8	2010	6	1	254	0	0	0	0	0	0.1	
13	8	2010	7	1	252.2	0	0	0	0	0	0.4	
14	8	2010	8	1	250.4	0	0	0	0	0	0.5	
15	8	2010	9	1	249	0	0	0	0	0	0.4	
16	8	2010	10	1	247.8	0	0	0	0	0	0.2	
17	8	2010	11	2	246.8	0	0	0	0	0	0.1	
18	8	2010	12	2	245.9	0	0	0	0	0	0.1	
19	8	2010	13	2	245.1	0	0	0	0	0	0	
20	8	2010	14	2	244.4	0	0	0	0	0	0	
21	8	2010	15	2	243.8	0	0	0	0	0	0	
22	8	2010	16	2	243.1	0	0	0	0	0	0	
23	8	2010	17	2	242.5	0	0	0	0	0	0	
24	9	2010	18	2	242	0	0	0	0	0	0	

التمرين الثاني: جدولة الري الناقص لمحصول الذرة في جنين - فلسطين

إعداد جداول ري ناقص لمحصول الذرة في جنين - فلسطين والذي سيروى بطريقة الري بالتنقيط ثم تعديل المشروع الذي تم إنشاؤه في التمرين الأول باستبدال ملف الري الكامل بملفات الري الناقص وتشغيل المشاريع لمحاكاة انتاجية محصول الذرة والإنتاجية المائية في حالة الري الناقص.

المعطيات:

البيانات المناخية:
موجودة في الملف العام للمناخ JeninClimate.CLI وفي الملفات التي تحتوي البيانات المناخية اليومية (jenin.Tnx) , (jenin.ETo), (jenin.PLU) .

خصائص المحصول:
ملف محصول الذرة JeninMaize.CRO الذي يعتمد تقويم حرارة النمو (GDD)، تاريخ الزراعة هو 15 آب / Aug.

خصائص التربة:
ملف التربة JeninMaize.SOL لتربة جنين التي تتشكل من طبقة واحدة silty clay loam بسماكة 0.7 م.

شروط إدارة الحقل:
ملف إدارة الحقل NO90%.MAN حيث خصوبة التربة (Near Optimal 90 %) والغطاء النسبي للأعشاب الضارة 5%.

الشروط الابتدائية:
الملف JeninMaize.SW0 والذي تكون فيه رطوبة التربة مساوية للسعة الحقلية FC لتربة جنين.

من نتائج المحاكاة في التمرين السابق قام برنامج AquaCrop بإعداد برنامج ري كامل لمحصول الذرة في جنين بتحديد تاريخ الري في كل يوم تصل فيه نسبة المياه المستهلكة بالتبخر والنتح إلى 50% من الماء السهل الامتصاص RAW، وتحديد كمية المياه الواجب تطبيقها في كل عملية ري لإعادة رطوبة التربة مساوية للسعة الحقلية FC في التاريخ المحدد لعملية الري.

في هذا التمرين سيتم اختبار تأثير جداول ري ناقص بنسب مختلفة على إنتاجية محصول الذرة وعلى الإنتاجية المائية (انتاجية المتر المكعب الواحد من المياه المستهلكة للكتلة الحيوية والمادة الجافة).

تاريخ الري (يوم بعد الزراعة)	عمق الري (مم)					
DAP	**Full Irri**	**0.8Irr**	**0.7Irr**	**0.6Irr**	**0.5Irr**	**0.4Irr**
5	18	14	13	11	9	7
39	35	28	25	21	18	14
50	40	32	28	24	20	16
62	44	35	31	26	22	18
75	44	35	31	26	22	18
91	45	36	32	27	23	18
Sum	**226**	**180**	**160**	**135**	**114**	**91**

تم تدوير (Round) قيمة عمق مياه الري إلى أقرب عدد صحيح لأن AquaCrop لا يقبل أجزاء عشرية في جداول الري المدخلة من المستخدم.

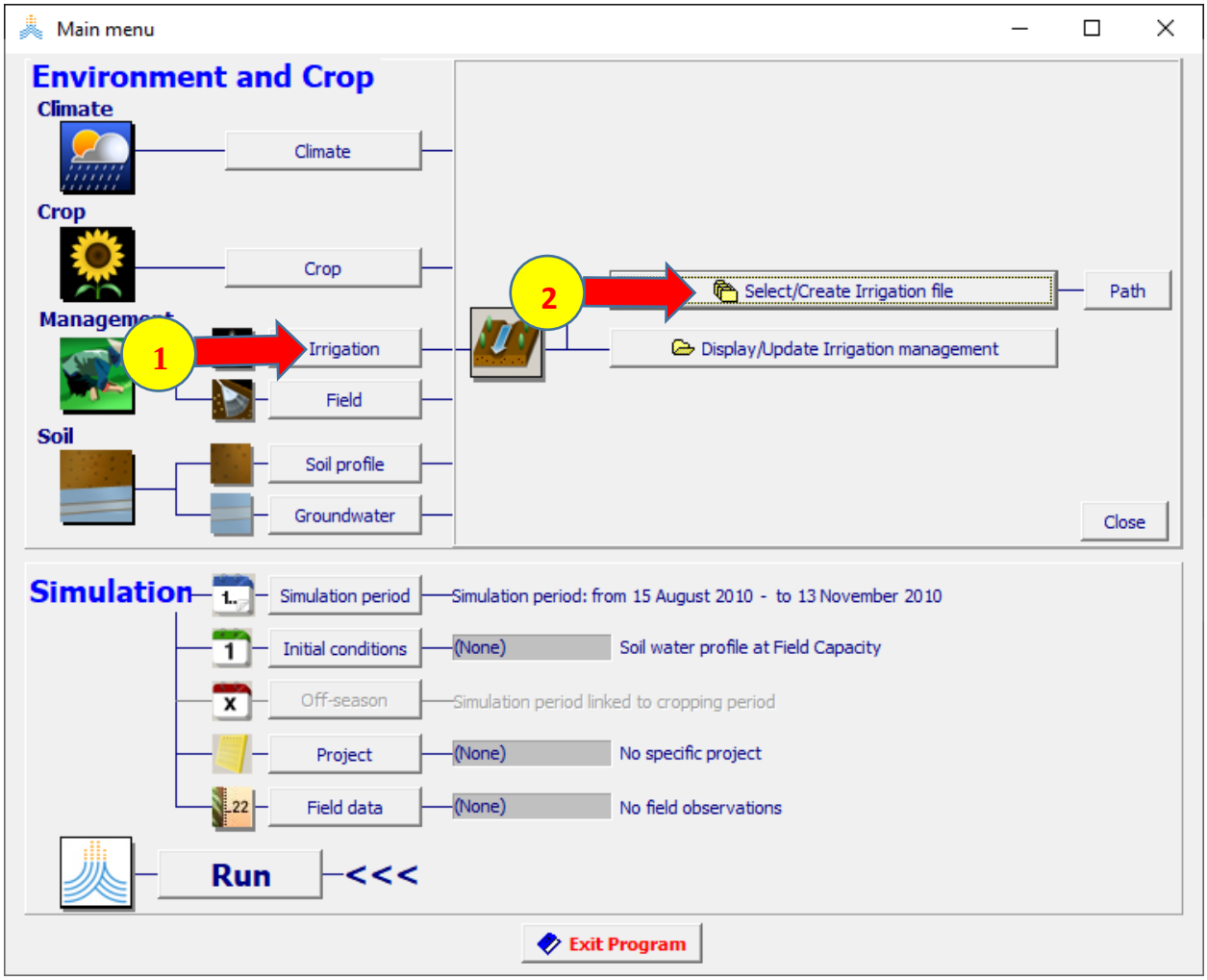
إنشاء ملفات الري الناقص

اختر ملف المناخ JeninClimate.CLI و ملف المحصول JeninMaize.CRO وحدد تاريخ الزراعة في 15 / Aug / 2010.

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation.

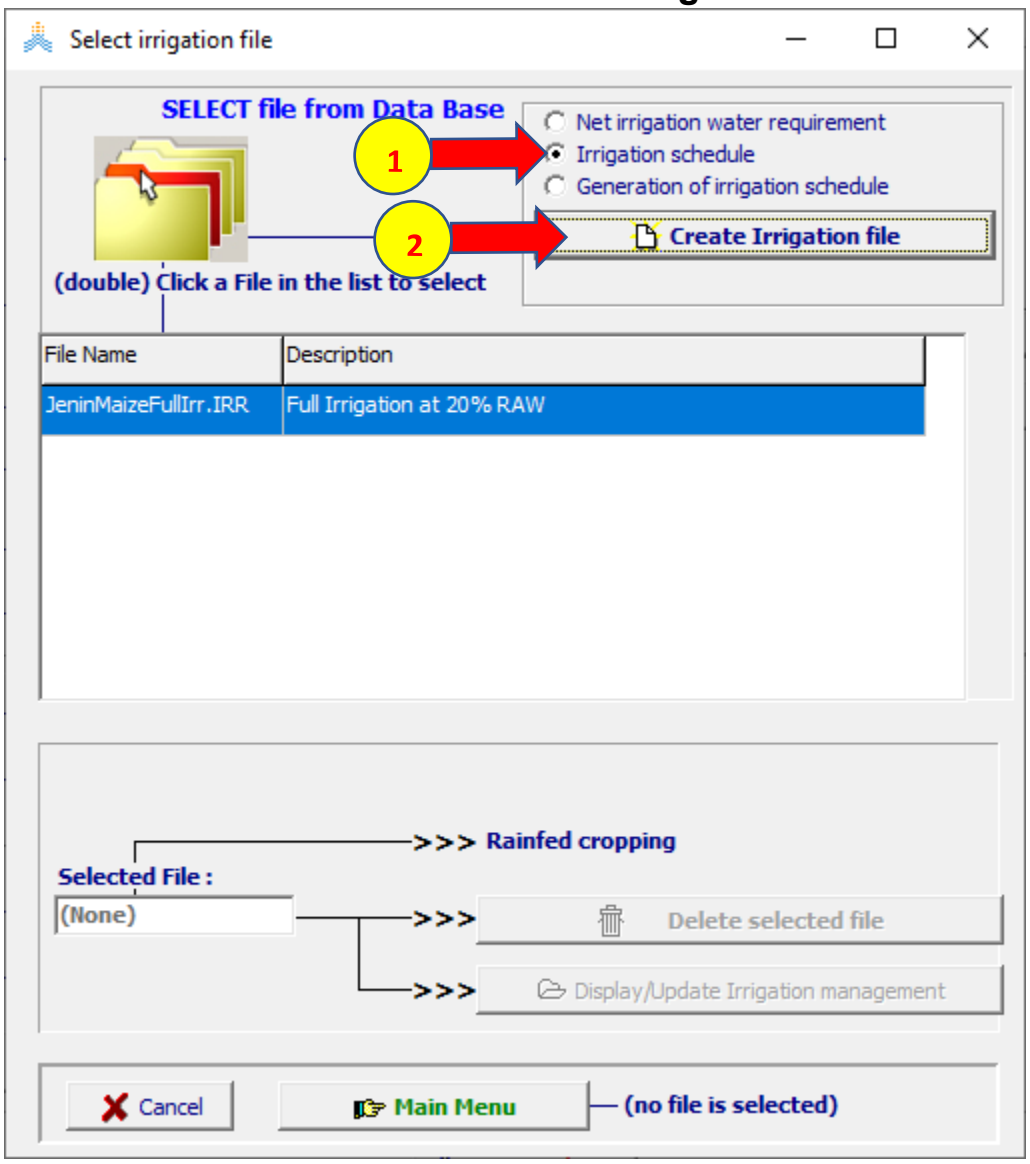
2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



في الواجهة Select irrigation file:

1- اختر Irrigation schedule.

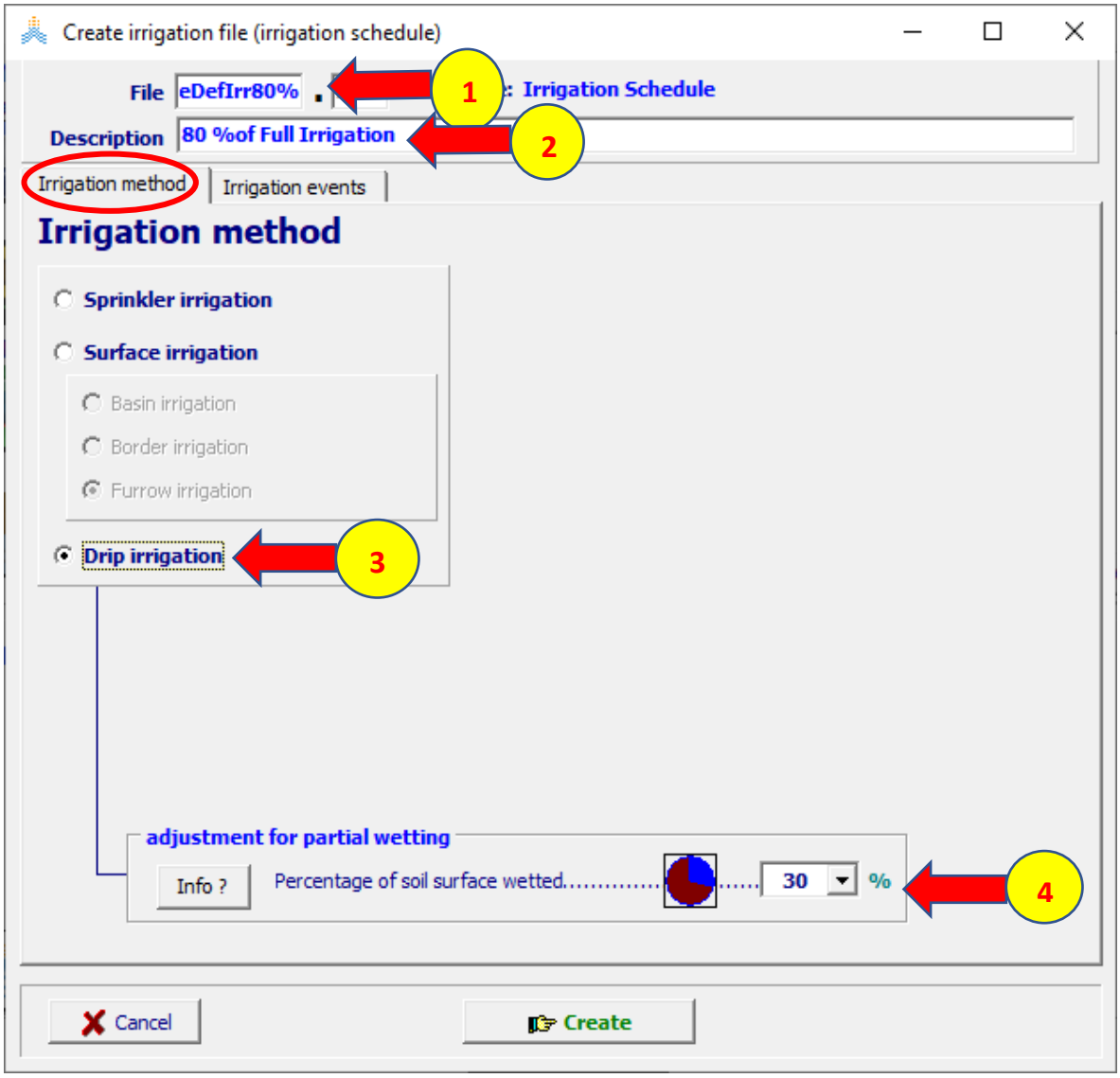
2- اختر الأمر Create Irrigation file.



في الواجهة Create irrigation file (irrigation schedule):

1- حدد اسم الملف MaizeDefIrr80%.
2- حدد Description (80 %of Full Irrigation).
في الواجهة Irrigation method:

3- حدد طريقة الري بالتنقيط Drip Irrigation.
4- حدد قيمة Percentage of soil surface wetted (30) أي نسبة سطح التربة الذي سيتبلل بالماء نتيجة الري هو 30%.

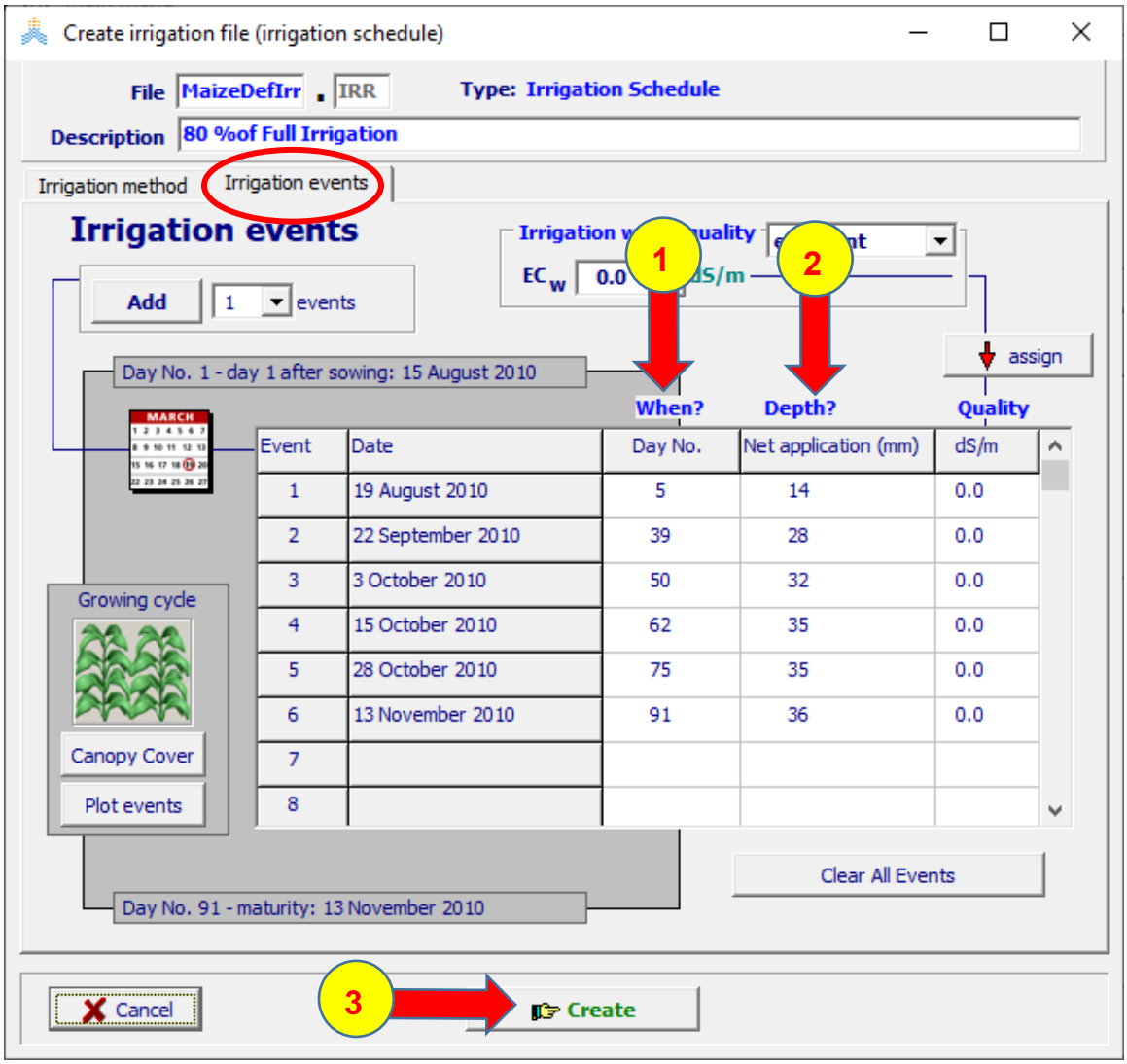


في الواجهة Irrigation events:

1- حدد قيم Day No. كما هو مبين بالشكل.

2- حدد قيم Net application(mm) كما هو مبين في الشكل.

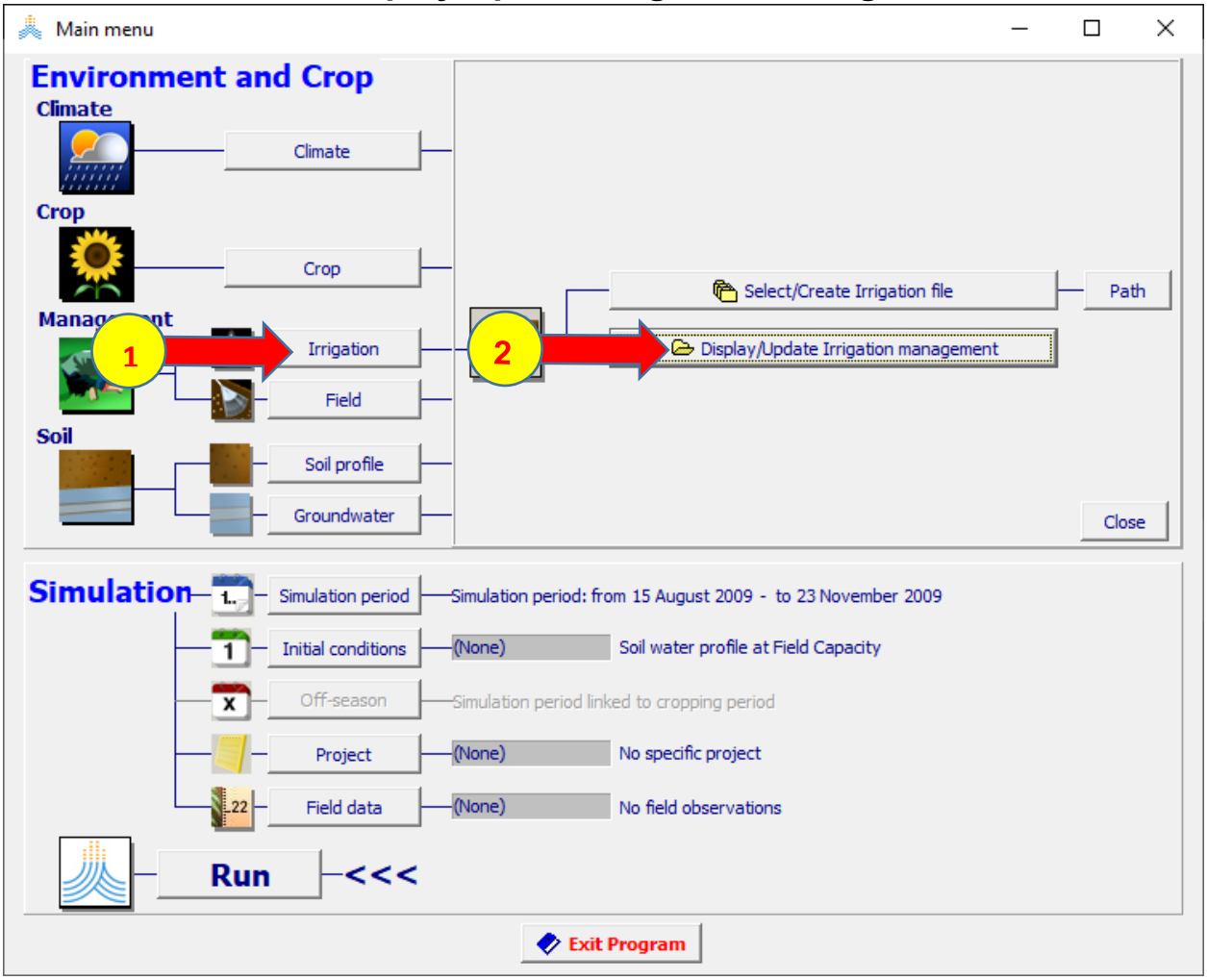
3- اختر الأمر Create لإنشاء الملف.



في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation.

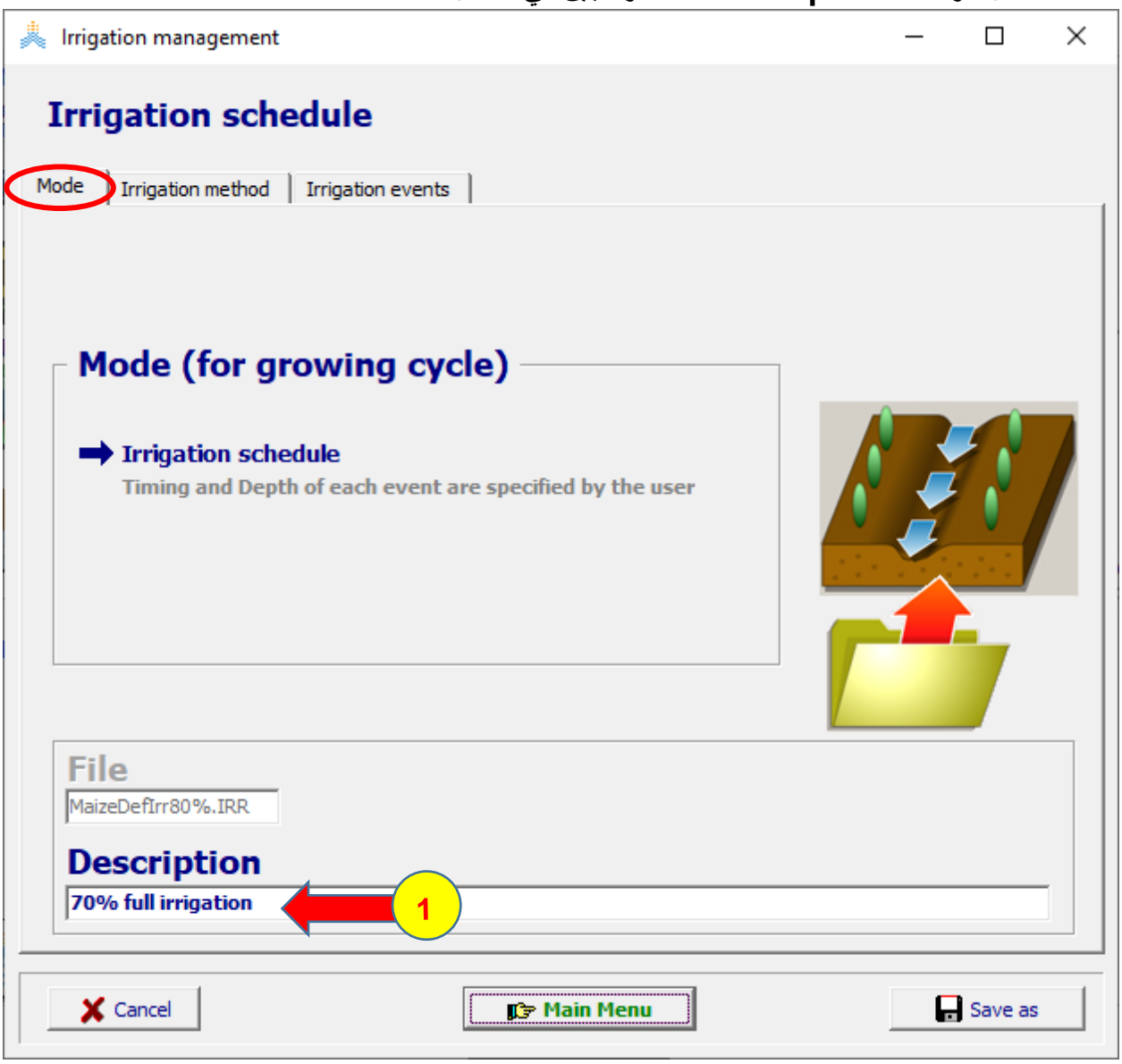
2- اختر الأمر Display/Update Irrigation management.



في الواجهة Irrigation management:

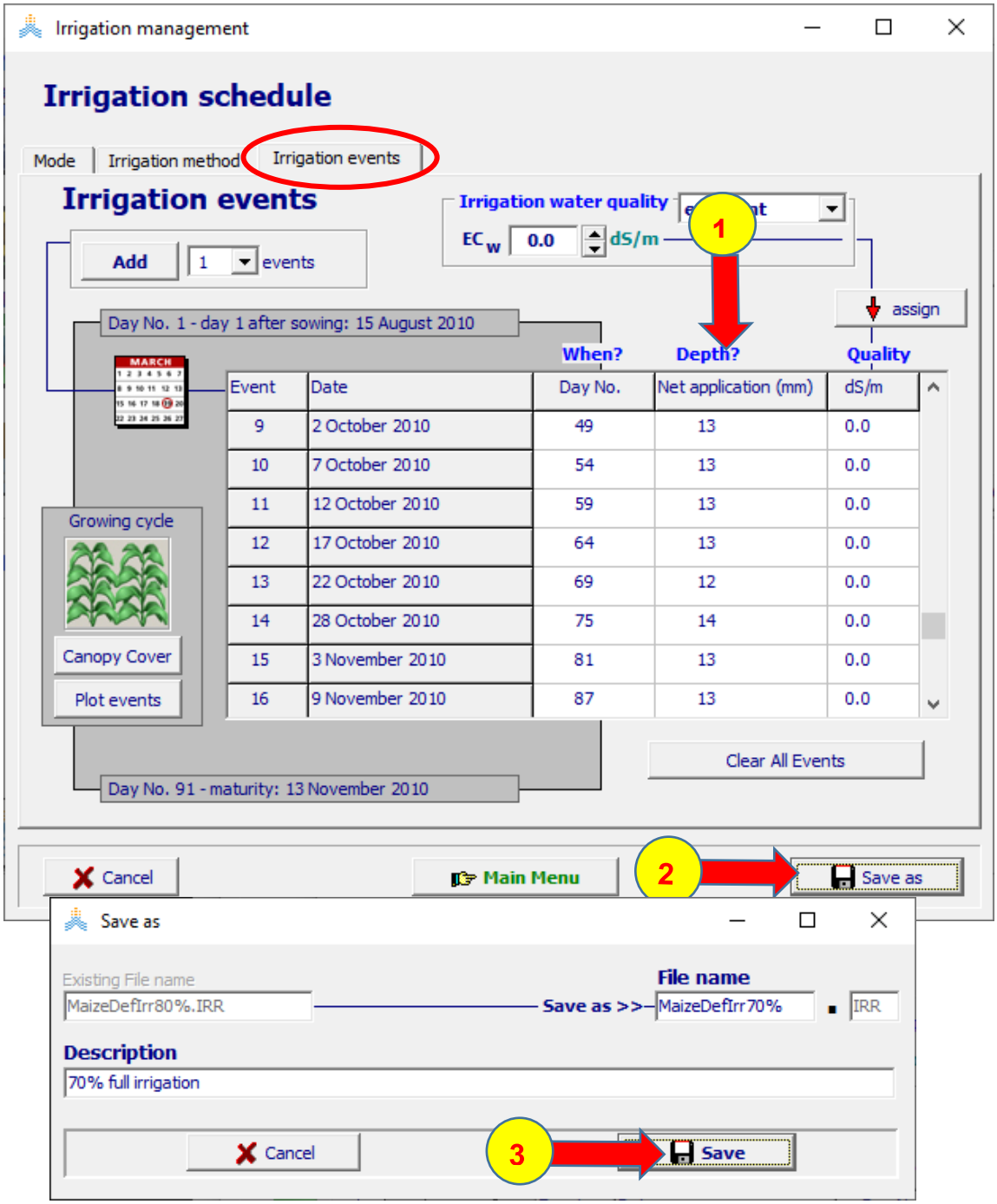
في الواجهة Mode:

1- عدل الوصف Description كما هو مبين في الشكل.



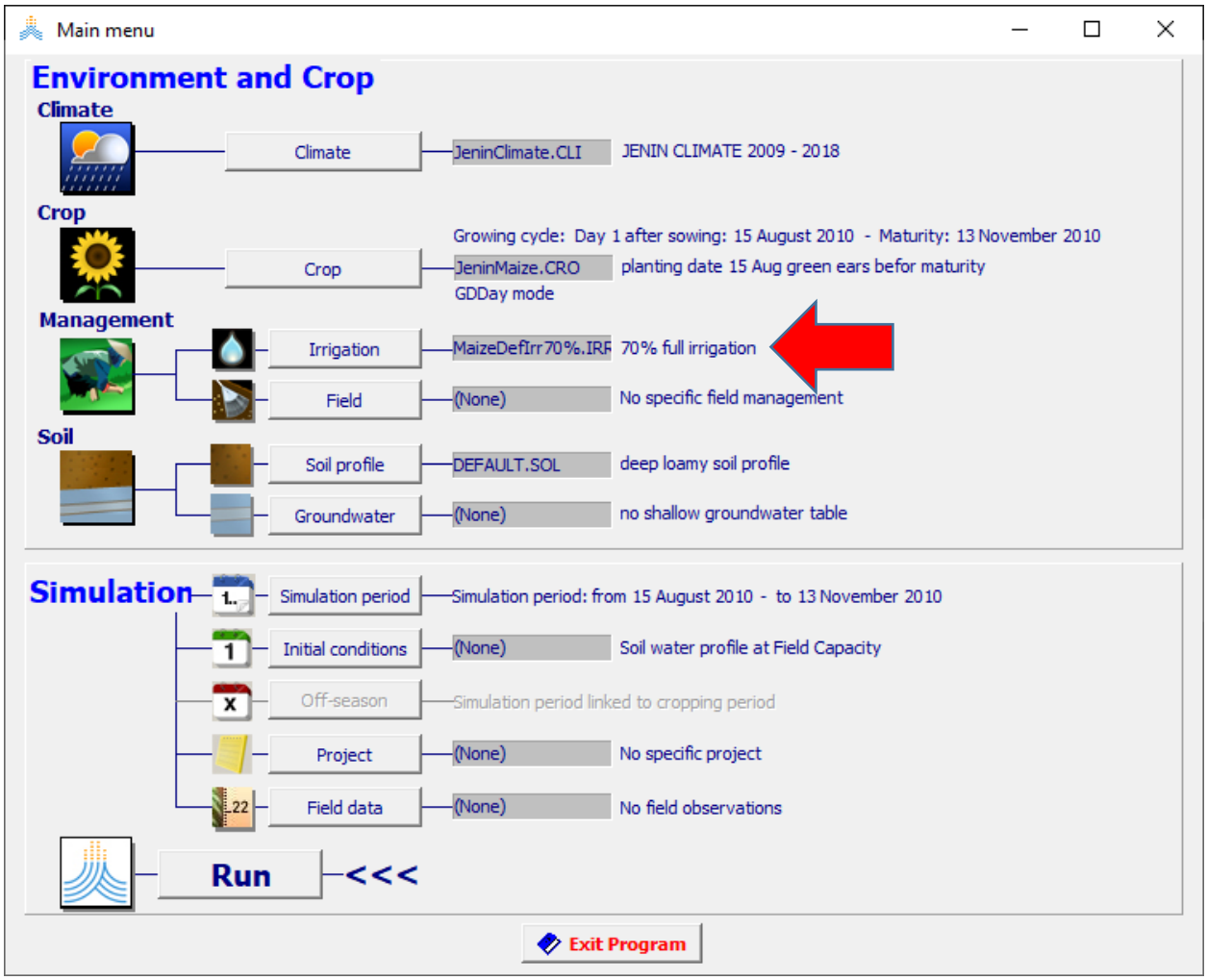
في الواجهة Irrigation events:

1- عدل قيم Net application(mm) كما هو مبين في الشكل.
2- اختر الأمر Save as.
3- احفظ الملف باسم MaizeDefIrr70% باختيار الأمر Save.



يعود البرنامج إلى الواجهة Main menu ويظهر اسم ملف الري(MaizeDefIrr70%) الذي تم إنشاؤه.

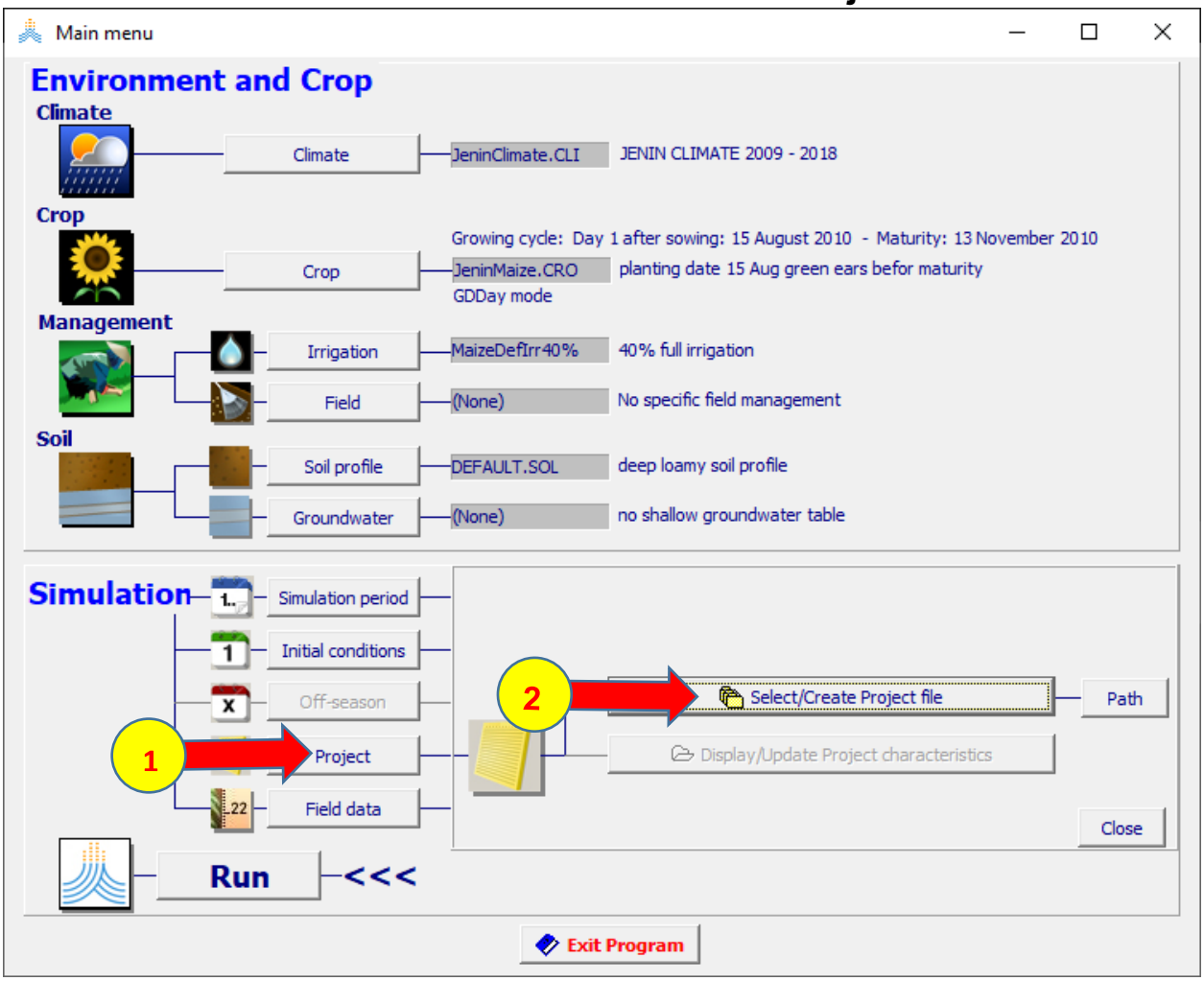
بنفس الخطوات، يتم إعداد بقية ملفات الري الناقص MaizeDefIrr60% و MaizeDefIrr50% و MaizeDefIrr40%.



إنشاء مشاريع الري الناقص

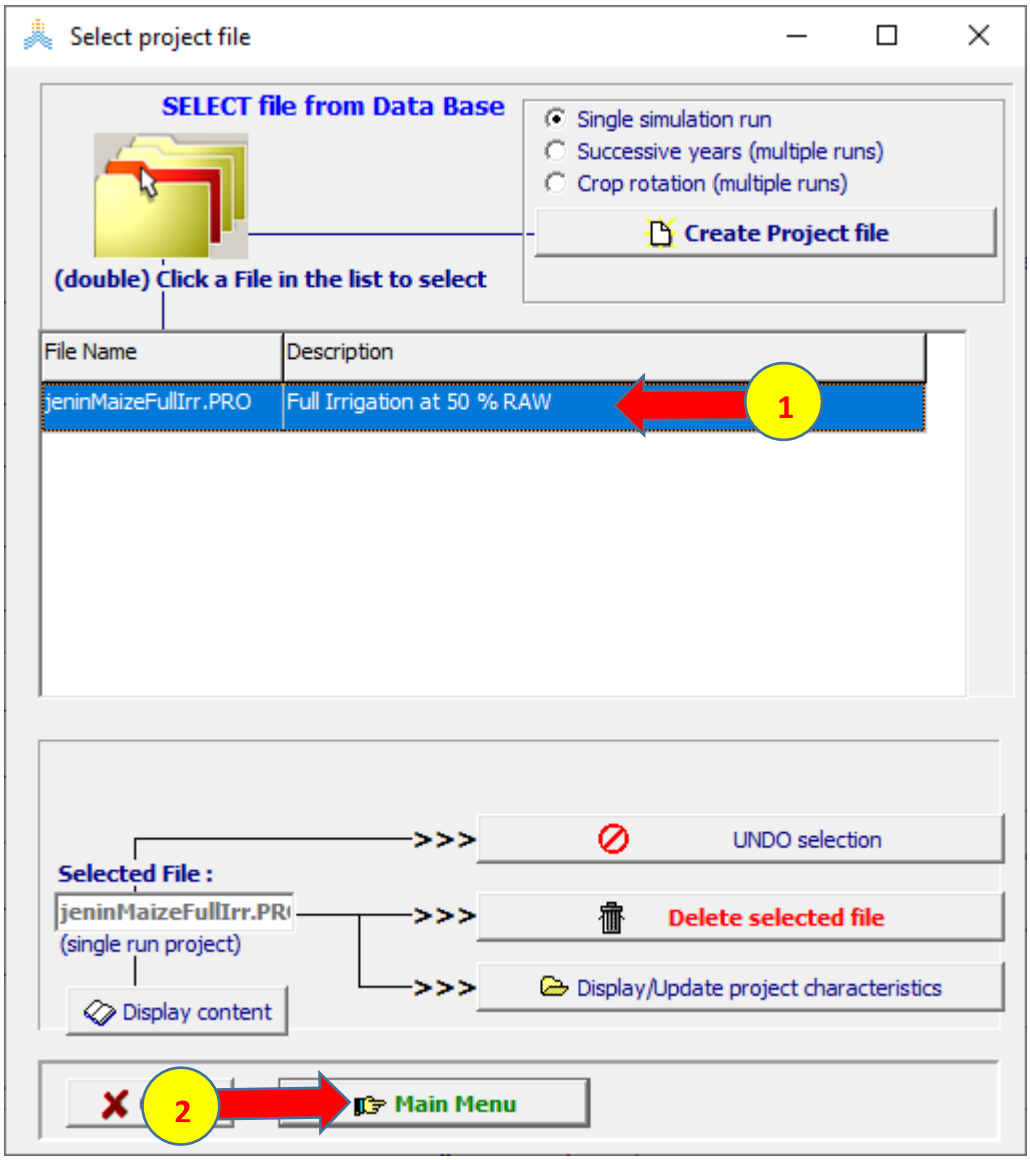
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر **Project**.
2- اختر الأمر **Select/Create Project file**.



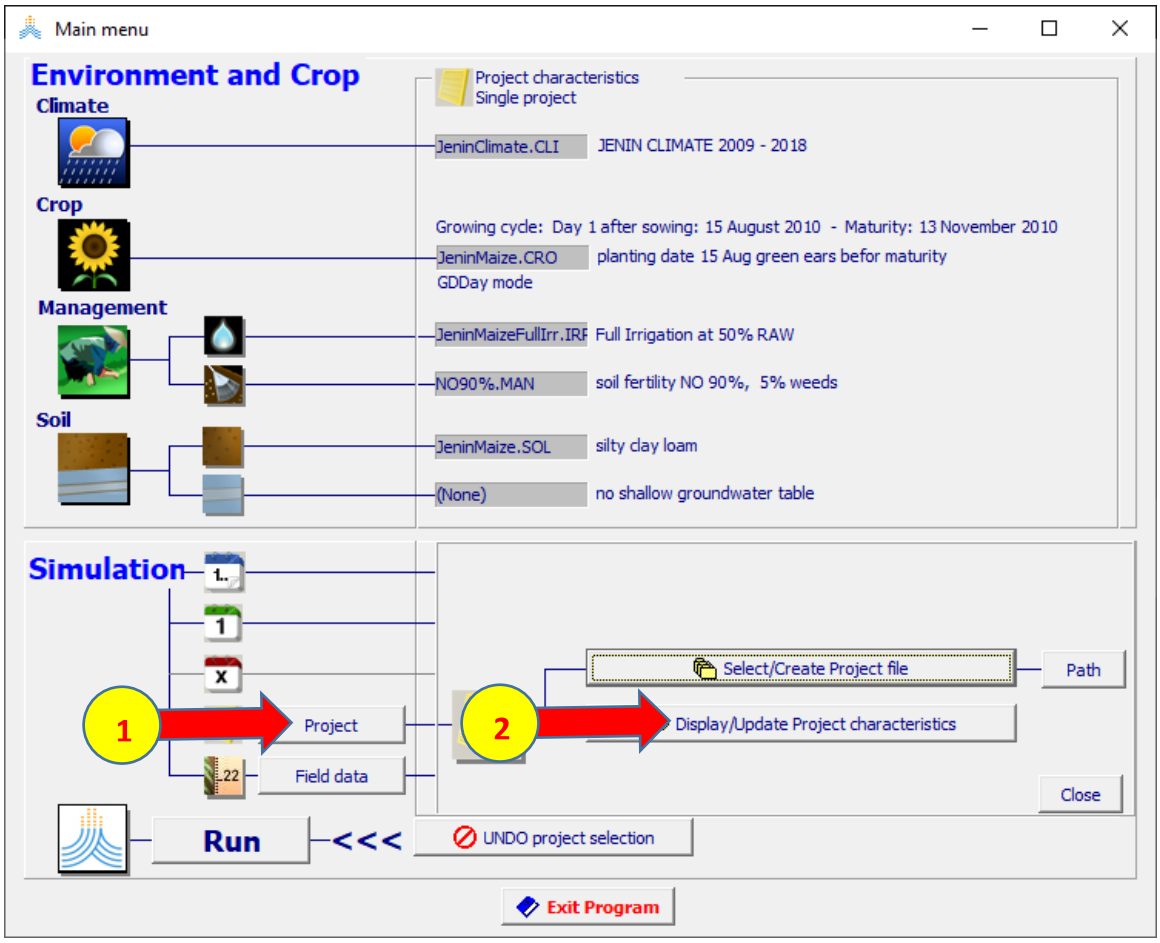
في الواجهة Select project file:

1- اختر المشروع JeninMaizefullIrr.PRO.
2- اختر الأمر Main Menu.



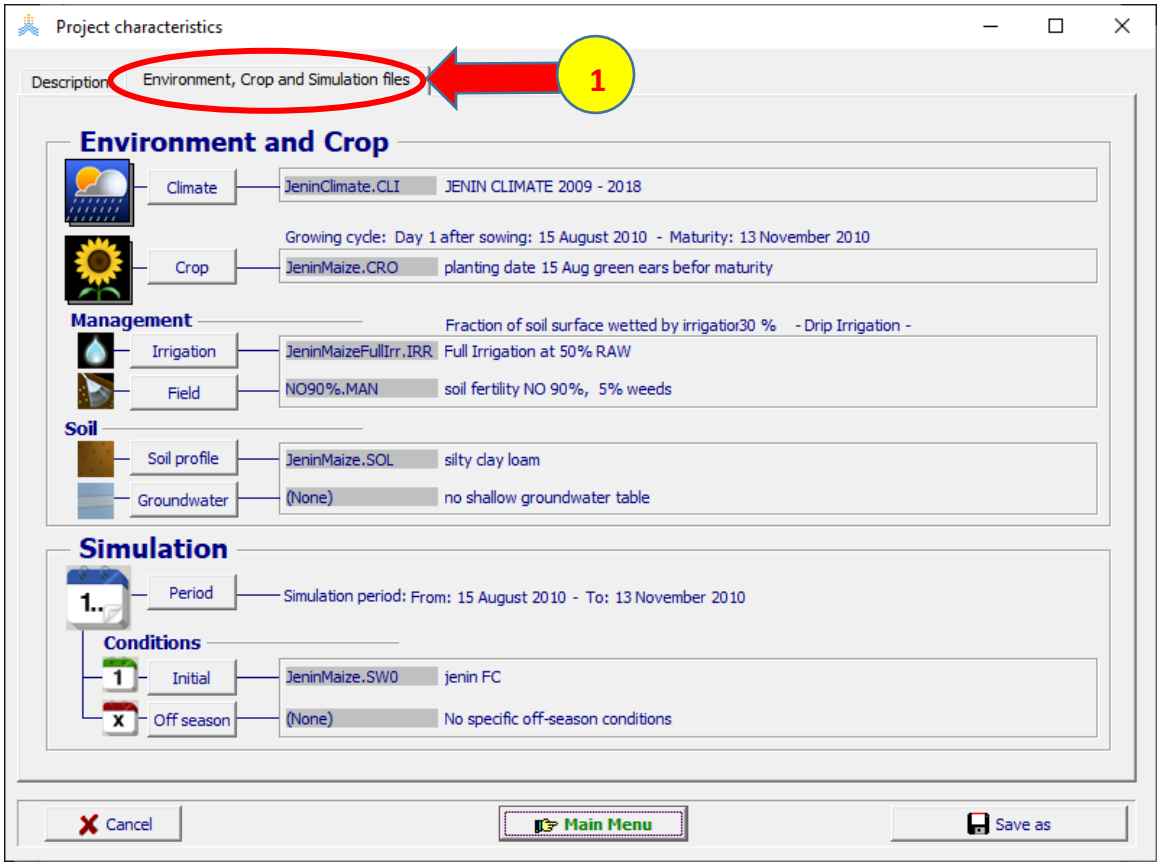
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Project.
2- اختر الأمر Display/Update Project characteristics.



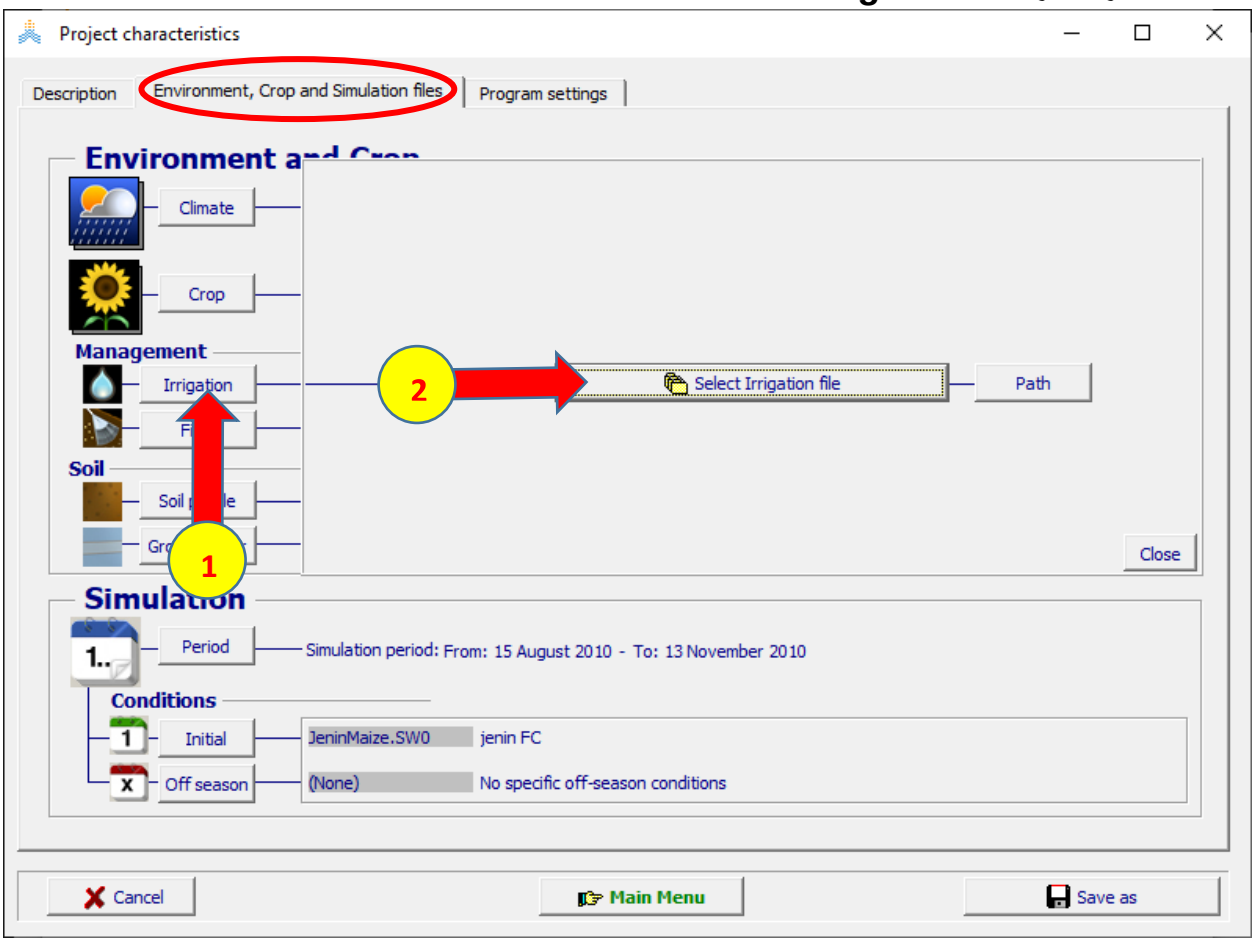
في الواجهة Project characteristics:

1- اختر الواجهة Environment, Crop and Simulation files.



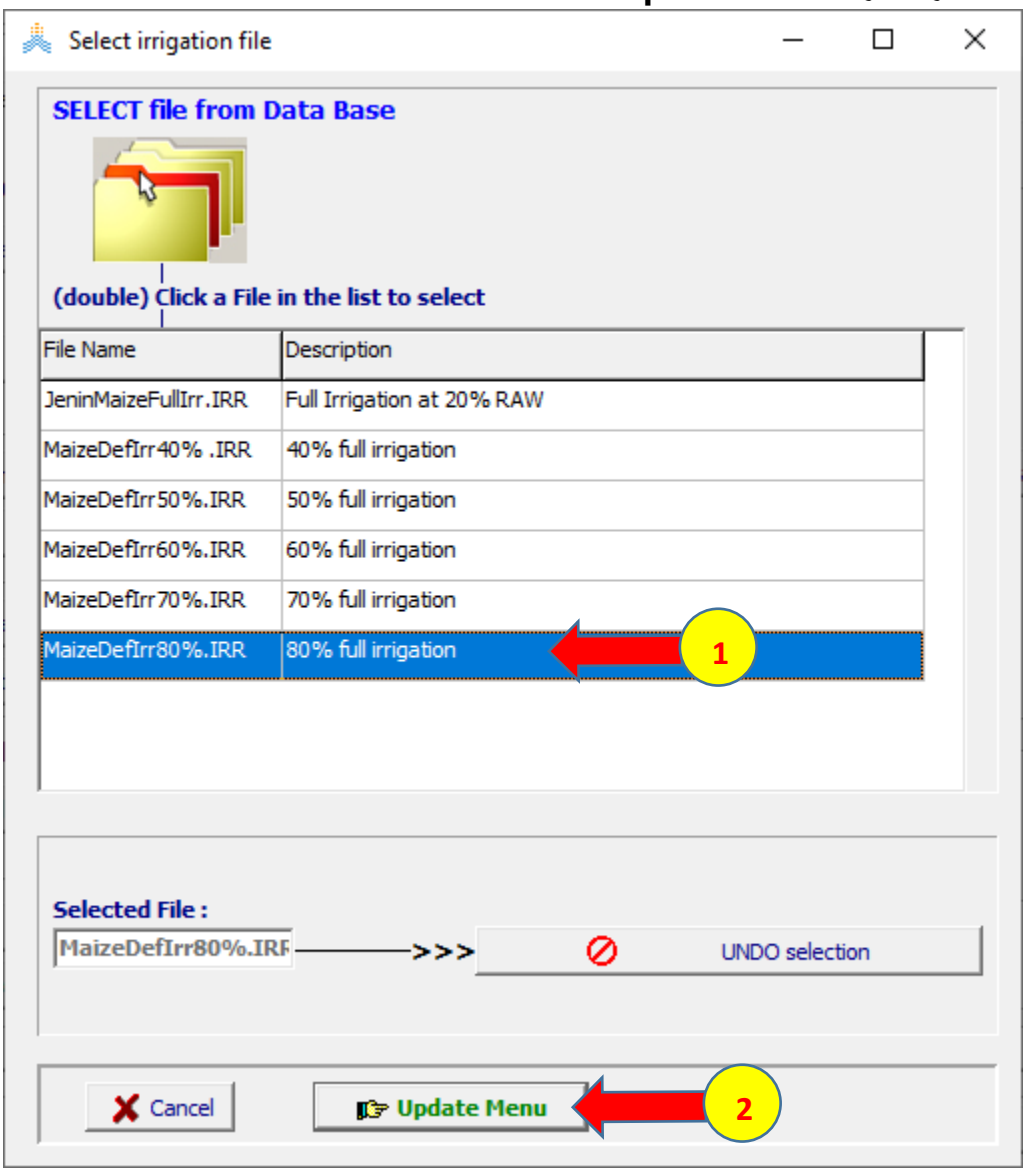
في الواجهة Environment, Crop and Simulation files:

1- اختر الأمر Irrigation.
2- اختر الأمر Select Irrigation file.



في الواجهة Select irrigation file:

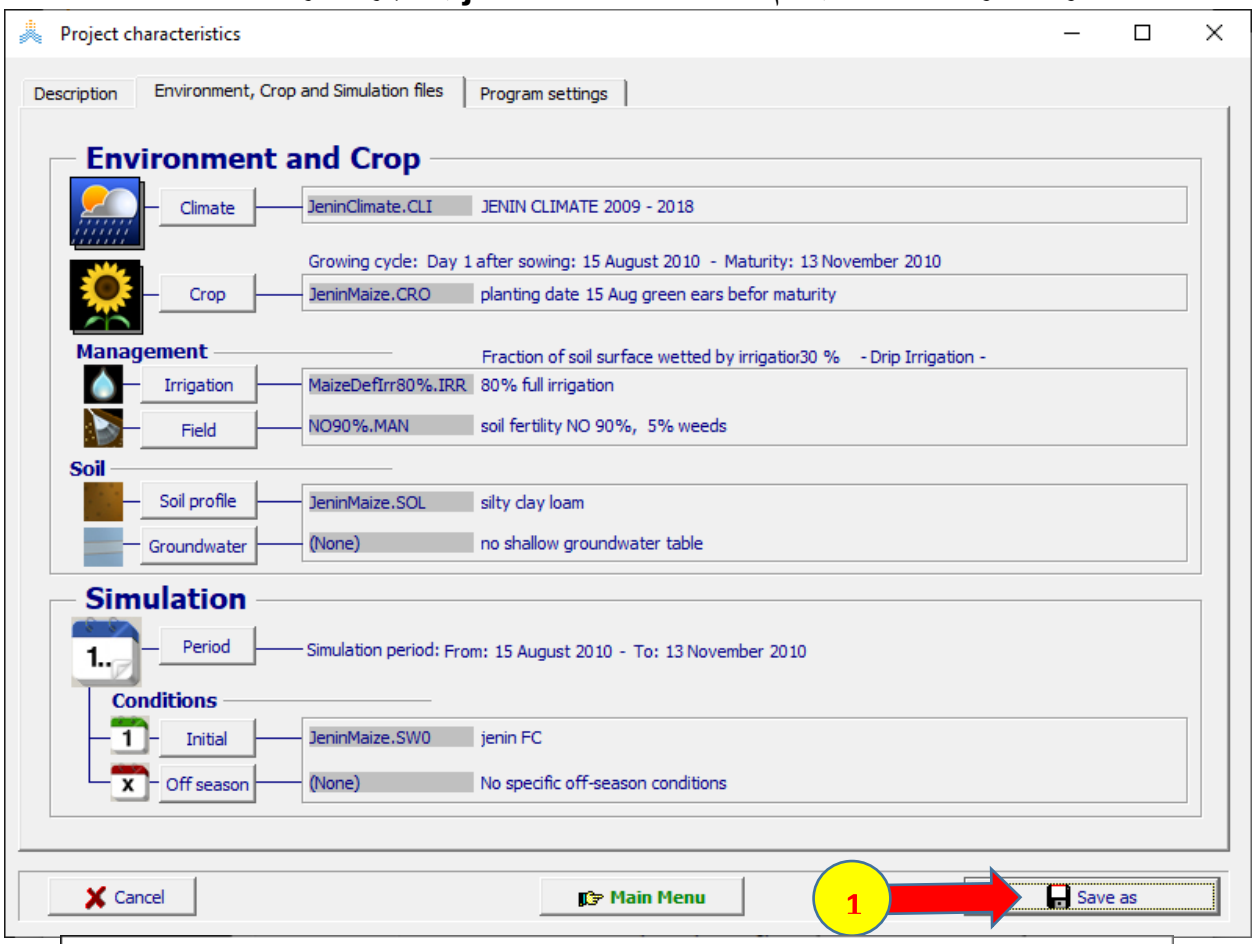
1- اختر الملف MaizeDefIrr80%.IRR.
2- اختر الأمر Update Menu.

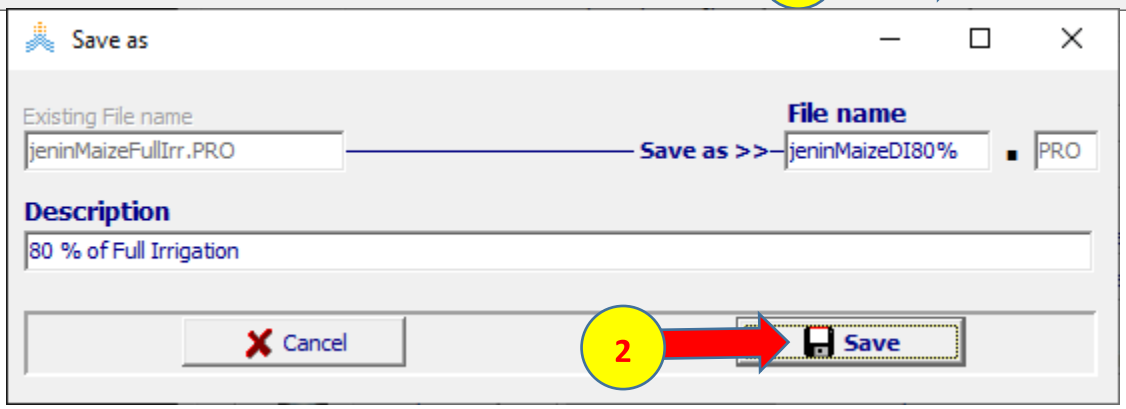


في الواجهة Project characteristics:

1- اختر الأمر Save as.

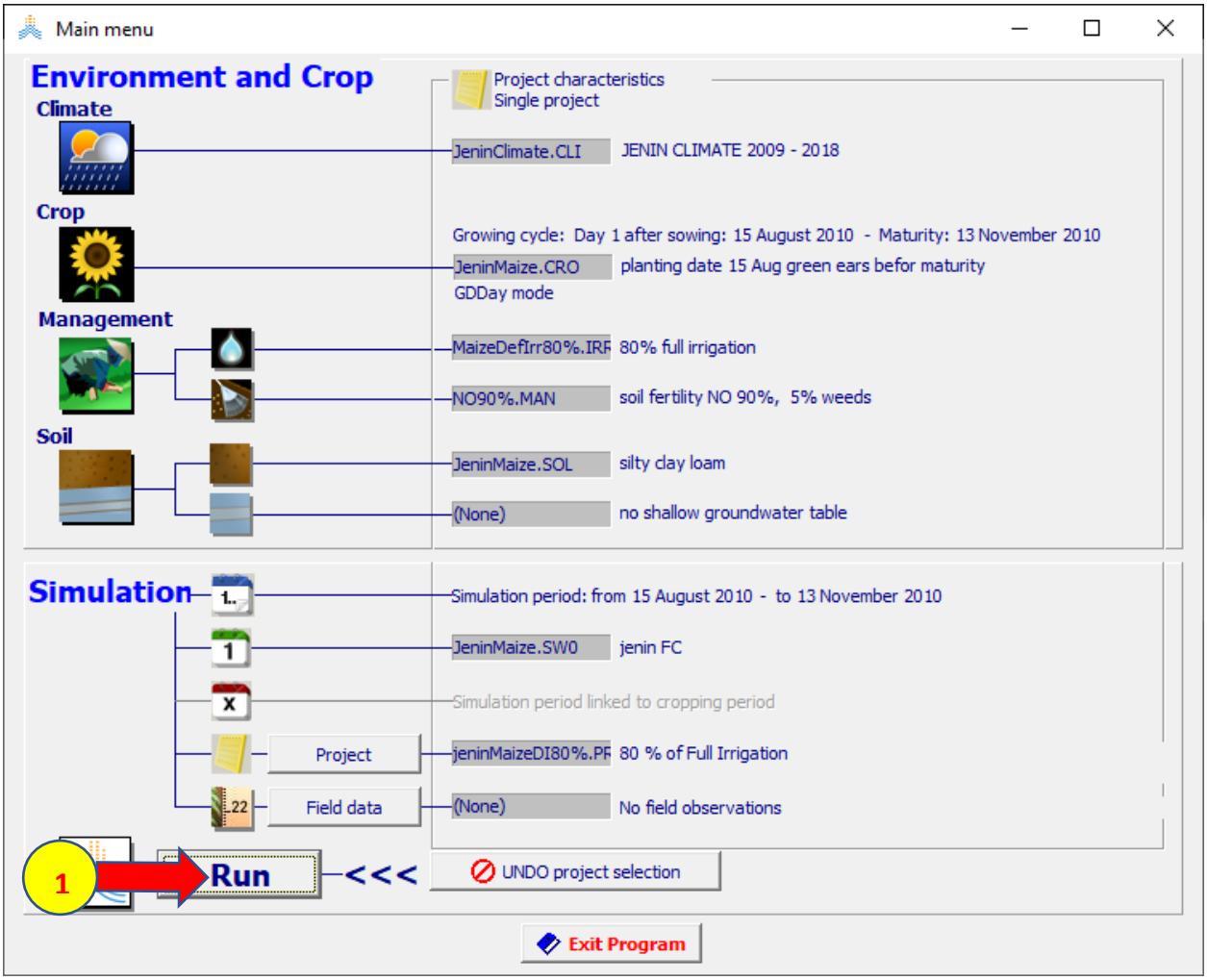
2- عدل الوصف واحفظ الملف باسم jeninMaizeDI80% باختيار الأمر Save.





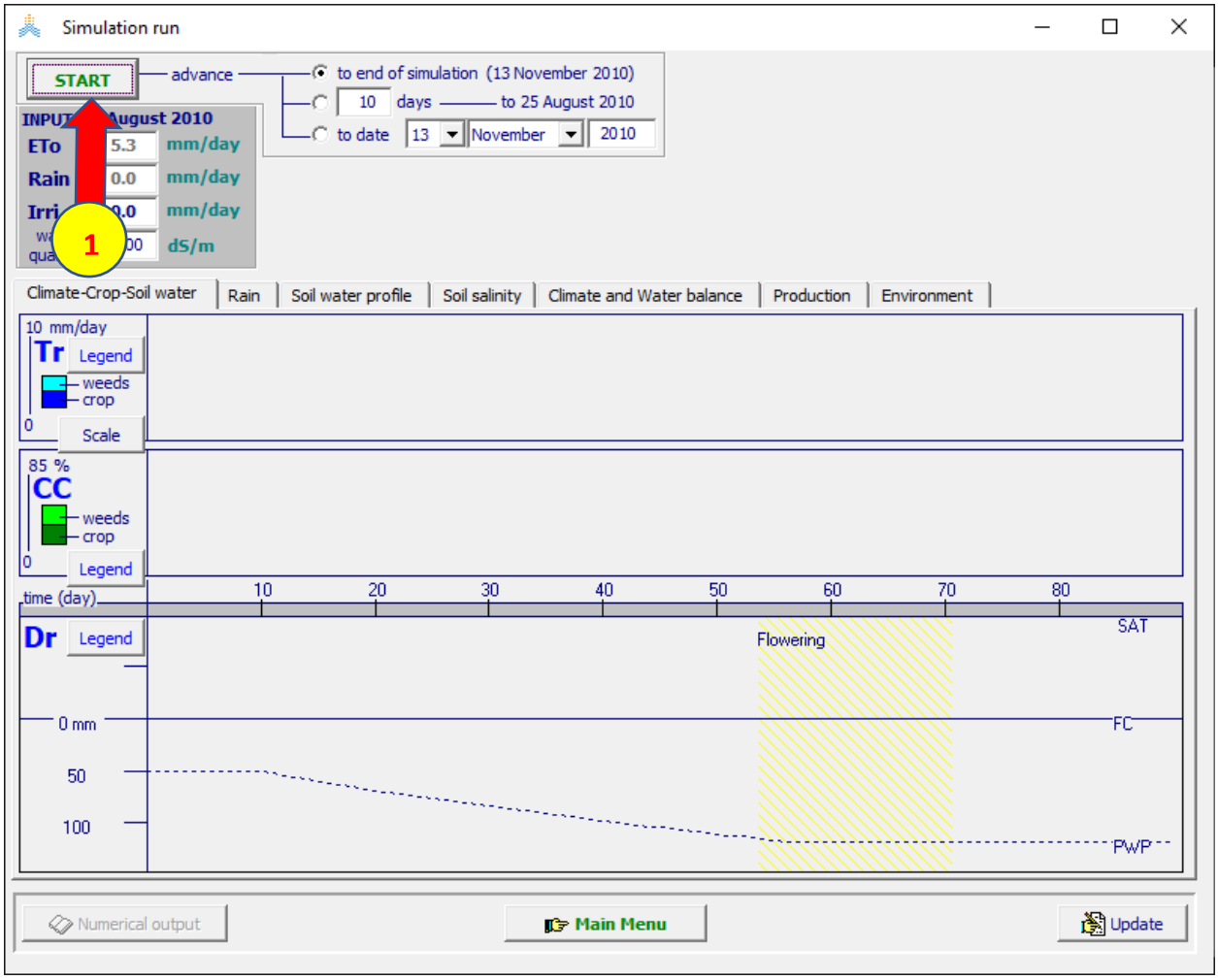
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Run في أسفل القائمة لبدء تشغيل المحاكاة.



في الواجهة Simulation run:

1- اختر الأمر START لبدء المحاكاة.

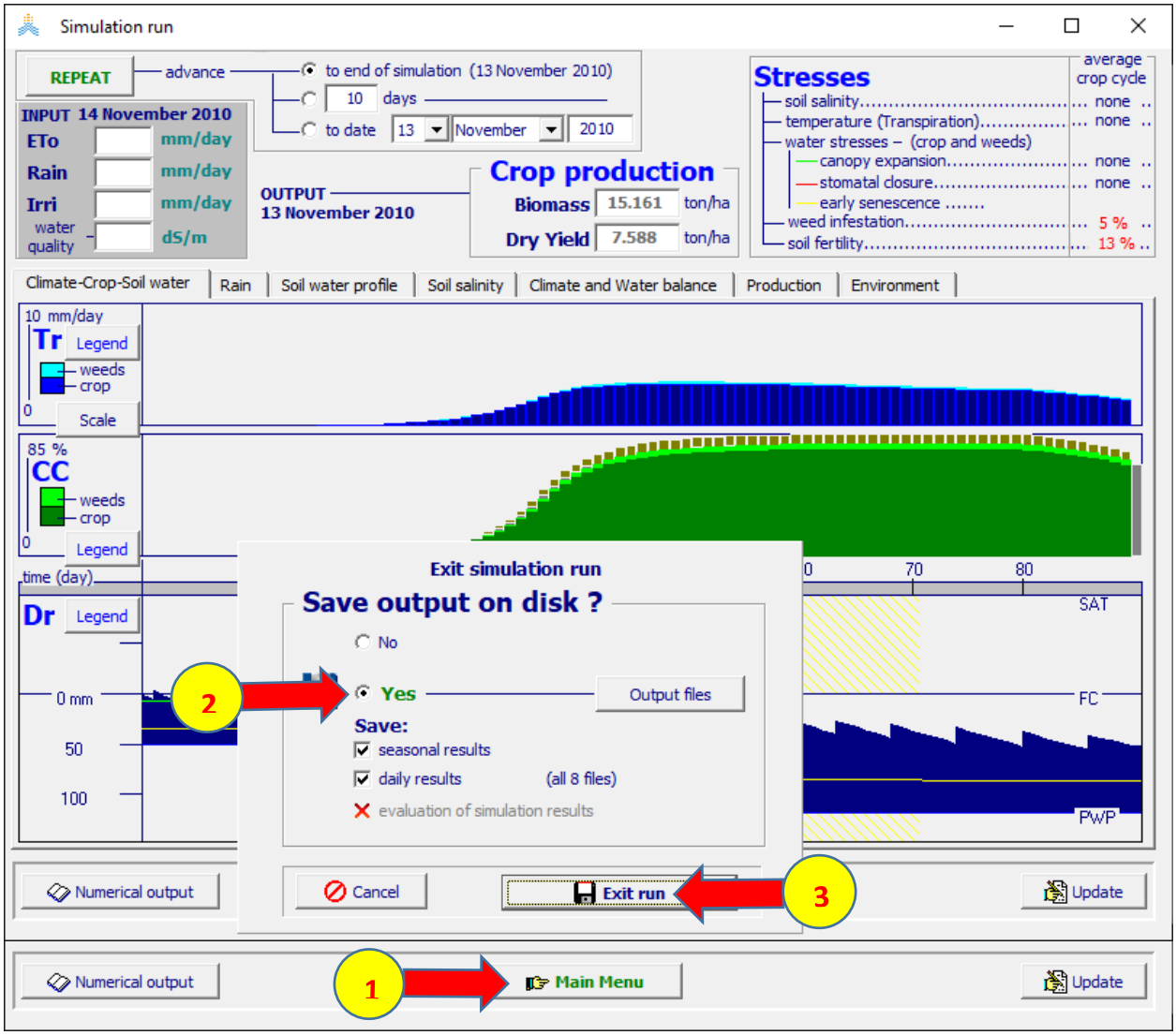


عند انتهاء المحاكاة:

1- اختر الأمر Main Menu في أسفل الواجهة Simulation run.

2- تظهر نافذةExit simulation run، اختر Yes وتأكد من تفعيل الخيارين Save seasonal result وSave daily results.

3- اختر الأمر Exit run لحفظ نتائج المحاكاة.



يتم إنشاء بقية مشاريع الري الناقص بنفس الطريقة التي تم بها إنشاء المشروع jeninMaizeDI80%.PRO:

1- **استبدال ملف الري (MaizeDefIrr80%.IRR) في المشروع (jeninMaizeDI80%.PRO) بالملف (MaizeDefIrr70%.IRR) وتعديل الوصف إلى (70 % OF FULL IRR) وحفظ المشروع باسم (jeninMaizeDI70%.PRO) وتشغيله وحفظ النتائج.**

2- **استبدال ملف الري (MaizeDefIrr70.IRR) في المشروع (jeninMaizeDI70%.PRO) بالملف (MaizeDefIrr60%.IRR) وتعديل الوصف إلى (60 % OF FULL IRR) وحفظ المشروع باسم (jeninMaizeDI60%.PRO) وتشغيله وحفظ النتائج.**

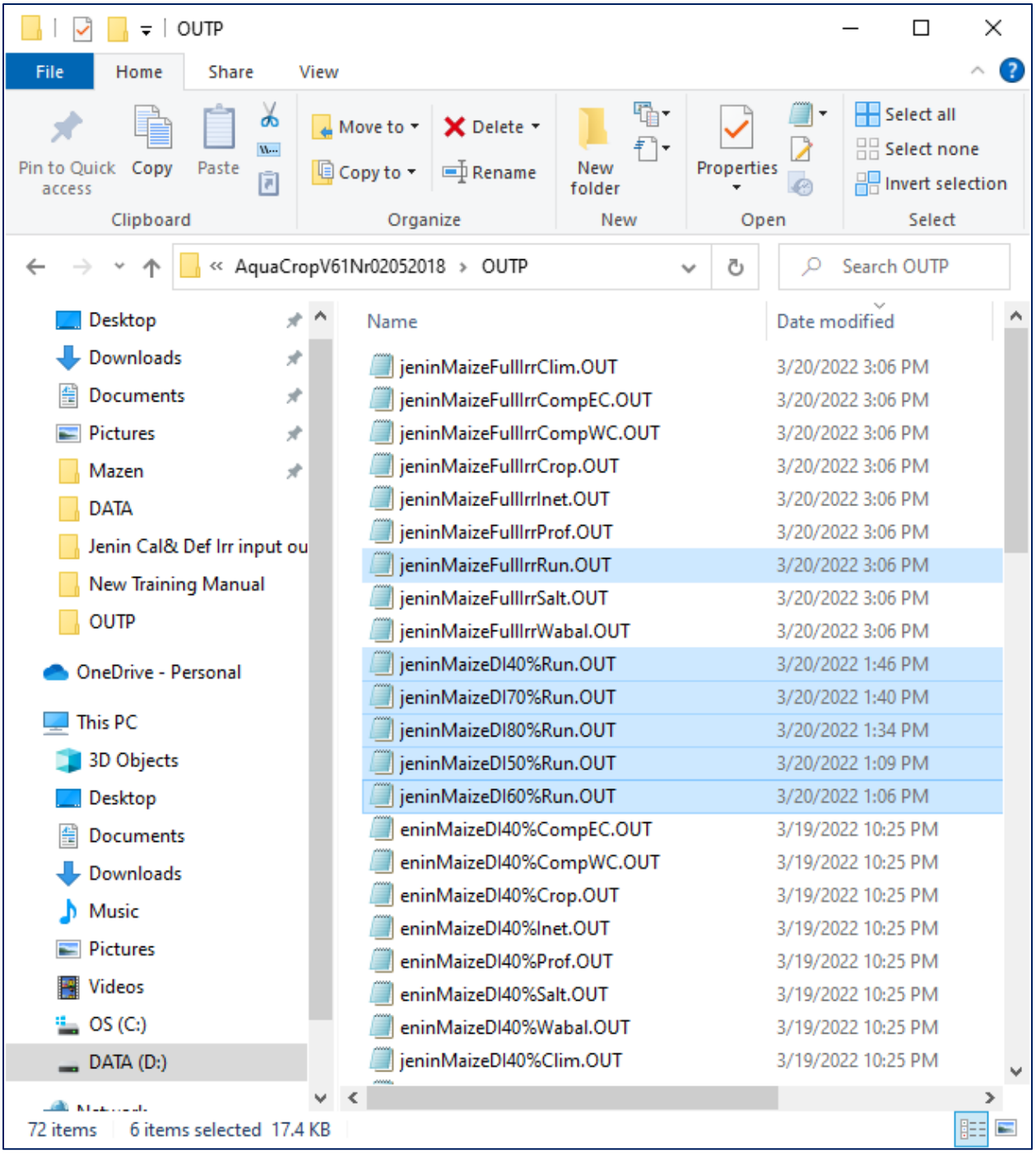
3- **استبدال ملف الري (MaizeDefIrr60%.IRR) في المشروع (jeninMaizeDI60%.PRO) بالملف (MaizeDefIrr50%.IRR) وتعديل الوصف إلى (50 % OF FULL IRR) وحفظ المشروع باسم (jeninMaizeDI50%.PRO) وتشغيله وحفظ النتائج.**

4- **استبدال ملف الري (MaizeDefIrr50%.IRR) في المشروع (jeninMaizeDI50%.PRO) بالملف (MaizeDefIrr40%.IRR) وتعديل الوصف إلى (40 % OF FULL IRR) وحفظ المشروع باسم (jeninMaizeDI40%.PRO) وتشغيله وحفظ النتائج.**

يمكن الحصول على نتائج المحاكاة لمشاريع الري الناقص من الملفات:

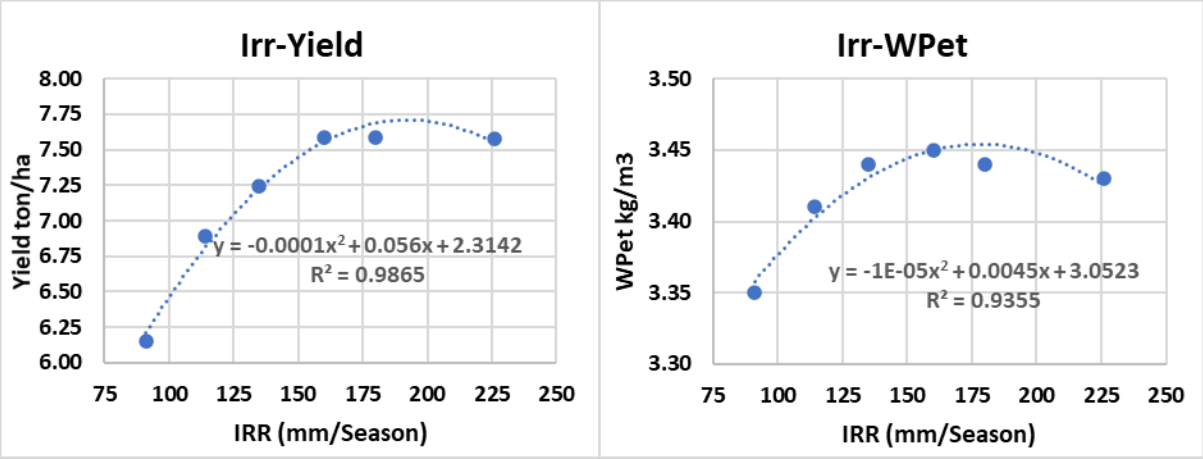
jeninMaizeDI80%Run.OUT
jeninMaizeDI70%Run.OUT
jeninMaizeDI60%Run.OUT
jeninMaizeDI50%Run.OUT
jeninMaizeDI40%Run.OUT

المحفوظة في المكتبة الفرعية OUTP في مجلد AquaCropV61Nr02052018


OUTP
File
Home
Share
View
Pin to Quick access
Copy
Paste
Move to
Copy to
Delete
Rename
New folder
Properties
Select all
Select none
Invert selection
Clipboard
Organize
New
Open
Select
AquaCropV61Nr02052018 › OUTP
Search OUTP
Desktop
Downloads
Documents
Pictures
Mazen
DATA
Jenin Cal& Def Irr input ou
New Training Manual
OUTP
OneDrive - Personal
This PC
3D Objects
Desktop
Documents
Downloads
Music
Pictures
Videos
OS (C:)
DATA (D:)
Name
Date modified
jeninMaizeFullIrrClim.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrCompEC.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrCompWC.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrCrop.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrInet.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrProf.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrRun.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrSalt.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeFullIrrWabal.OUT 3/20/2022 3:06 PM
jeninMaizeDI40%Run.OUT 3/20/2022 1:46 PM
jeninMaizeDI70%Run.OUT 3/20/2022 1:40 PM
jeninMaizeDI80%Run.OUT 3/20/2022 1:34 PM
jeninMaizeDI50%Run.OUT 3/20/2022 1:09 PM
jeninMaizeDI60%Run.OUT 3/20/2022 1:06 PM
eninMaizeDI40%CompEC.OUT 3/19/2022 10:25 PM
eninMaizeDI40%CompWC.OUT 3/19/2022 10:25 PM
eninMaizeDI40%Crop.OUT 3/19/2022 10:25 PM
eninMaizeDI40%Inet.OUT 3/19/2022 10:25 PM
eninMaizeDI40%Prof.OUT 3/19/2022 10:25 PM
eninMaizeDI40%Salt.OUT 3/19/2022 10:25 PM
eninMaizeDI40%Wabal.OUT 3/19/2022 10:25 PM
jeninMaizeDI40%Clim.OUT 3/19/2022 10:25 PM
72 items
6 items selected 17.4 KB

تأثير الري الناقص على إنتاجية محصول الذرة وعلى الإنتاجية المائية

المعاملة	كمية مياه الري mm	نسبة التوفير بمياه الري %	Yield T/Ha	نسبة انخفاض الإنتاجية %	Wpet kg/m3
Full IRR	226		7.58		3.43
Dif Irr 80%	180	20	7.59	0	3.44
Dif Irr70%	160	30	7.59	0	3.45
Dif Irr 60%	135	40	7.24	4	3.44
Dif Irr 50%	114	50	6.90	9	3.41
Dif Irr 40%	91	60	6.15	19	3.35



يلاحظ من النتائج أن تطبيق سيناريوهات الري الناقص (Dif Irr80% وDif Irr70%) لم يسبب أي انخفاض في الإنتاجية و حقق ارتفاعا للإنتاجية المائية من 3.43 كغ/م^3 إلى 3.45 كغ/م^3، وانخفاض الإنتاجية بمقدار 4% عن انتاجية الري الكامل عند تطبيق سيناريو الري الناقص Dif Irr60% الذي يوفر 40% من كميات المياه المستهلكة للري وارتفاع الإنتاجية المائية WPet من 3.43 كغ/م^3 إلى 3.44 كغ/م^3 وأن تطبيق الري الناقص Dif Irr50% الذي يوفر 50% من كميات المياه المستهلكة للري يسبب خسارة في الإنتاجية لا تتجاوز 9%.

جدير بالذكر أن برنامج الري الفعلي المطبق لري محصول الذرة في جنين هو 15 ملم/ثلاثة أيام بدءا من اليوم الأول للزراعة, استهلك 450 ملم للري في موسم 2010 وحقق إنتاجية 7.58 طن/هكتار.

التمرين الثالث: تطبيق الري الكامل لمحصول البطاطا في ديرعلا-الأردن باستخدام المحاكاة اليومية (Real Time Simulation) لتحديد تاريخ الري وكمية مياه الري خلال موسم النمو.

إعداد وتشغيل مشروع لمحاكاة رطوبة التربة وتطور الغطاء النباتي لمحصول البطاطا المروي في منطقة دير علا في محافظة البلقاء بالأردن

المعطيات:

لموقع دير علا في الأردن

البيانات المناخية:

أ. يجب أن يكون متاحا البيانات المناخية اليومية (حرارة صغرى , حرارة عظمى, هطول مطري) لموسم سابق (2006-2007 في هذا المثال), وقد تم تحضير ملفات المدخلات المناخية لبرنامج AquaCrop لهذا الموسم بالأسماء التالية:
الملف المناخي العام Dairalla2007-2008.CLI,و ملفات البيانات المناخية اليومية Dairalla2007-2008.TNX, Dairalla2007-2008ETo، Dairalla2007-2008.PLU.
البيانات المناخية في الملفات المذكورة أعلاه يومية تغطي الفترة من 1 تشرين الأول/ Oct 2006 حتى 30 أيلول/ Sep 2007 (البيانات المناخية اليومية للموسم السابق 2006-2007).

ب. بيانات مناخية يتم الحصول عليها بشكل يومي من المحطة المناخية للموسم الحالي 2007 - 2008, في هذا المثال سيفترض أن هذه البيانات المناخية اليومية موجودة في الملف Real Time Data.xlsx.

خصائص المحصول:
ملف محصول البطاطا Dairallapotato.CRO الذي يعتمد تقويم حرارة النمو (GDD)، تاريخ الزراعة هو 1 تشرين الأول/ Oct .

خصائص التربة:
ملف التربة Dairalla.SOL لتربة دير علا المؤلفة من ثلاثة طبقات قوامها clay loam وسماكتها 1.4 م.

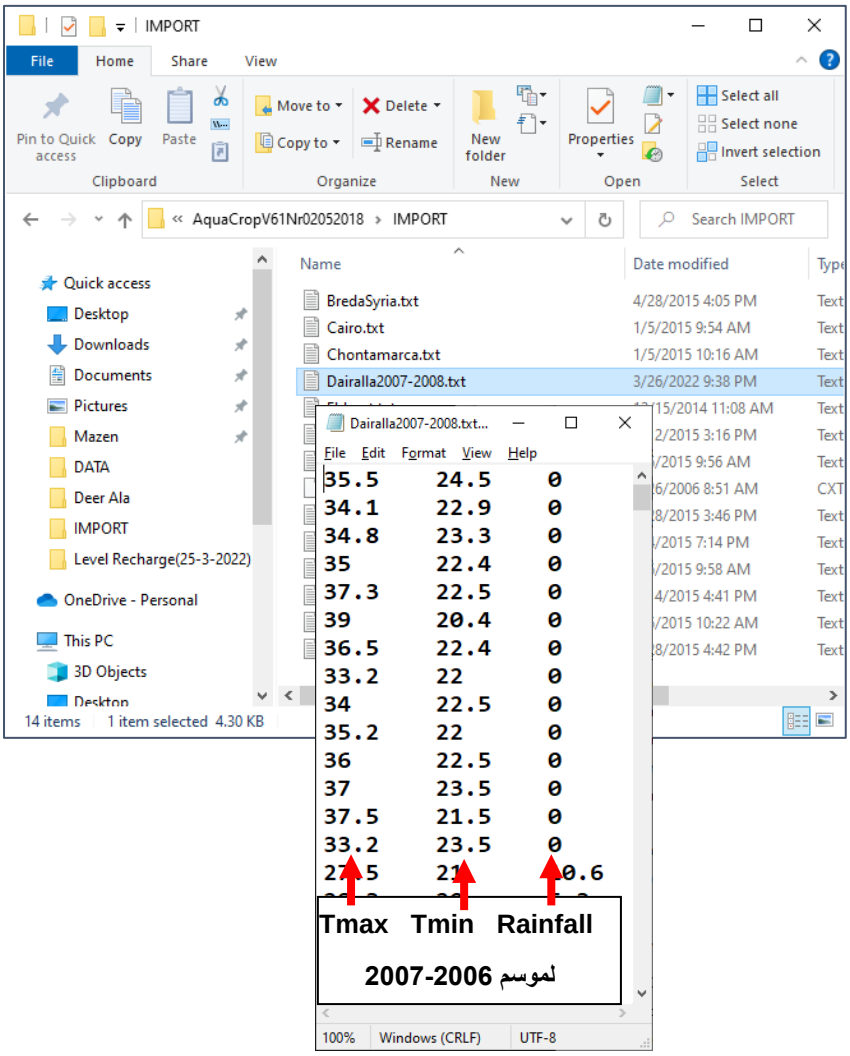
شروط إدارة الحقل:
ملف إدارة الحقل Dairalla.MAN حيث خصوبة التربة Moderate 61% ومكافحة الأعشاب الضارة جيدة جدا (الغطاء النسبي للأعشاب الضارة 5 %).

الشروط الابتدائية:
الملف DairallaFC.SW0 والذي تكون فيه رطوبة التربة مساوية للسعة الحقلية FC لتربة دير علا.

إعداد المحاكاة اليومية Real Time Simulation وتطبيق الري الكامل لمحصول البطاطا في دير علا لموسم 2007-2008

1- تحضير البيانات المناخية للمحاكاة اليومية Real Time Simulation:

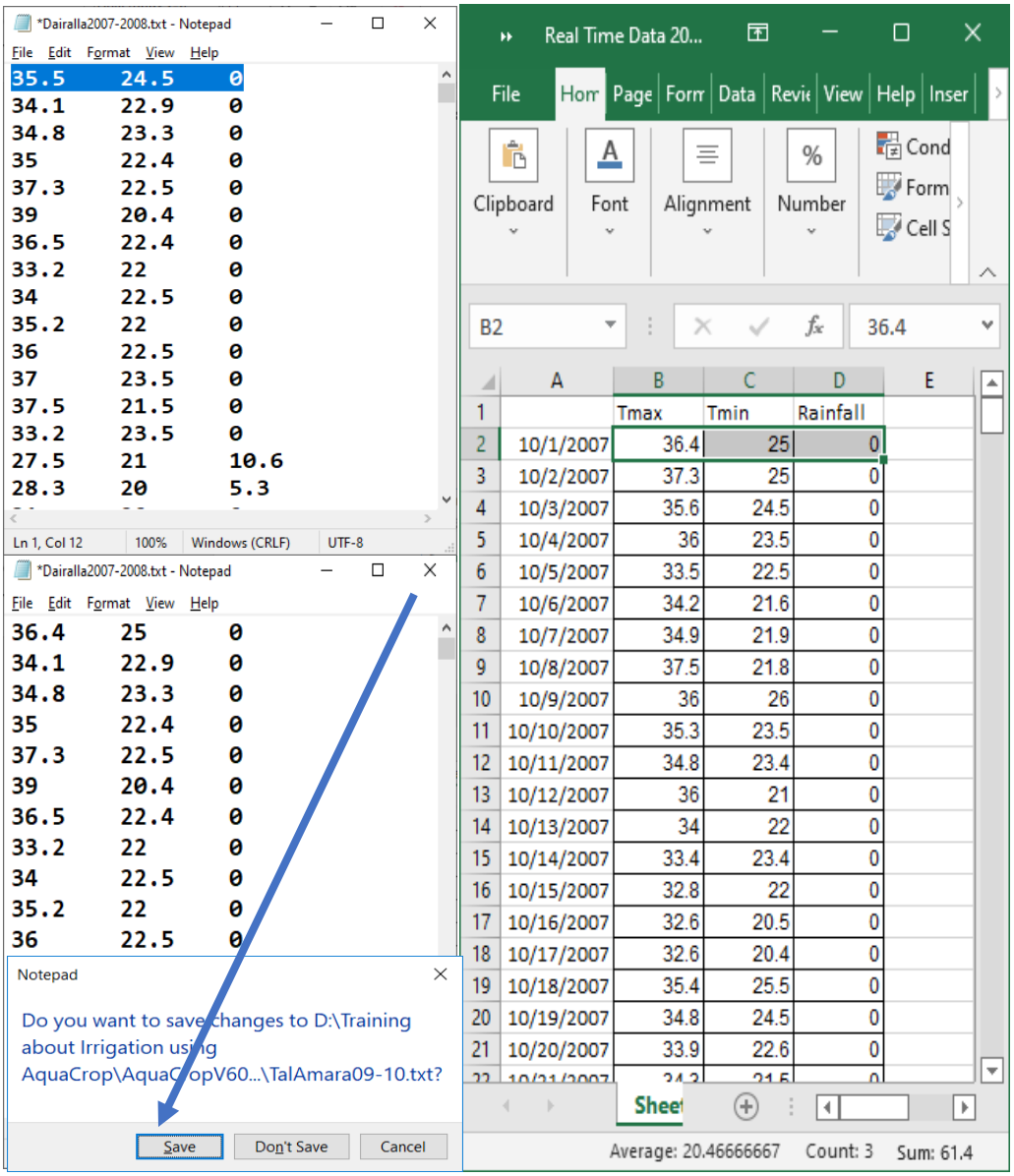
للبدء بالمحاكاة اليومية Rael Time simulation لمحصول البطاطا لموسم 2007-2008, يجب تحضير الملفات المناخية Dairalla2007-2008.CLI و -(Dairalla2007 2008.Tnx) (Dairalla2007-2008.ETo)، (Dairalla2007-2008.PLU) وذلك باستيراد البيانات المناخية اليومية من الملف النصي Dairalla2007-2008.txt المحفوظ في المجلد IMPORT ضمن المجلد AquaCropV61Nr02052018.
يحتوي هذا الملف في البداية البيانات اليومية من 1 Oct 2006 حتى 30 Sep 2007 (Rainfall,Tmin,Tmax) على التتالي) للموسم السابق.



2- تحديث البيانات المناخية في الملف النصي Dairalla2007-2008.txt الموجود في المجلد IMPORT:

كما ذكر سابقا, من المفروض تحديث هذا الملف يوميا من بيانات المحطة المناخية .

في هذا المثال, يتم تعديل السطر الأول من ملف Dairalla2007-2008.txt الموجود في المجلد IMPORT باستخدام بيانات اليوم الأول من موسم 2007-2008 الموجودة في ملف الإكسل Real Time Data.xlsx و يحفظ الملف Dairalla2007-2008.txt بنفس الاسم باختيار Save في مربع الحوار عند إغلاق الملف.



3- تشكيل الملف المناخي العام Dairalla2007-2008.CLI:

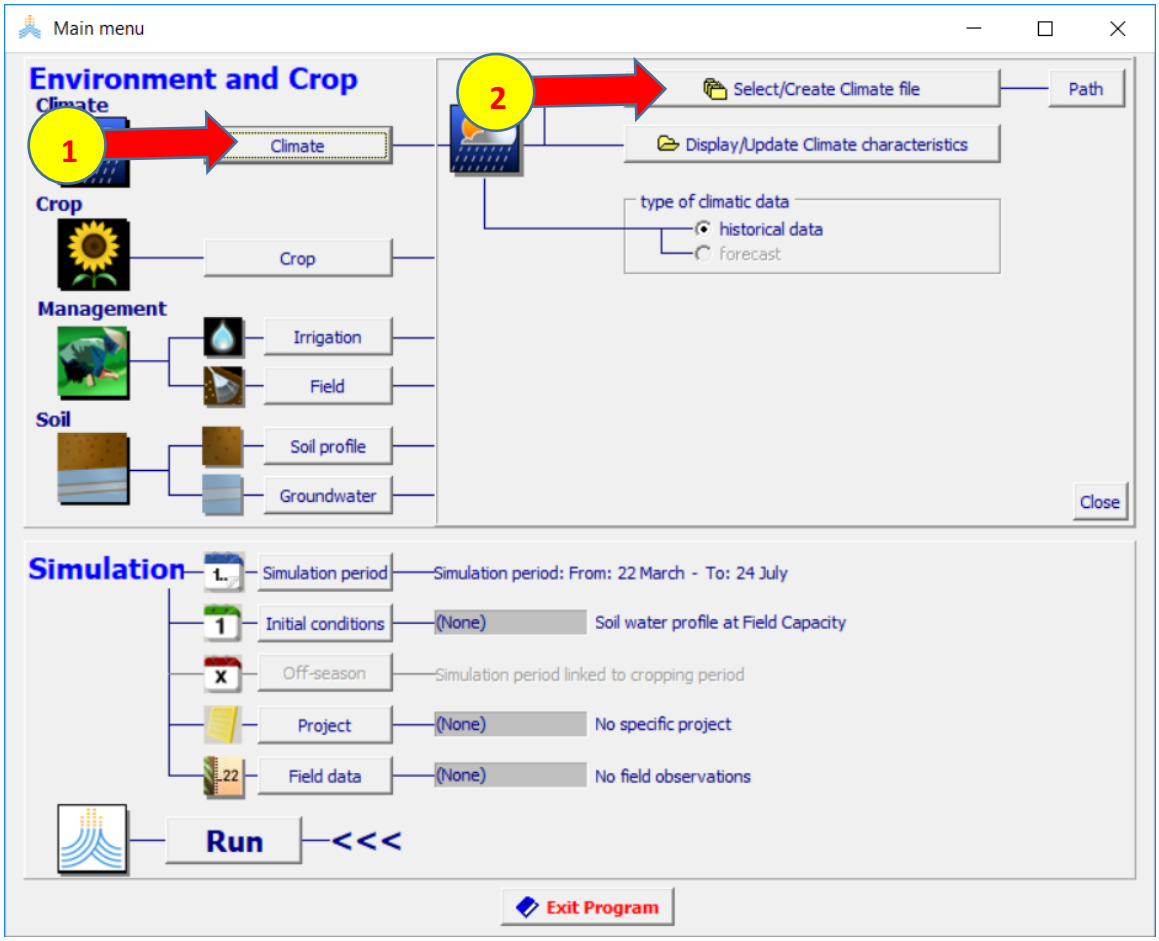
بعد تعديل الملف النصي للبيانات المناخية باستبدال البيانات اليومية لليوم الأول من الموسم السابق 2006-2007 بالبيانات المسجلة لليوم الأول من الموسم الحالي 2007-2008 يجب إعادة استيراد البيانات المناخية لتحديث البيانات اليومية لليوم الأول في الملفات المناخية:

Dairalla2007-2008.Tnx وDairalla2007-2008. PLU وحساب قيمة ETo وتحديث الملف Dairalla2007-2008.ETo باتباع الخطوات التالية:

في الواجهة Main menu:

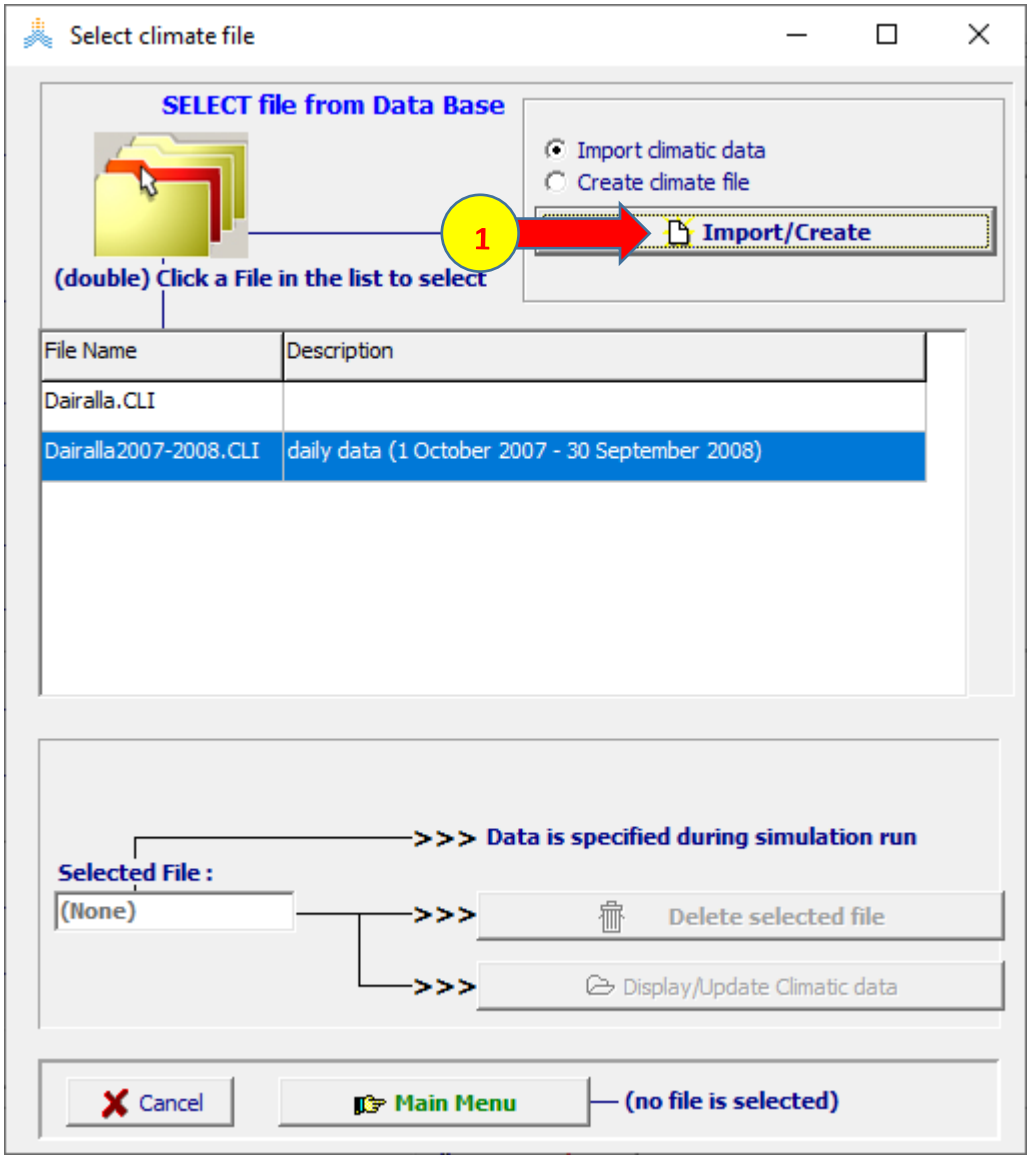
1- اختر الأمر Climate.

2- اختر الأمر Select/Create Climate file.



في الواجهة Select climate file:

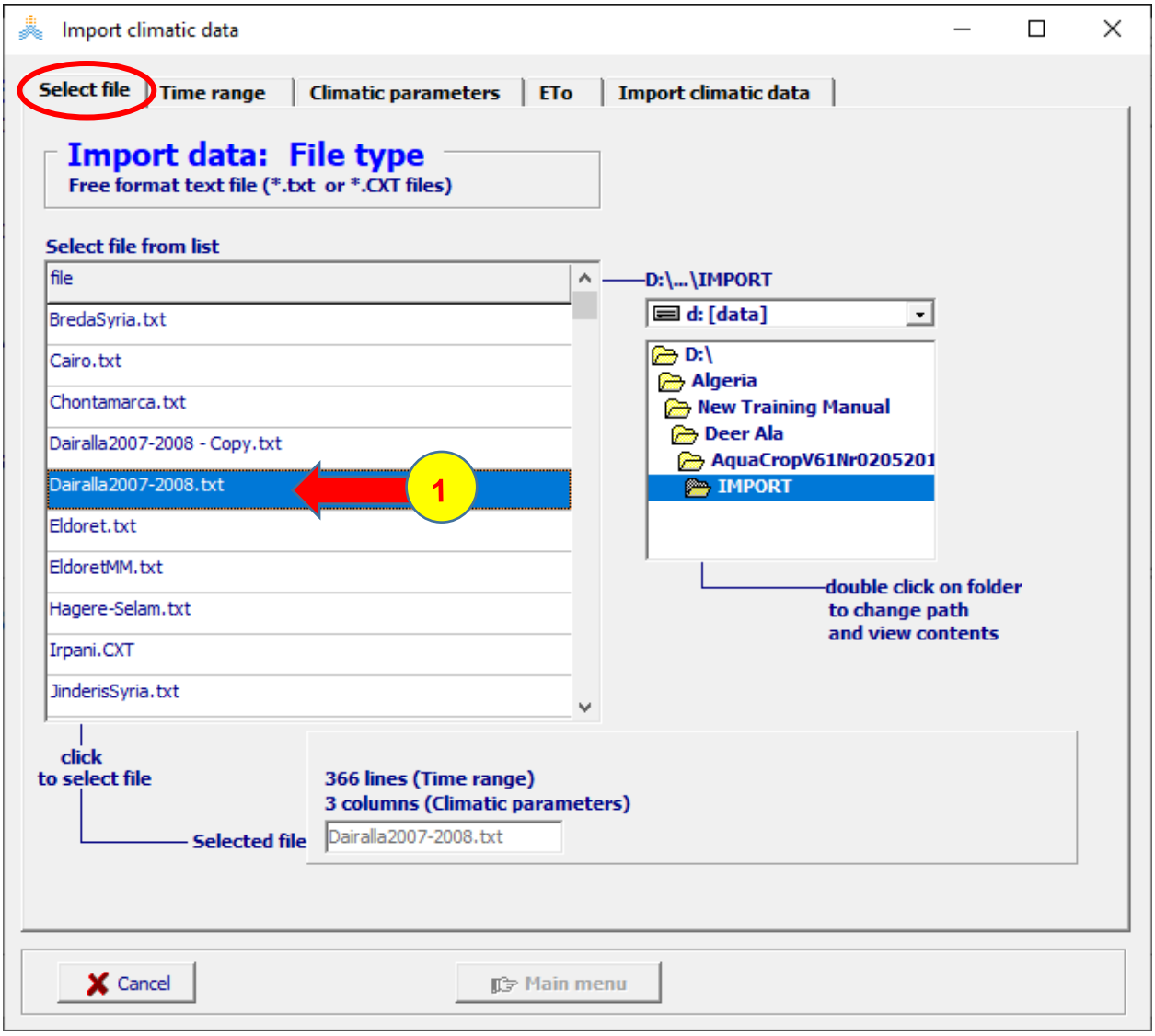
1- اختر الأمر Import/Create.



في الواجهة Import climatic data:

في الواجهة Select file

1- اختر الملف Dairalla2007-2008.txt



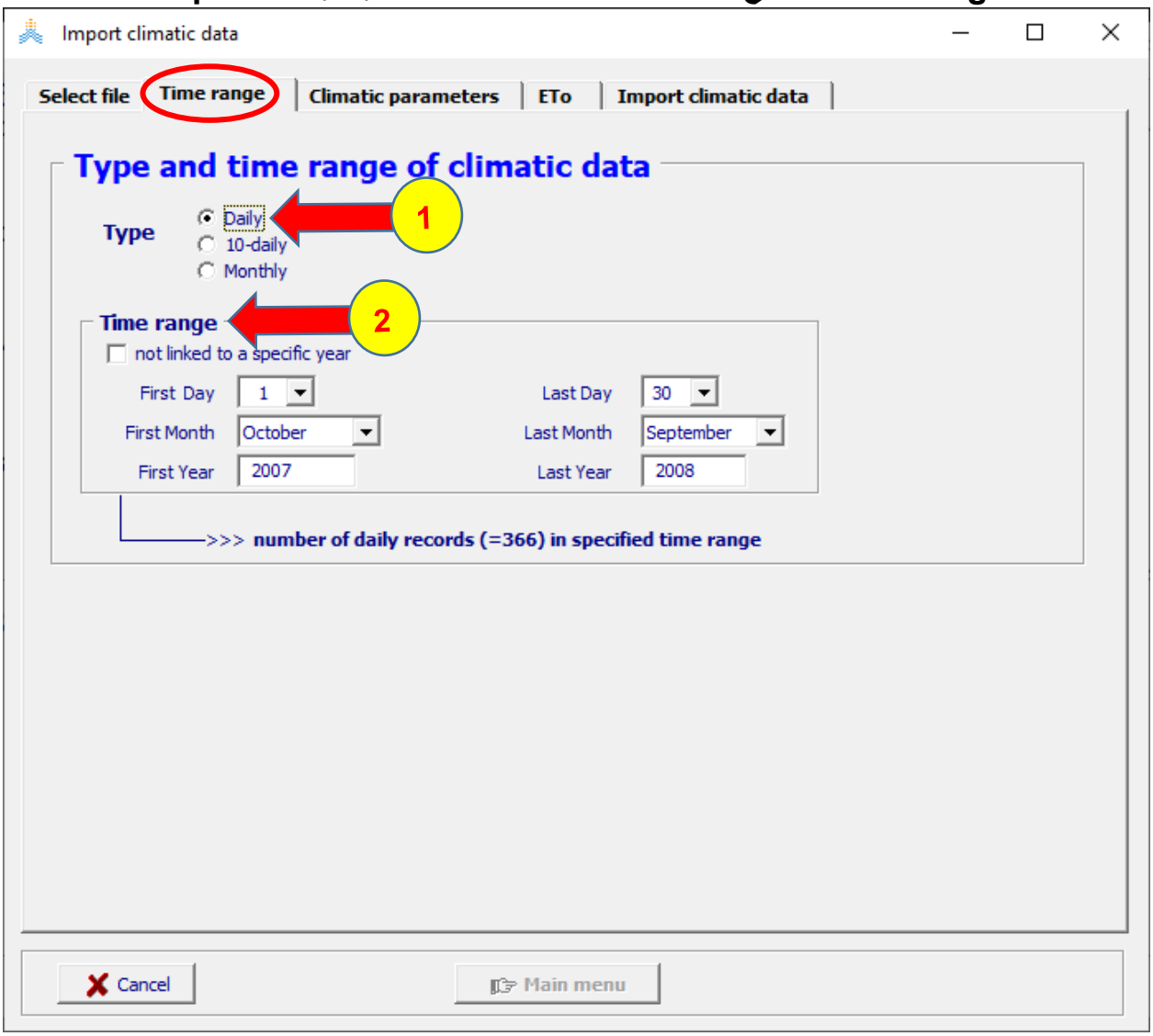
في الواجهة Import climatic data:

في الواجهة Time range

في لوحة Type and time range of climatic data

1- اختر Type بالخيار Daily.

2- عدل Time range لتصبح بداية البيانات 1 Oct 2007 ونهايتها 30 Sep 2008



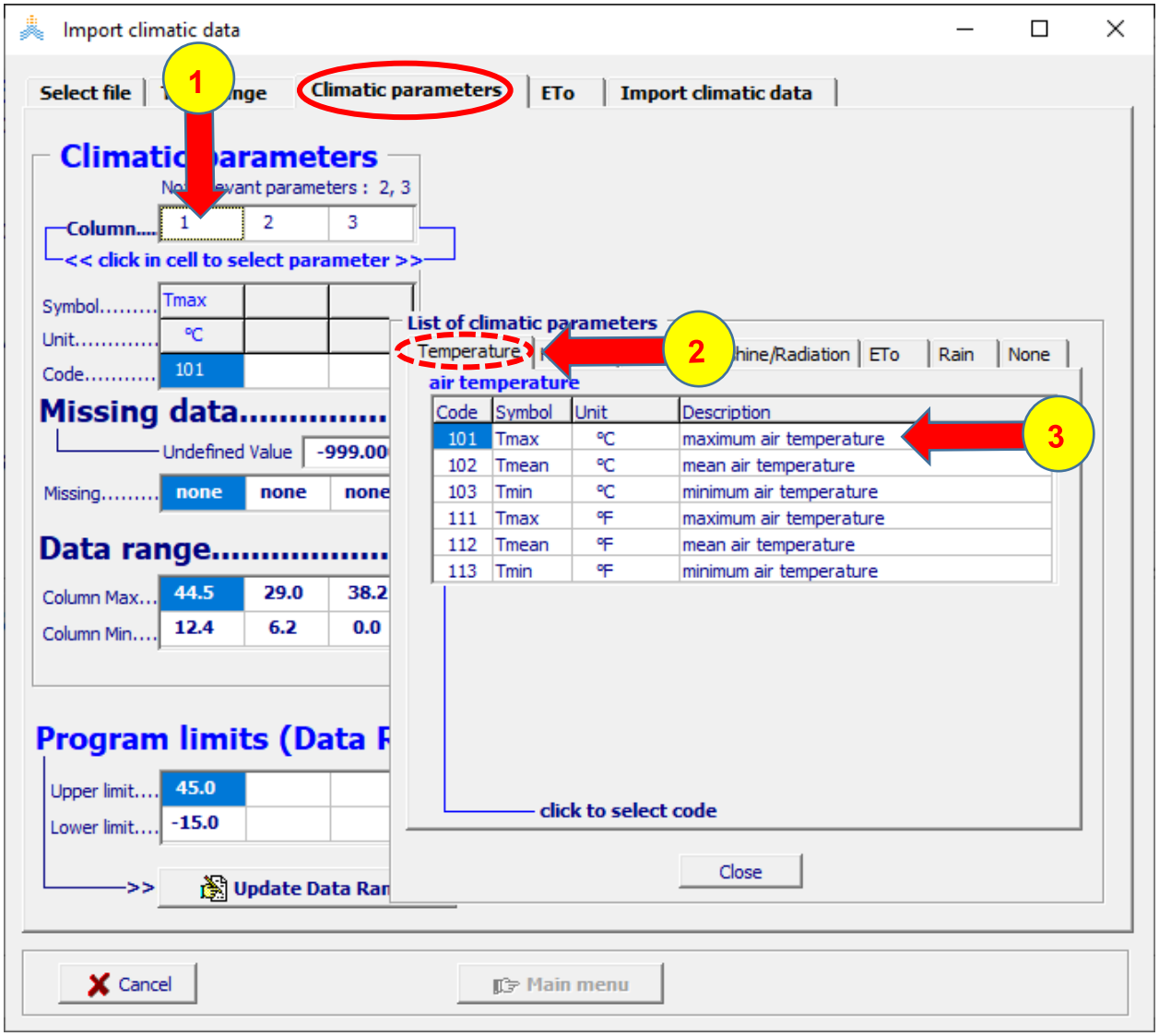
في الواجهة Import climatic data:

في الواجهة Climatic parameters

في لوحة Climatic parameters:

1- اختر العمود الأول.
في لوحة List of climatic parameters

2- اختر Temperature.
3- اختر السطر الأول (101 Tmax ^{0}C).



في الواجهة Import climatic data:

في الواجهة Climatic parameters

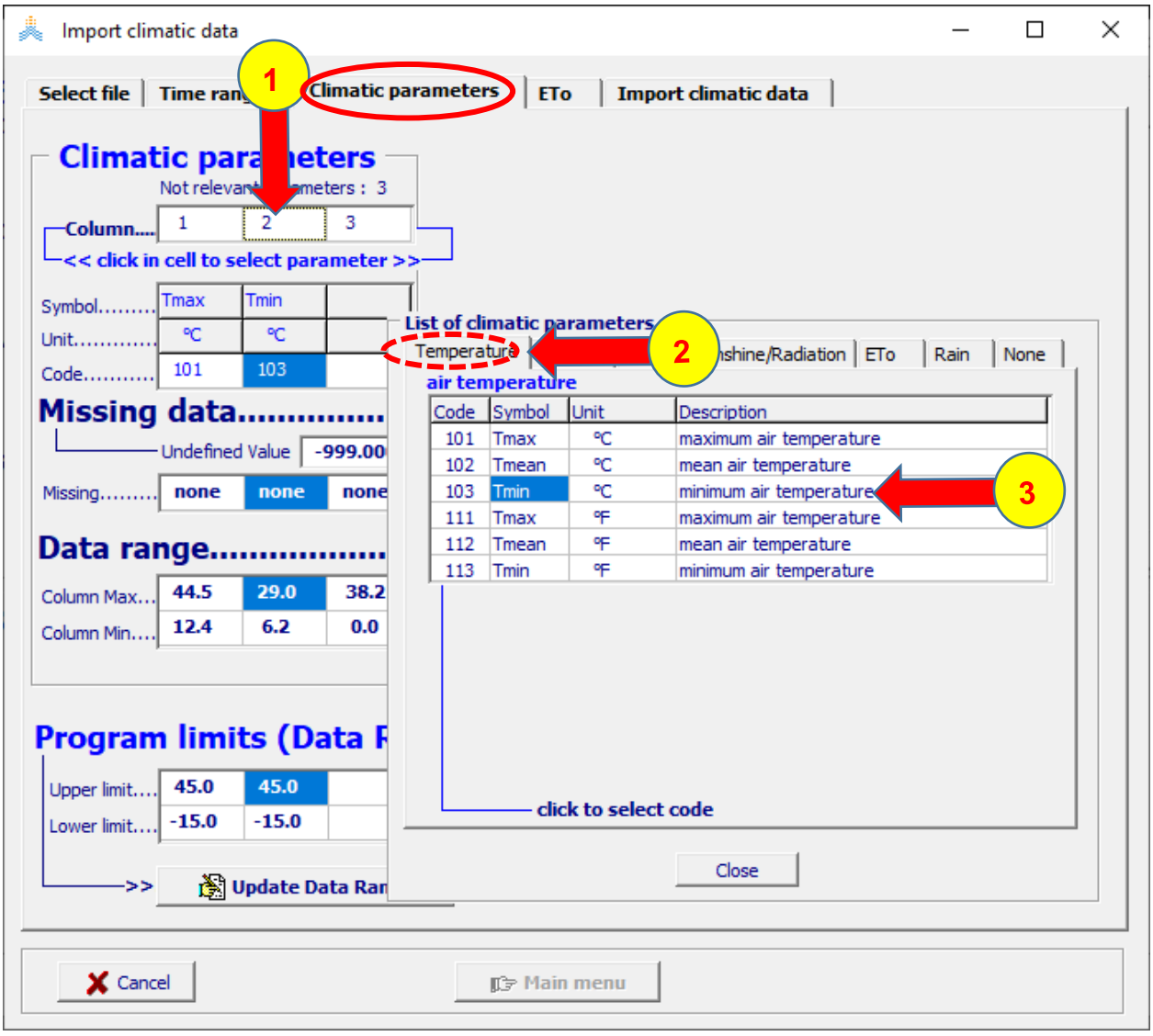
في لوحة Climatic parameters:

1- اختر العمود الثاني.

في لوحة List of climatic parameters

2- اختر Temperature.

3- اختر السطر الثالث (103 Tmin ^{0}C).



في الواجهة Import climatic data:

في الواجهة Climatic parameters

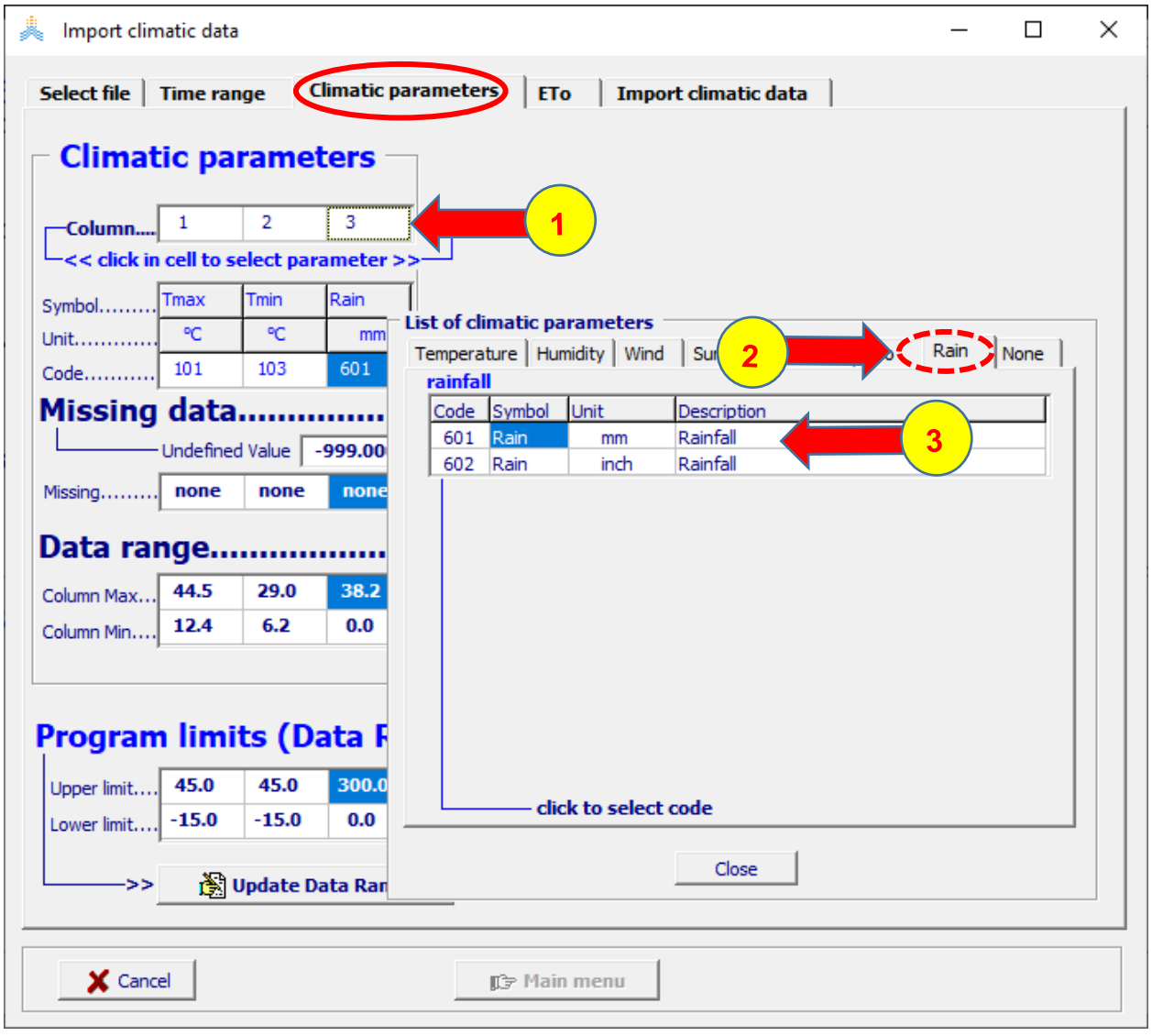
في لوحة Climatic parameters:

1- اختر العمود الثالث.

في لوحة List of climatic parameters

2- اختر Rain.

3- اختر السطر الأول (601 Rain mm).



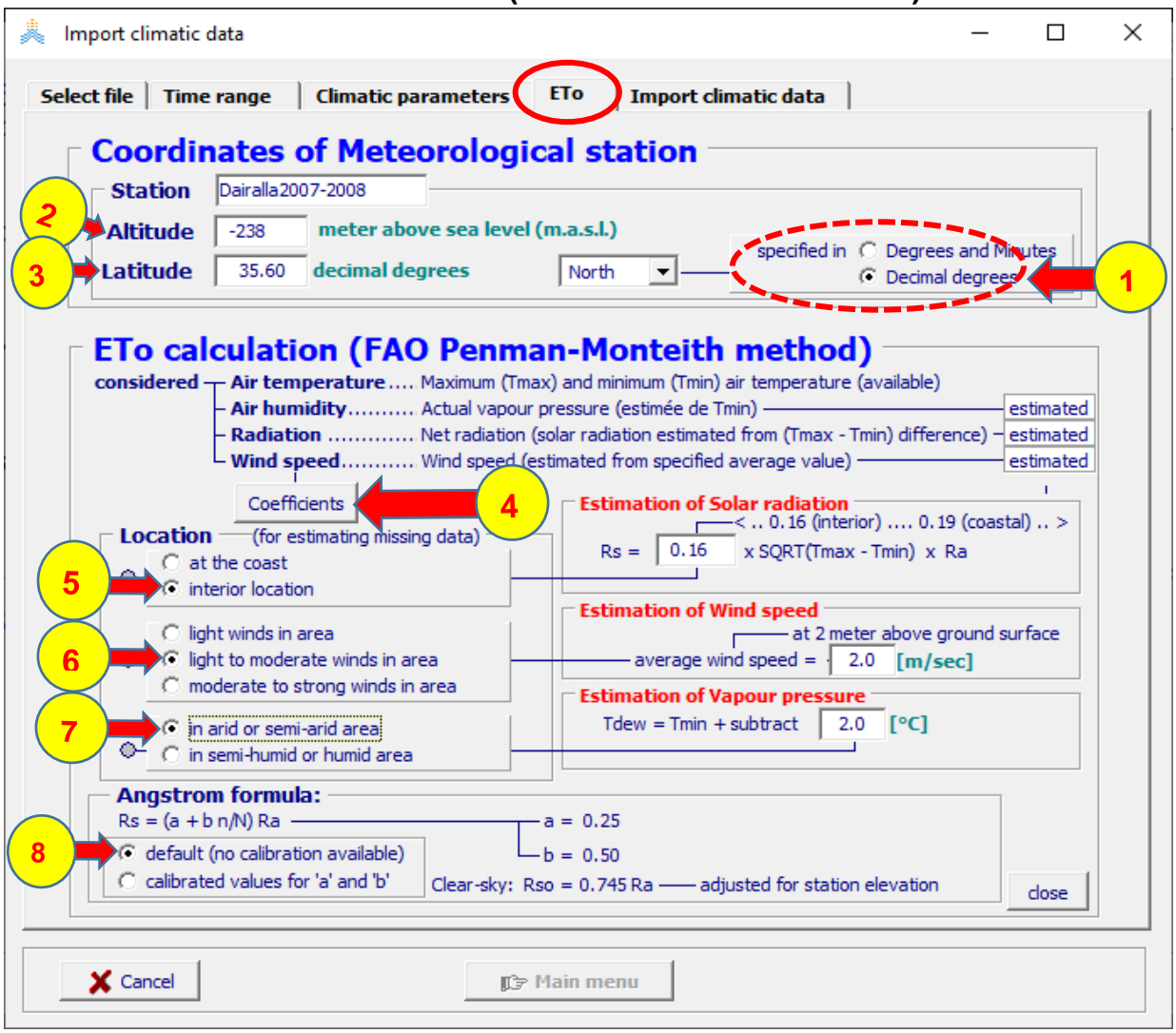
في الواجهة Import climatic data - في الواجهة ETo:

في لوحة Coordinates of Meteorological Station:

1- عدل الخيار specified in إلى Decimal degrees.
2- عدل Altitude إلى (-238).
3- عدل Latitude إلى (35.6).

في لوحة ETo calculation(FAO Penman-Monteith Method):

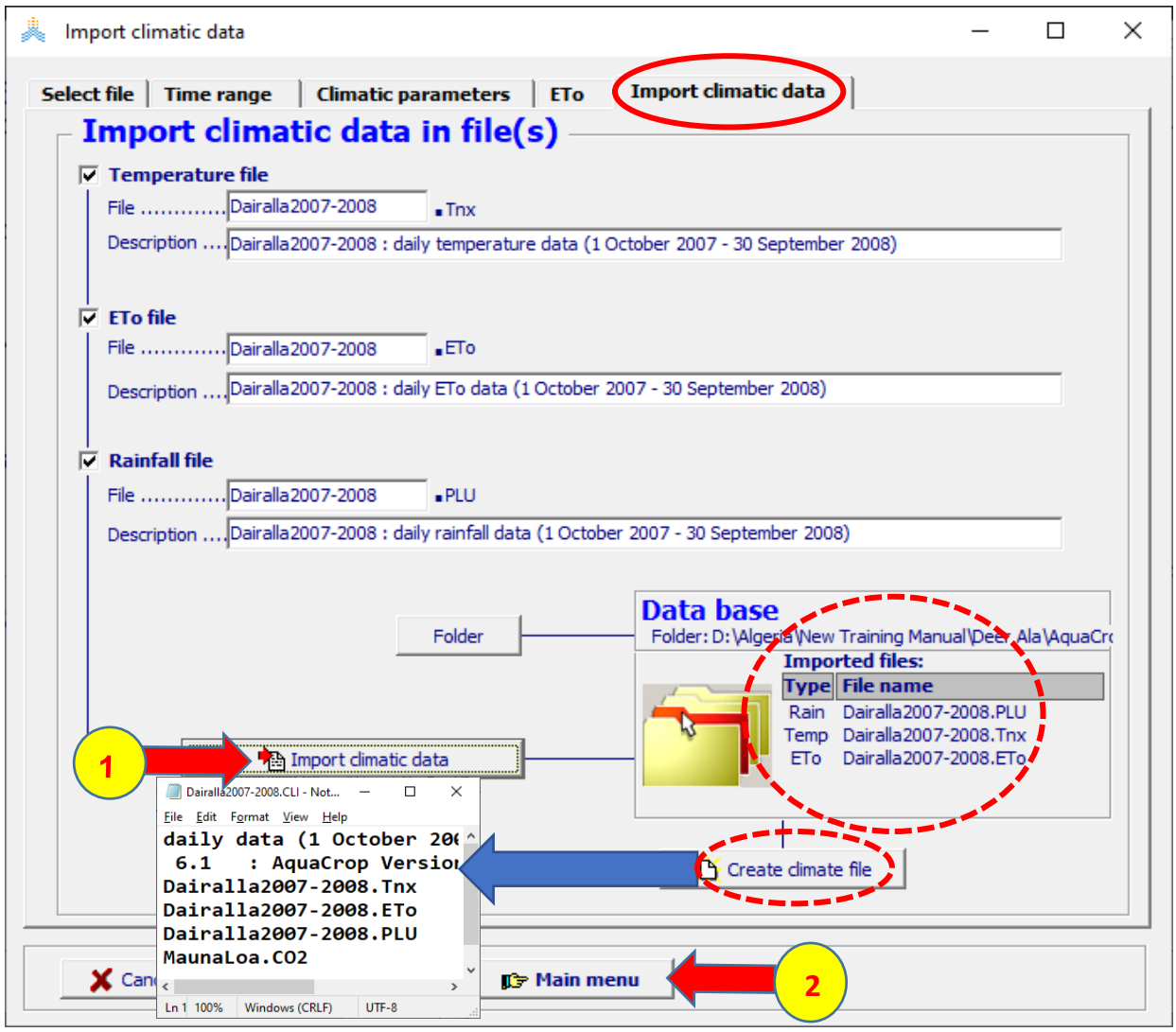
4- اختر الأمر Coefficients.
5- اختر الخيار interior location.
6- اختر الخيار light to moderate winds in area.
7- اختر الخيار هى in arid or semi-arid area.
8- اختر الخيار default(no calibration available).



في الواجهة Import climatic data :

1- اختر الأمر Import climatic data.

يتم تحديث بيانات الحرارة الصغرى والعظمى والهطول المطري و التبخر نتح المرجعي في ملفات Tnx وPLU و ETo وتظهر أسماء الملفات الثلاث في لوحة Imported files



بما أن تسميات ملفات البيانات المناخية اليومية الثلاثة Dairalla2007-2008.Tnx و Dairalla2007-2008.ETo وDairalla2007-2008.PLU بقيت نفسها كما هي في الملف المناخي العام Dairalla2007-2008.CLI الذي تم إنشاؤه سابقا يبقى هذا الملف صالحا و لاداعي لإعادة إنشائه باستخدام الأمر Create climate file.مع الإشارة أنه لايمكن إنشاء ملف مناخي عام بنفس الاسم Dairalla2007-2008.CLI لأنه موجود سلفا في قاعدة بيانات البرنامج.

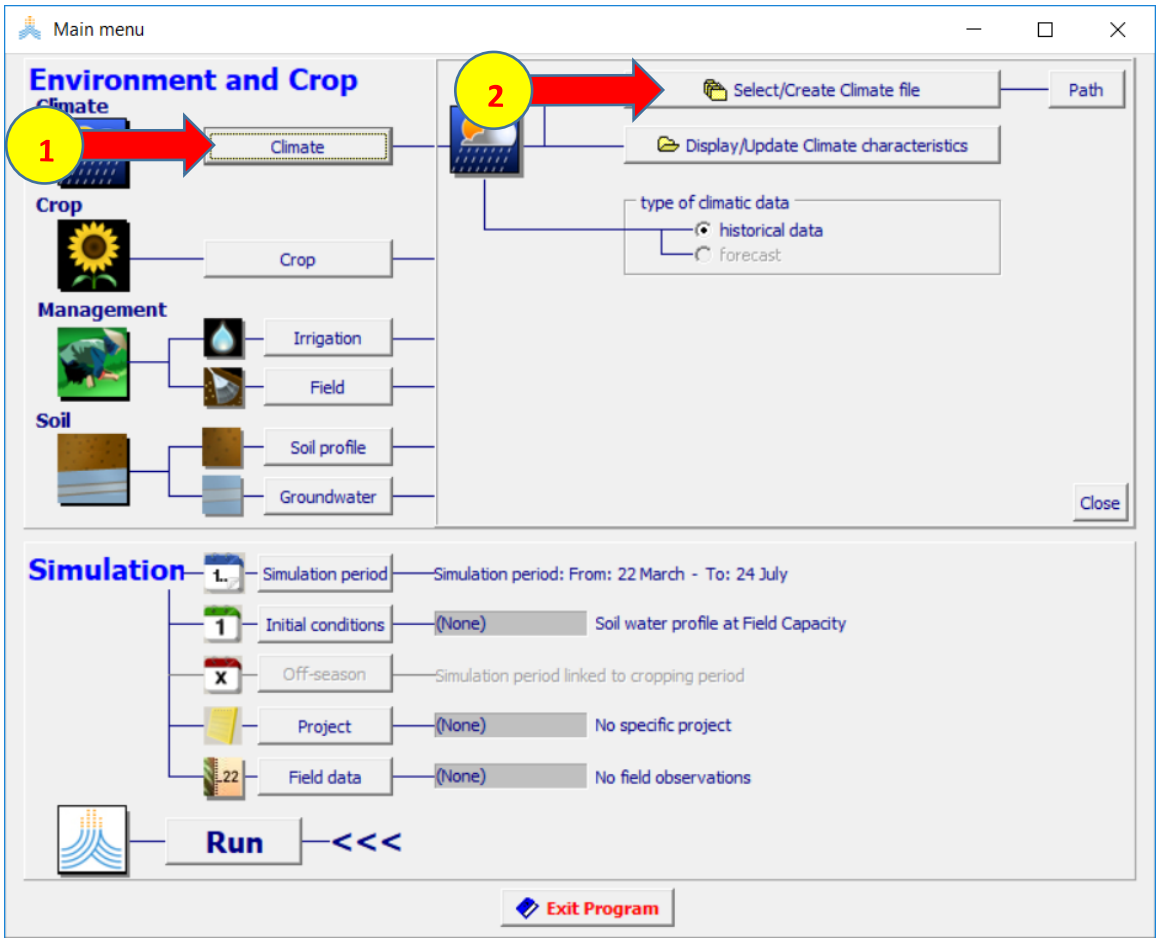
2- اختر الأمر Main menu.

4-اختيار الملف المناخي:

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Climate.

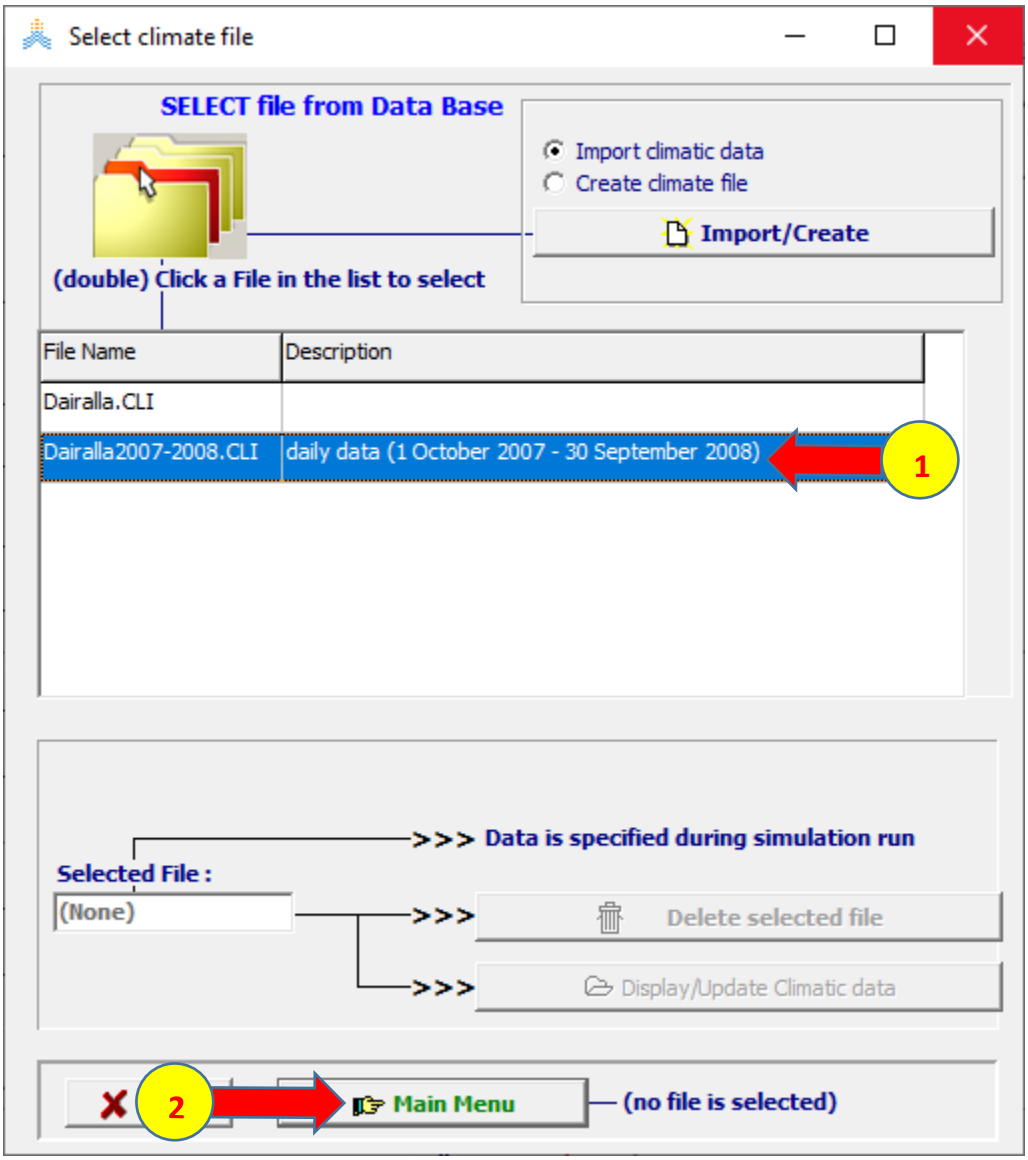
2- اختر الأمر Select/Create Climate file.



في الواجهة Select climate file:

1- اختر الملف Dairalla2007-2008.CLI.

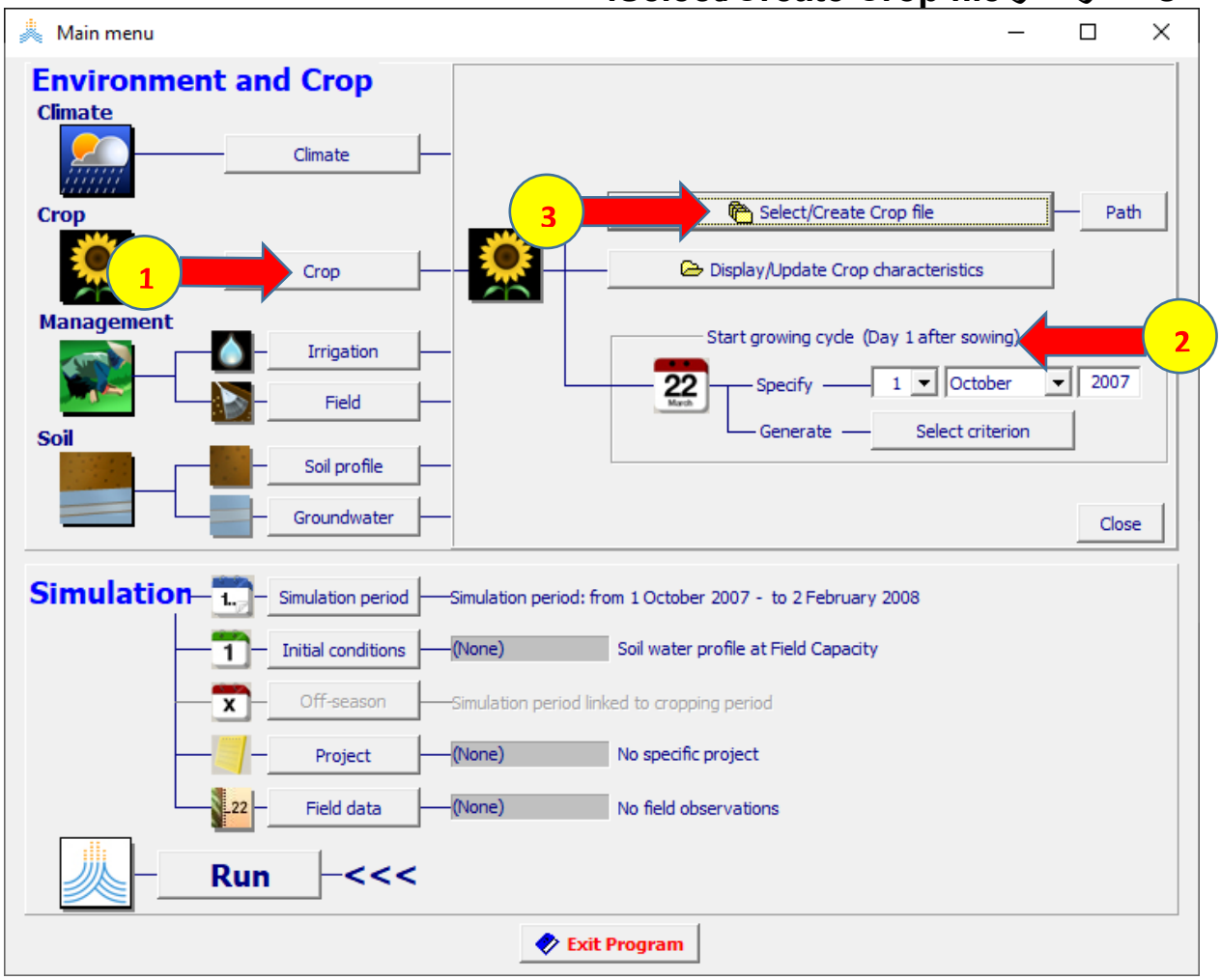
2- اختر الأمر Main Menu.



5-اختيار ملف المحصول:

في الواجهة Main menu:

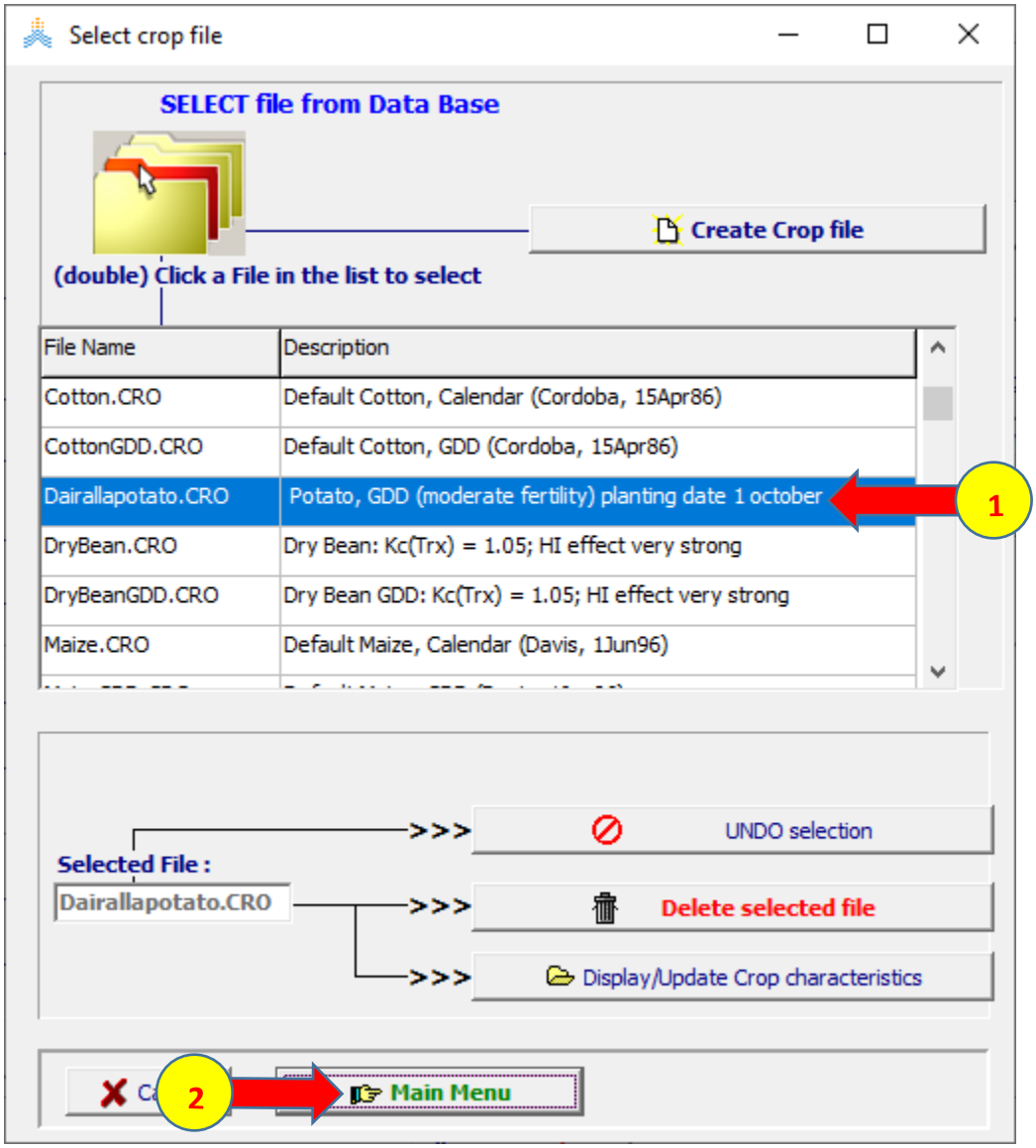
1- اختر الأمرCrop ،
2- حدد Start growing cycle (Day 1 after sowing) بتاريخ 1 Oct 2007
3- اختر الأمر Select/Create Crop file.



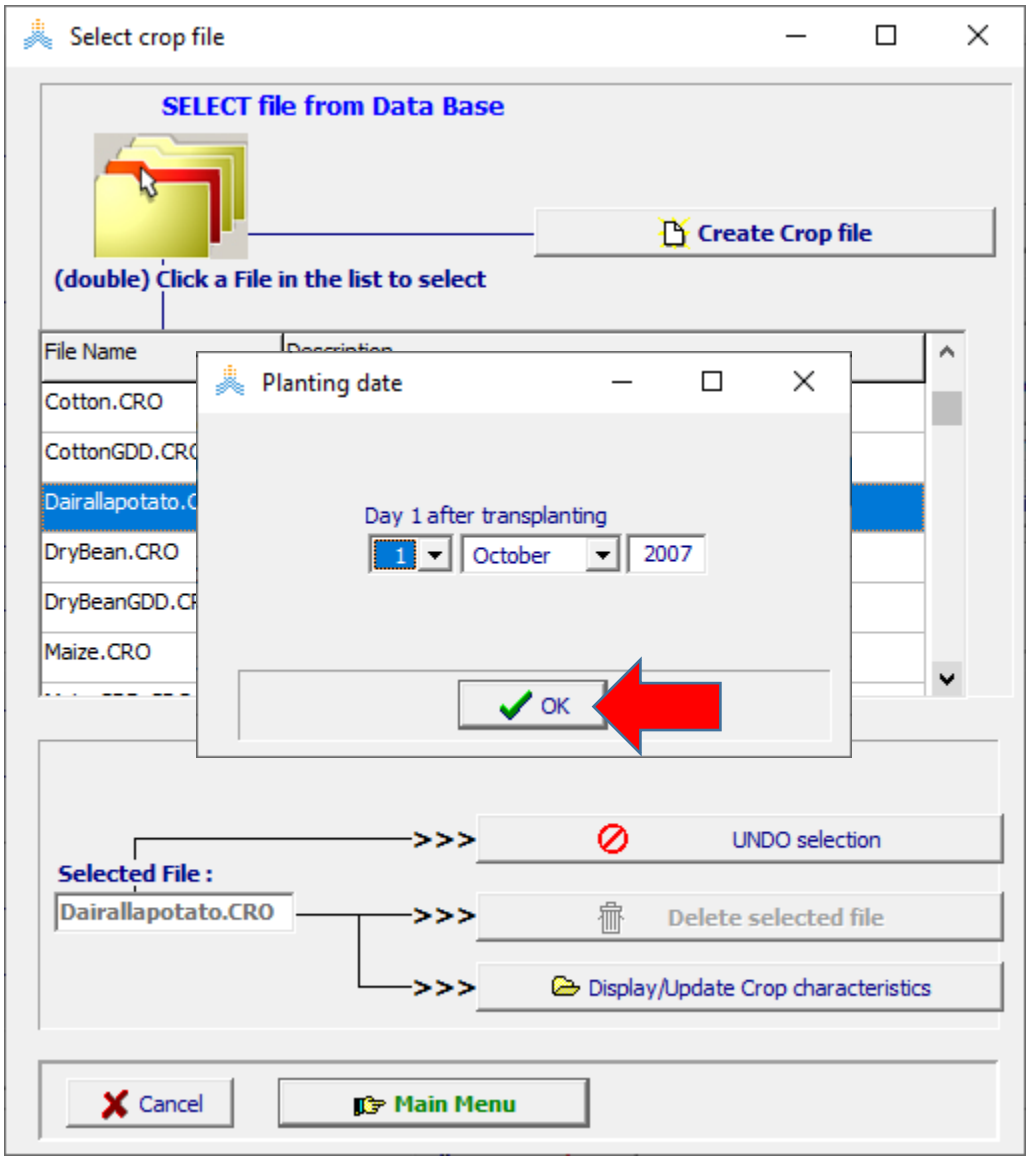
في الواجهة Select crop file:

1- اختر ملف المحصول Dairallapotato.CRO.

2- اختر الأمر Main Menu.



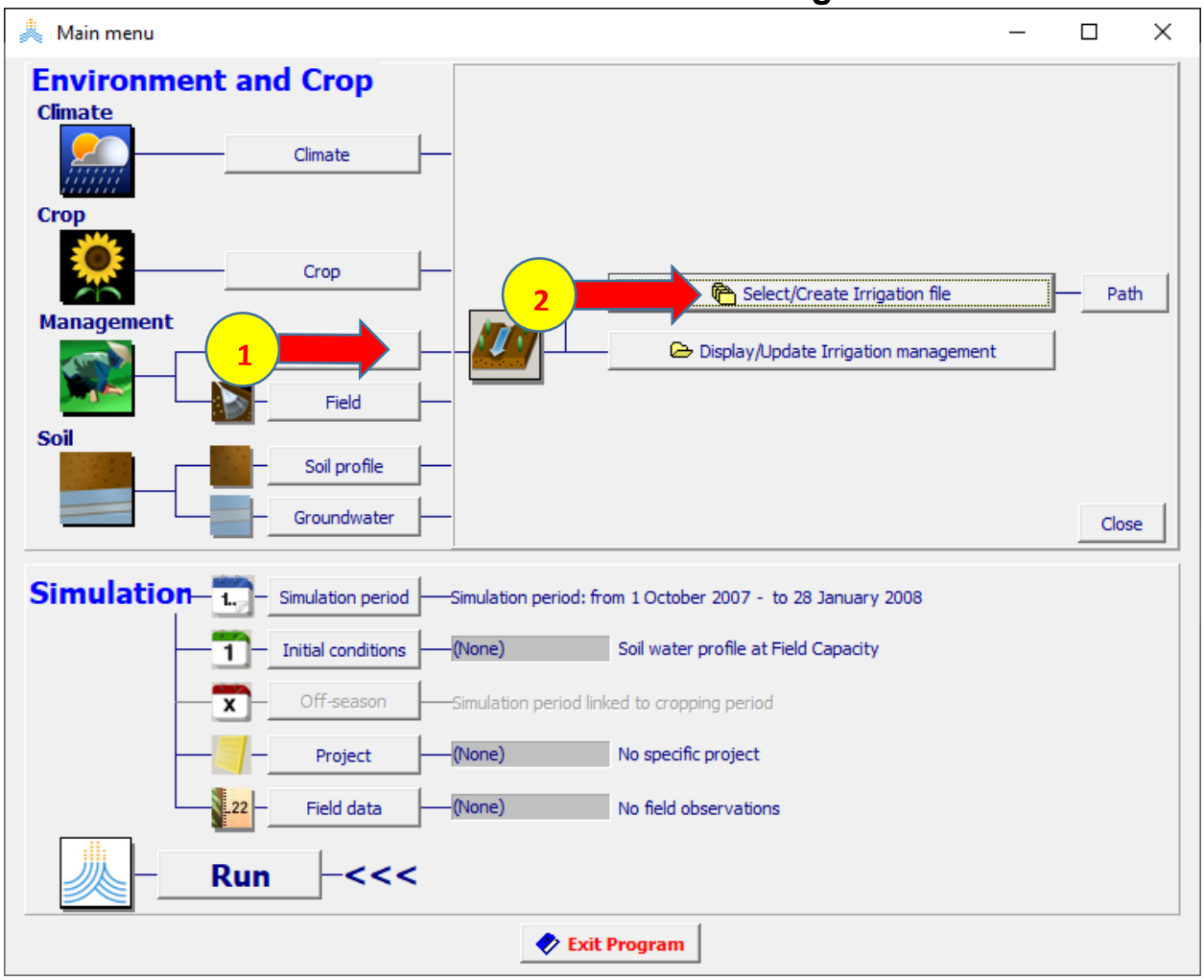
عند اختيار الأمر Main Menu تظهر نافذة Planting date اختر OK لتأكيد تاريخ الزراعة.



6- إنشاء ملف الري:

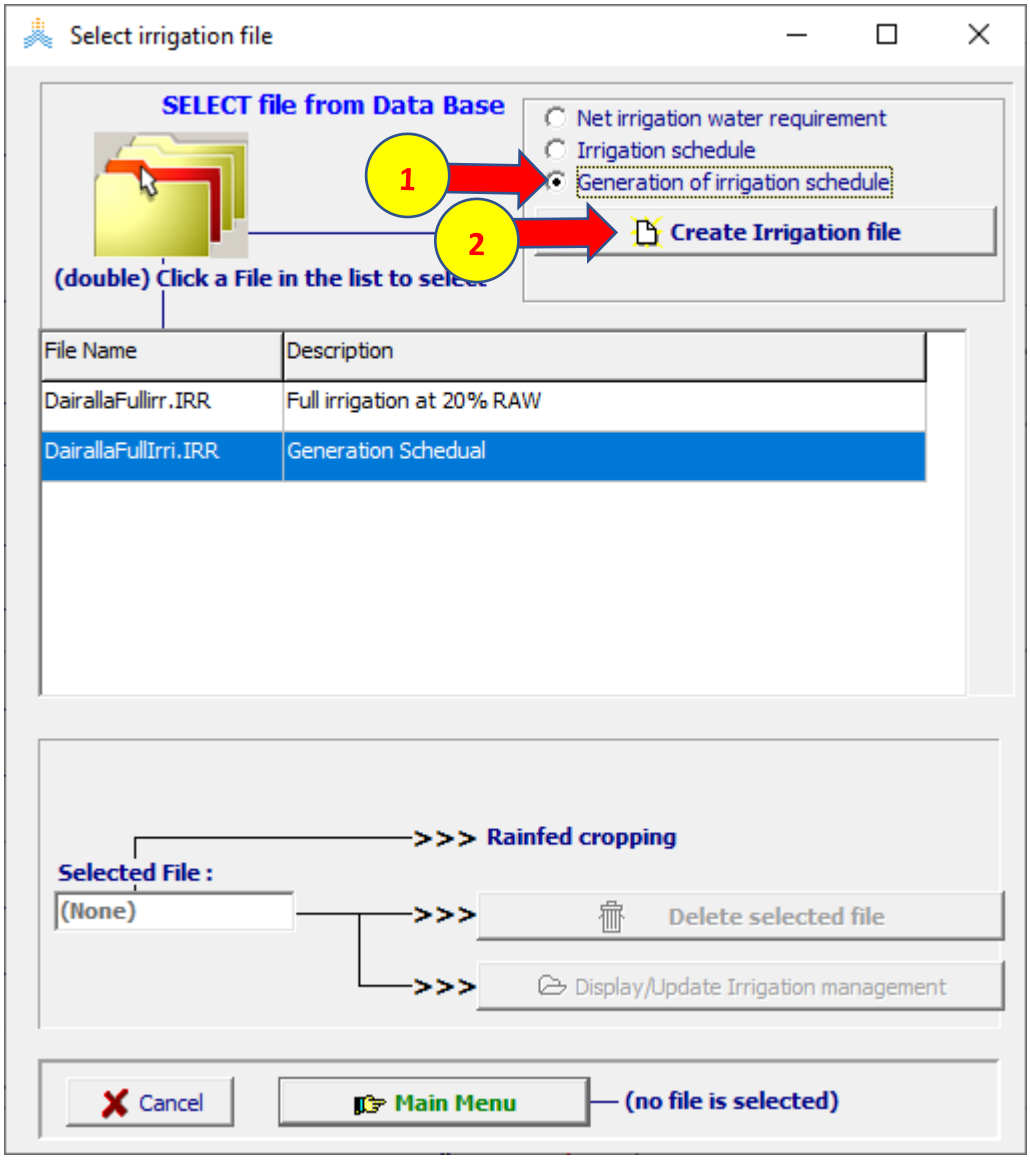
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation،
2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



في الواجهة Select irrigation file:

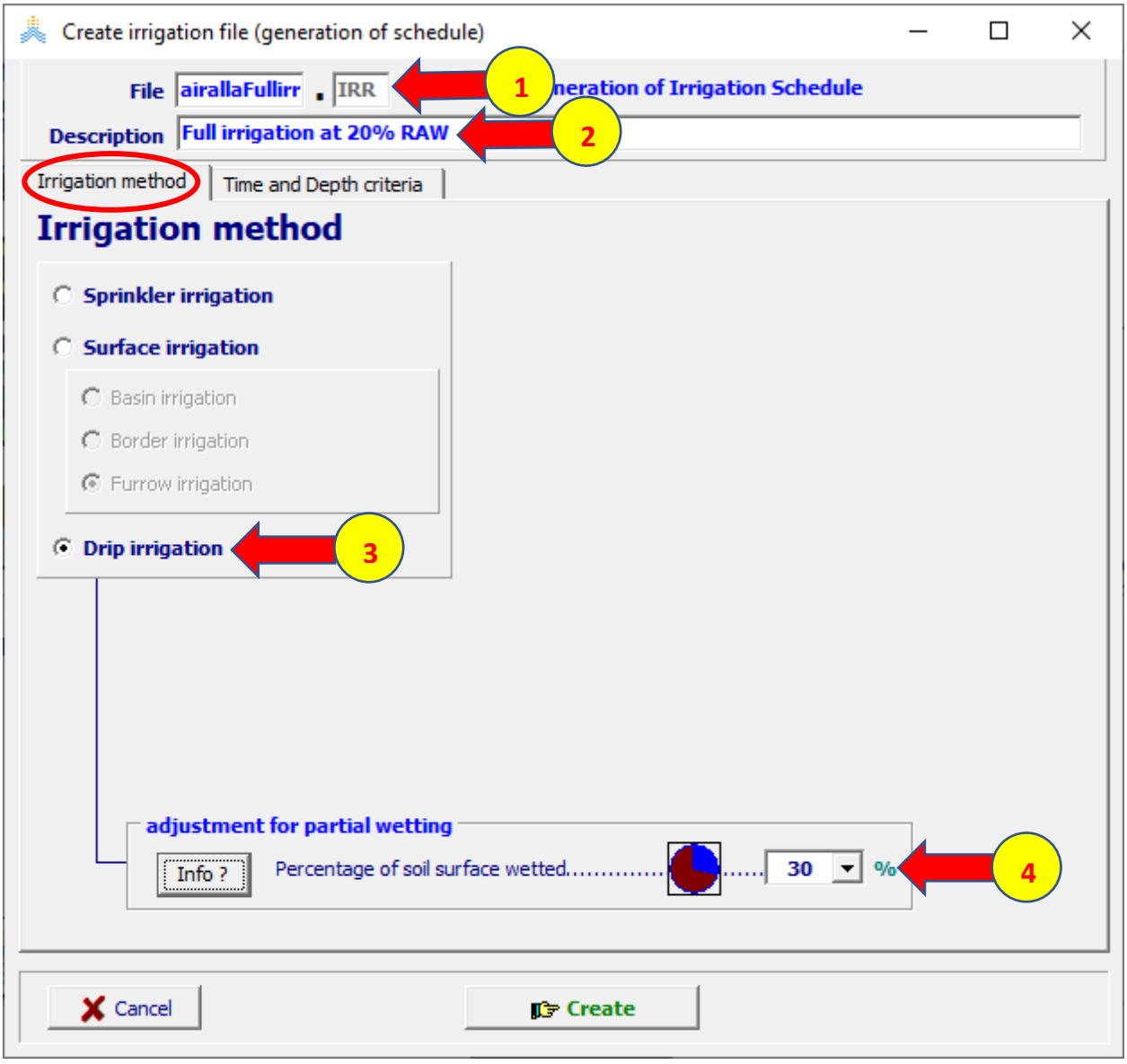
3- اختر Generation of irrigation schedule.
4- اختر الأمر Create Irrigation file.



في الواجهة Create irrigation file (Generation of schedule):

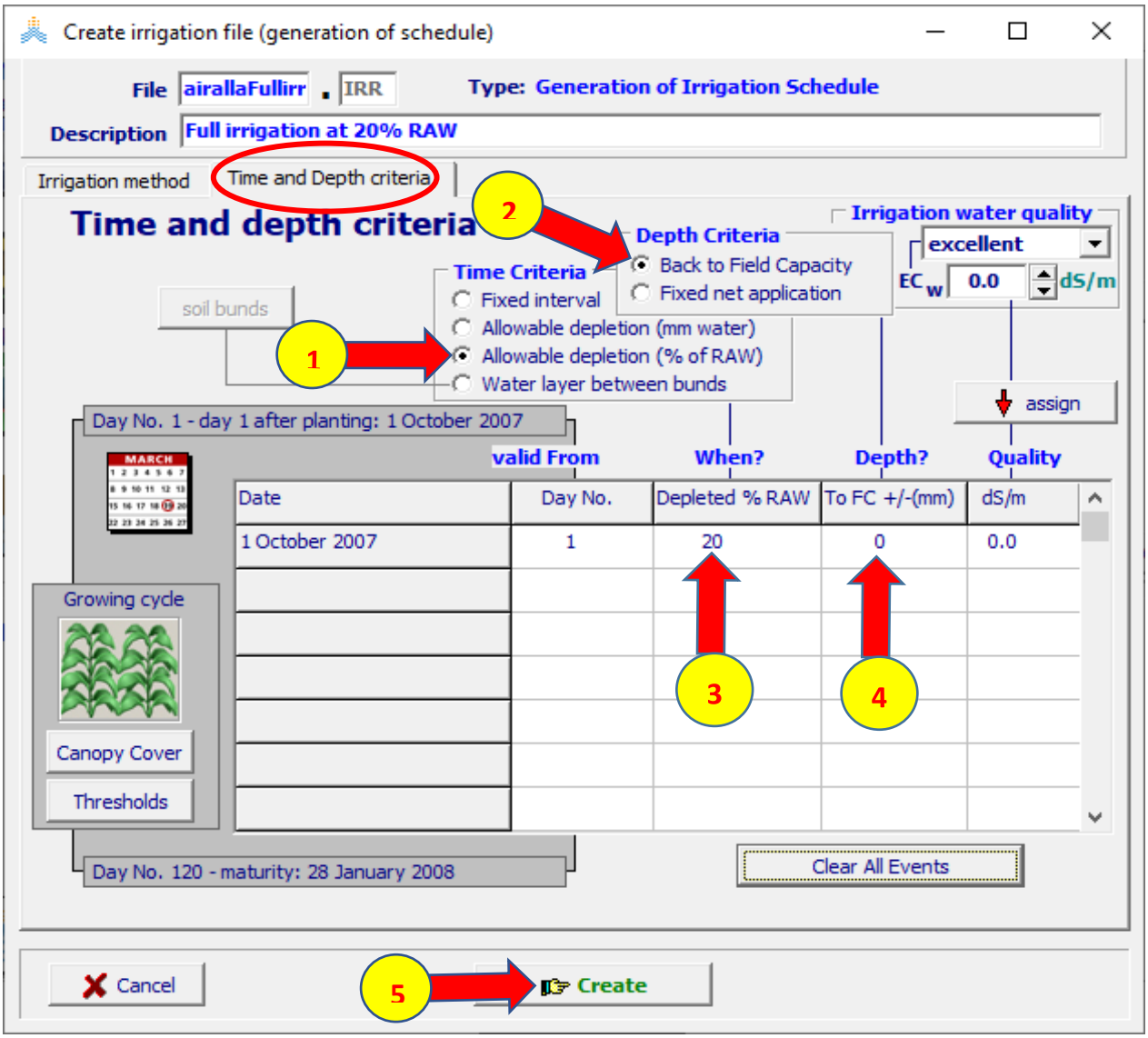
5- حدد اسم الملف DairallaFullirri.
6- حدد Description (Full Irrigation at 20% RAW).
في الواجهة Irrigation method:

7- حدد طريقة الري بالرش Drip irrigation.
8- حدد قيمة Percentage of soil surface wetted (30) أي 30% من سطح التربة سيتبلل بالماء نتيجة الري.



في الواجهة Time and Depth criteria:

6- حدد Time Criteria بالخيار Allowable depletion (% of RAW).
7- حدد Depth Criteria بالخيار Back to Field Capacity.
8- حدد قيمة Depleted % of RAW (20).
9- حدد قيمة To FC +/-(mm) (0).
10- اختر الأمر Create لإنشاء الملف.



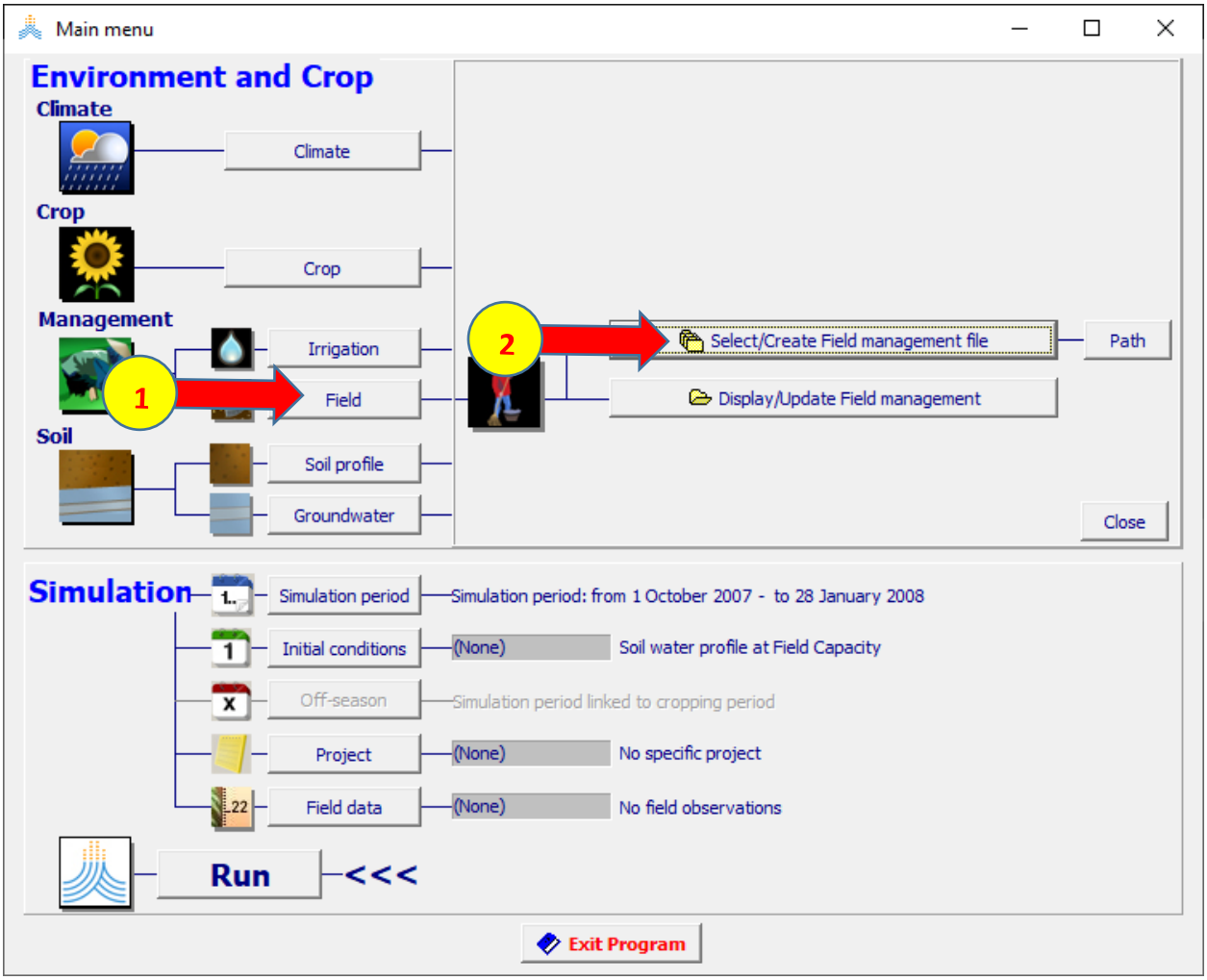
بالخيارات السابقة سيقوم AquaCrop بتحديد عملية ري في كل يوم تصل فيه الكمية المستهلكة من رطوبة التربة في منطقة الجذور بالتبخر والنتح إلى 20% من الماء المتاح بسهولة RAW وتكون كمية المياه المضافة بعملية الري مساوية للكمية اللازمة لإعادة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية FC.

7- اختيار ملف إدارة الحقل:

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Field.

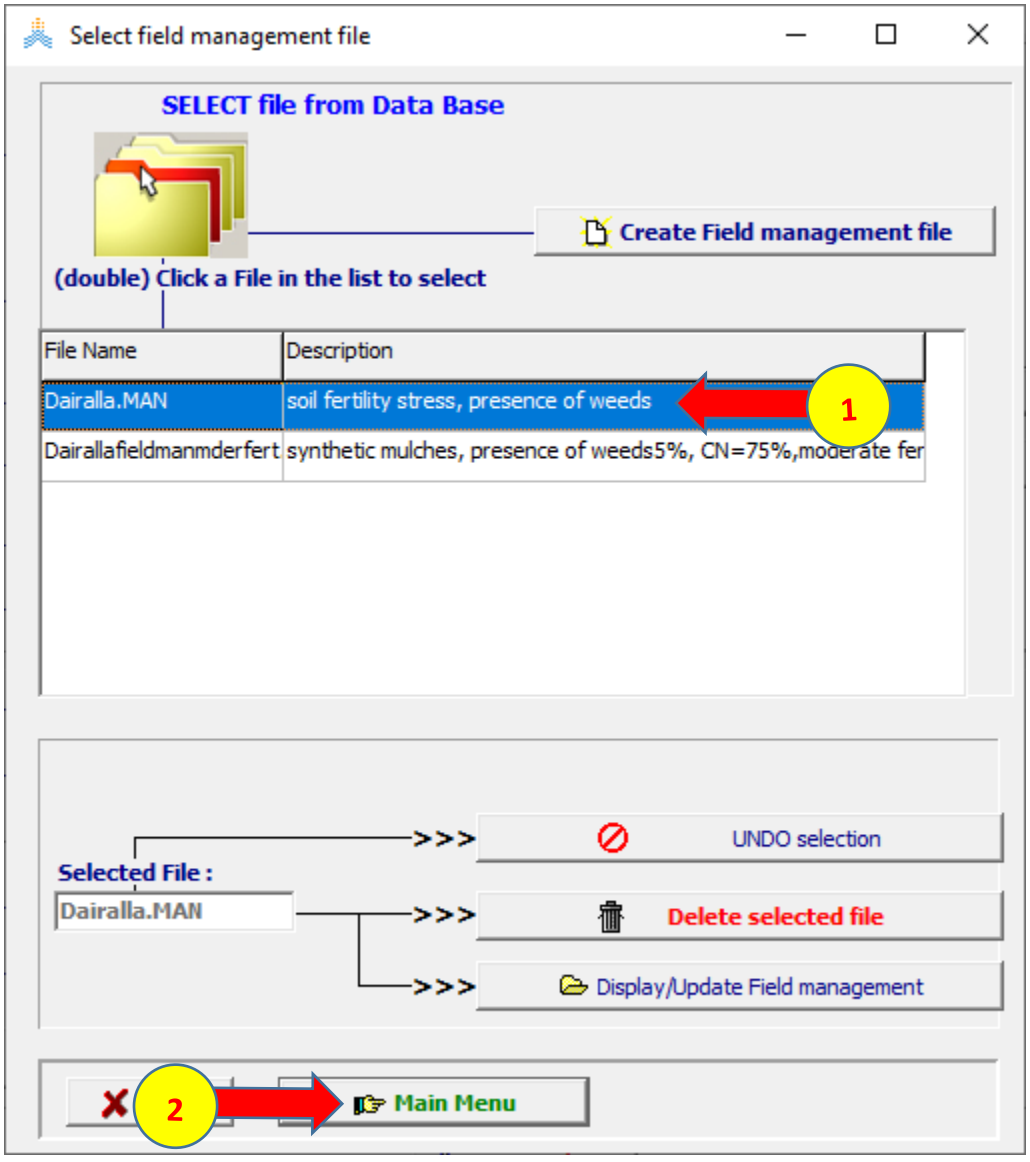
2- اختر الأمر Select/Create Field management file.



في الواجهةٍ Select field management file:

1- اختر. ملف إدارة الحقلDairalla.MAN.

2- اختر الأمر Main Menu.

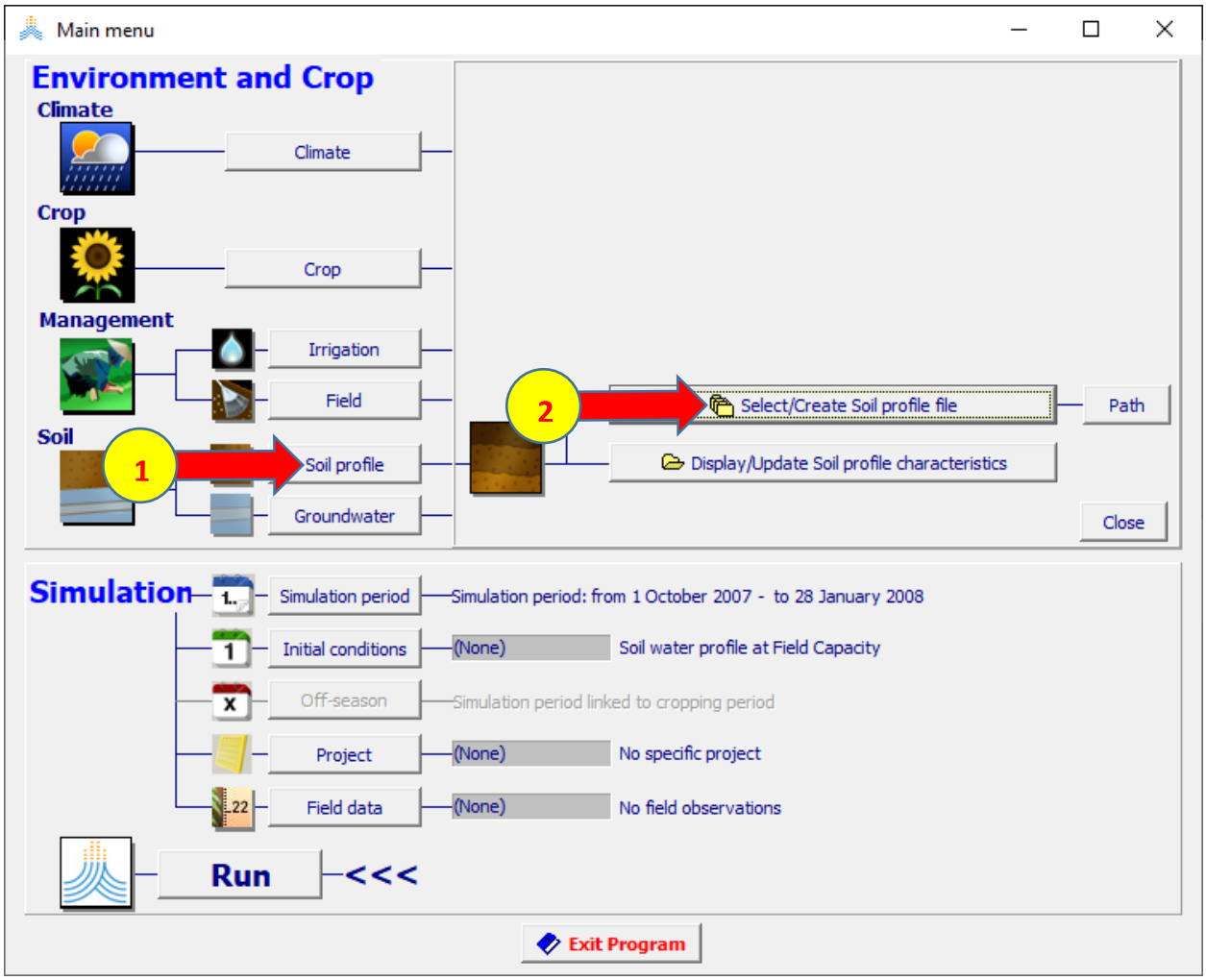


8-اختيار ملف مقطع التربة:

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Soil profile.

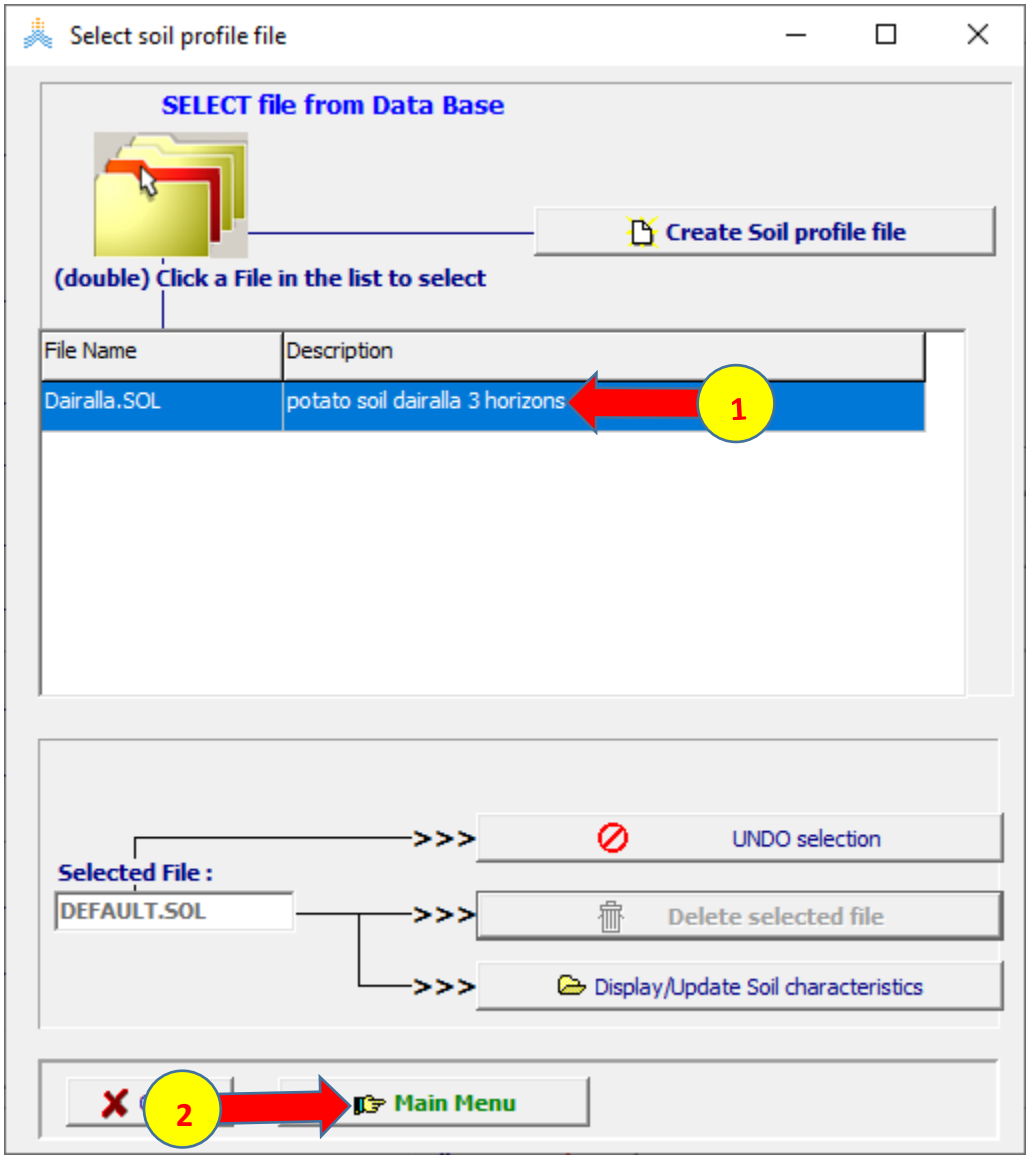
2- اختر الأمر Select/Create Soil profile file.



في الواجهةٍ Select soil profile file:

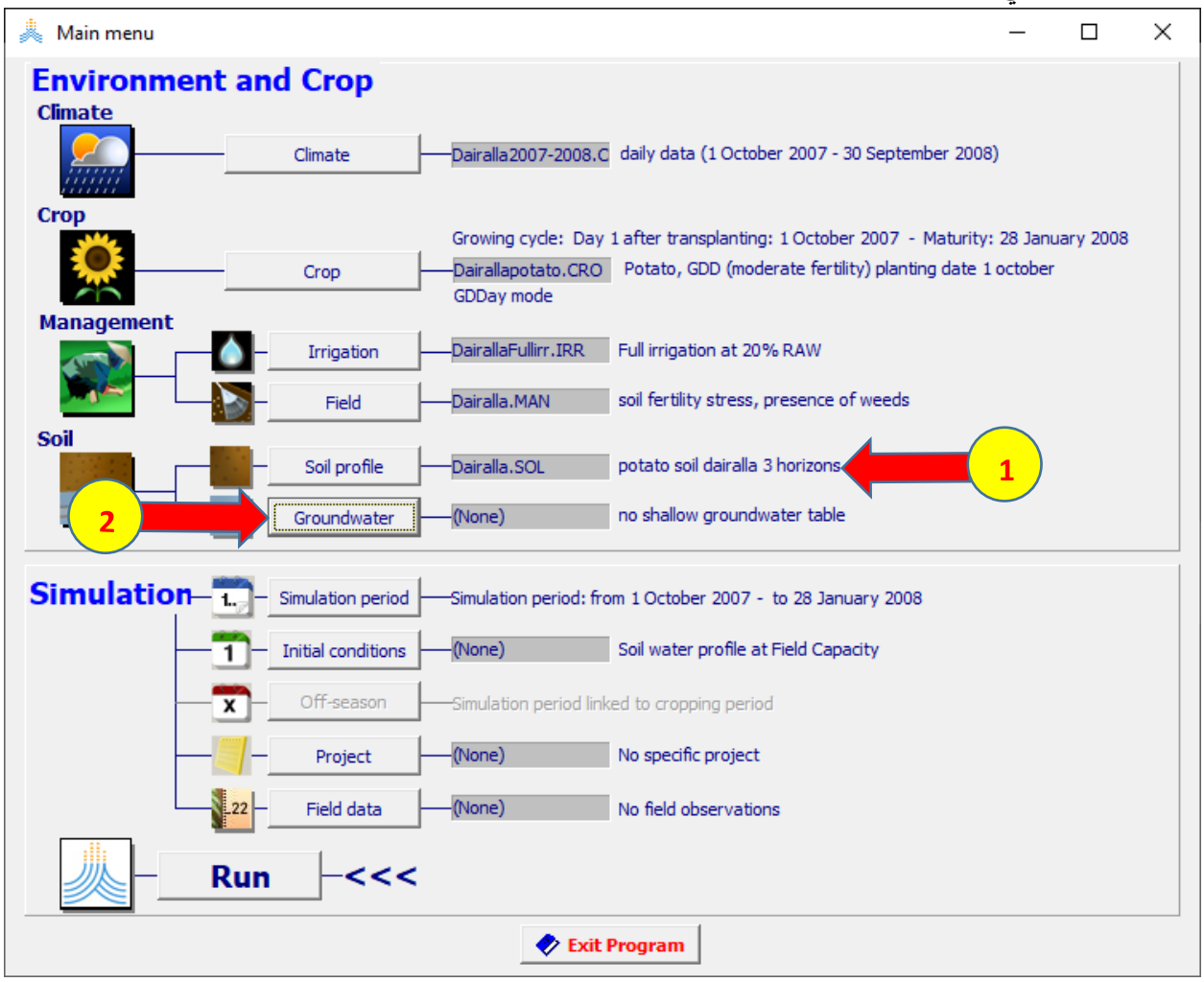
1- اختر. ملف مقطع التربة Dairalla.SOL.

2- اختر الأمر Main Menu.



1- يعود البرنامج AquaCrop إلى الواجهة Main menu ويظهر اسم ملف مقطع التربة (Dairalla.SOL) الذي تم اختياره.

2- بما أن سطح المياه الجوفية في دير علا أعمق من 4 أمتار عن سطح الأرض لا يوجد مياه تصعد إلى منطقة الجذور بالصعود الشعري capillary rise ونبقي الملف الافتراضي None الذي يفترض أن سطح المياه الجوفية عميق ولا يؤثر على رطوبة التربة في منطقة الجذور.

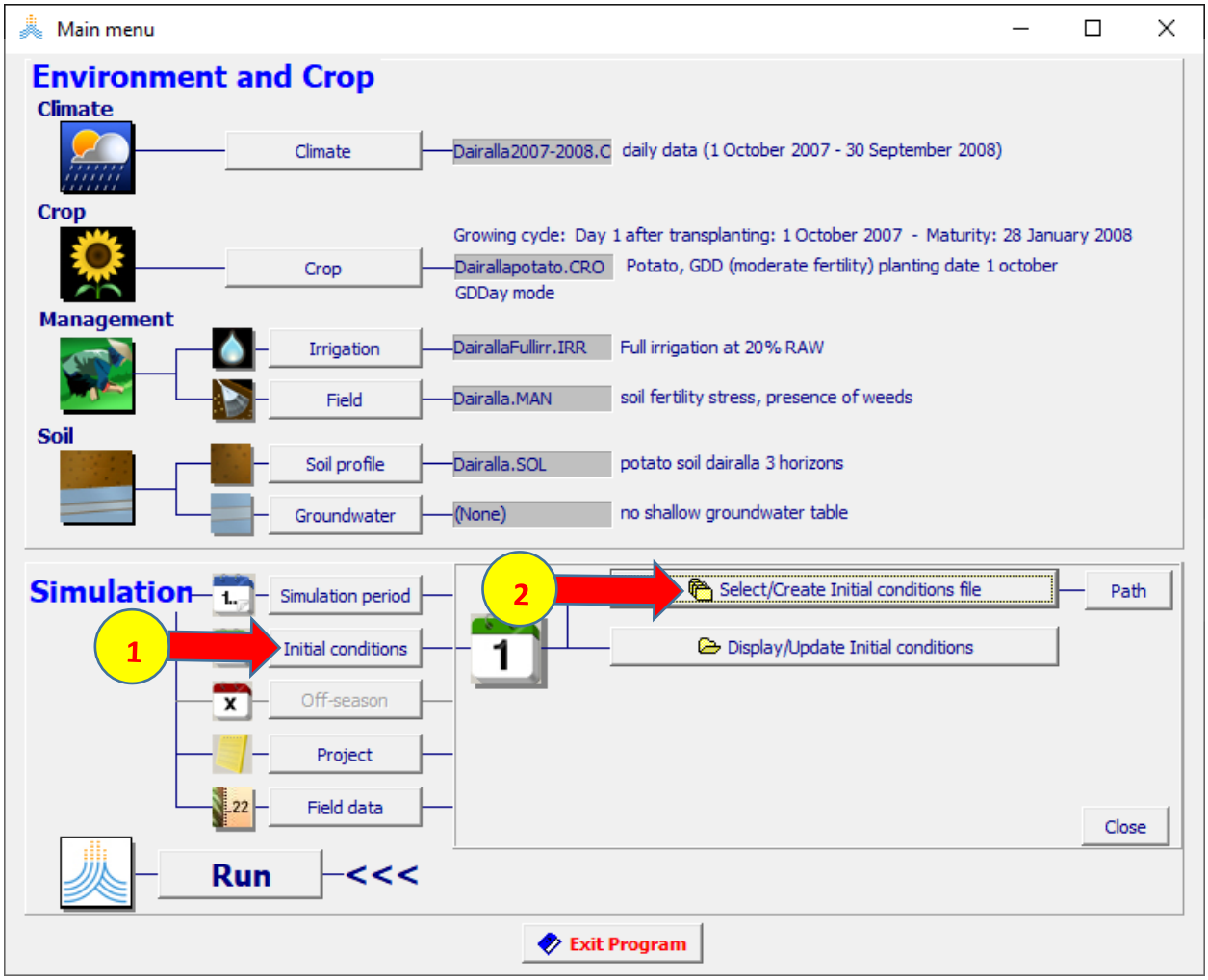


9-اختيار ملف الشروط الابتدائية:

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Initial conditions.

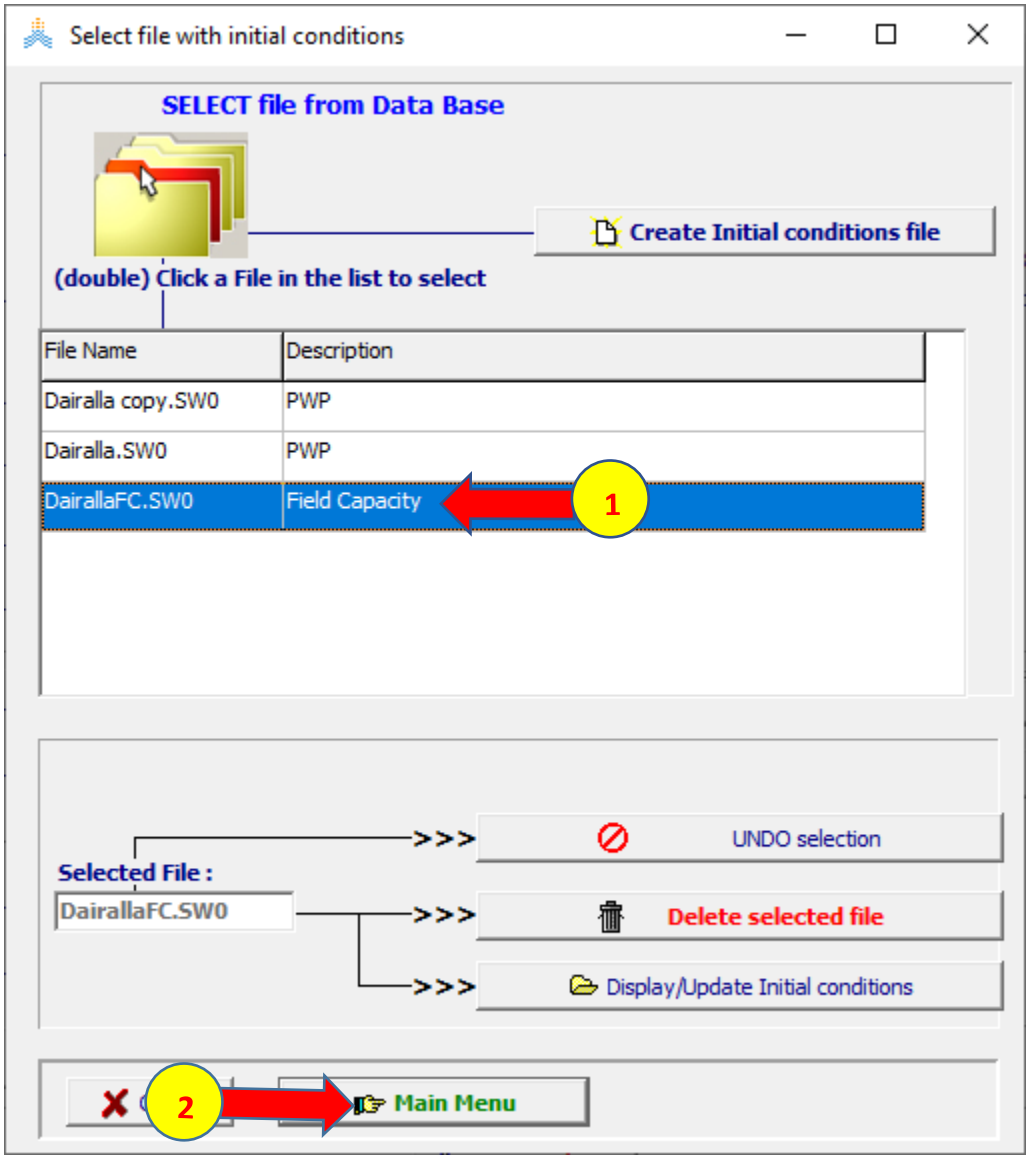
2- اختر الأمر Select/Create Initial conditions file.



في الواجهة Select file with initial condition:

1- اختر الملف DairallaFC.SW0

2- اختر الأمر Main Menu

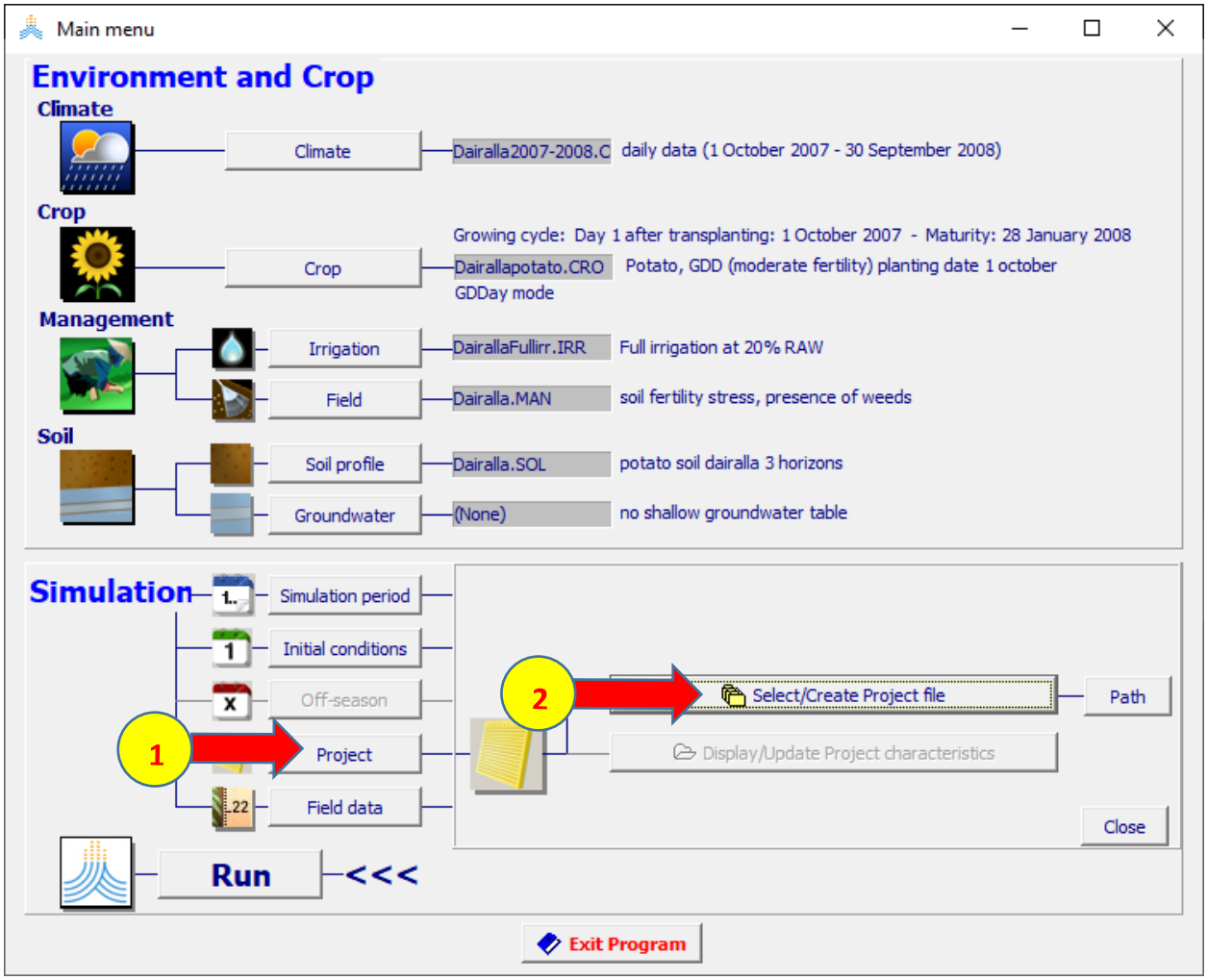


10- إنشاء مشروع الري الكامل للبطاطا في دير علا

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمرProject .

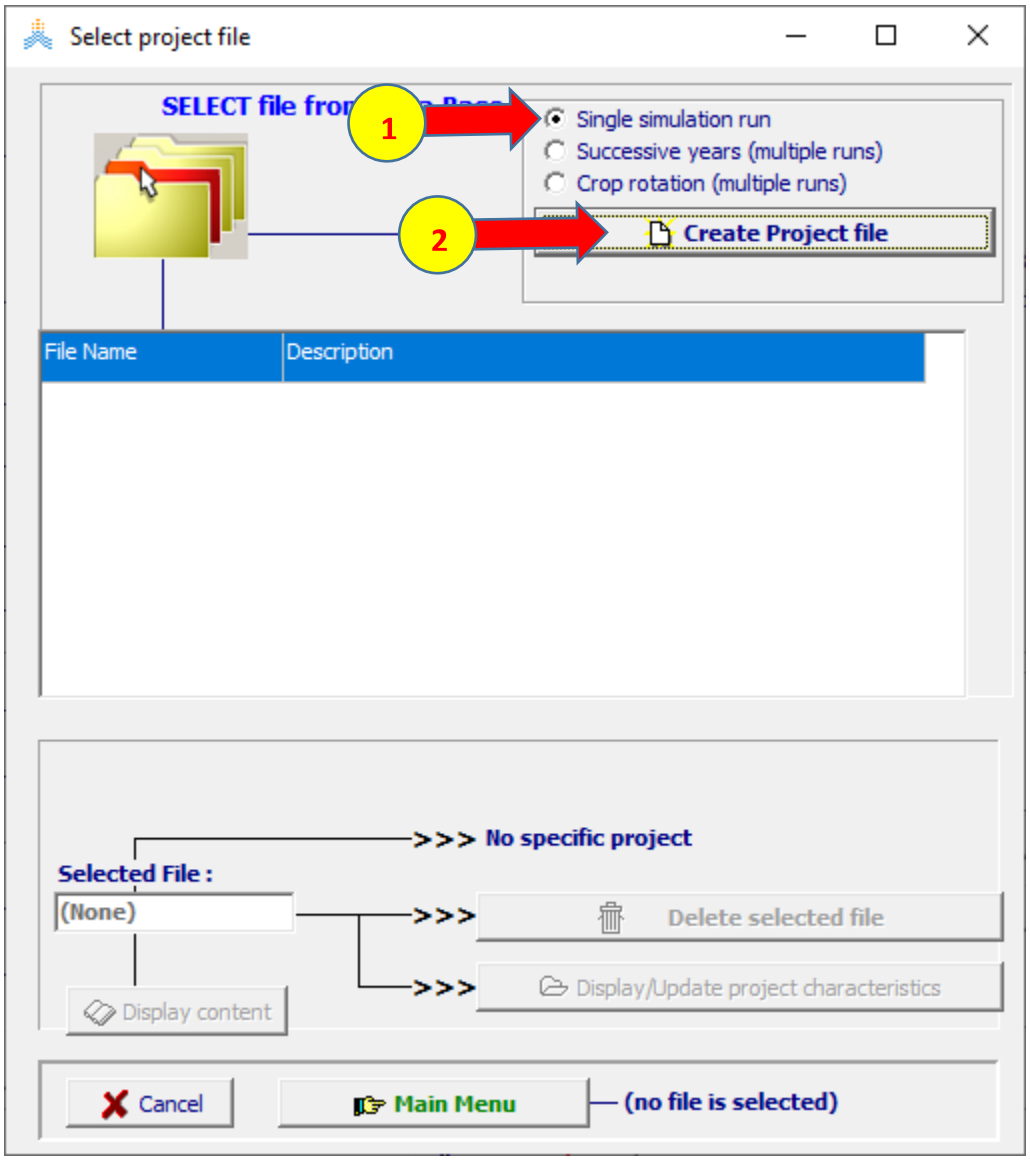
2- اختر الأمر Select/Create Project file.



في الواجهة Select project file:

1- اختر الخيار Single simulation run.

2- اختر الأمر Create Project file.

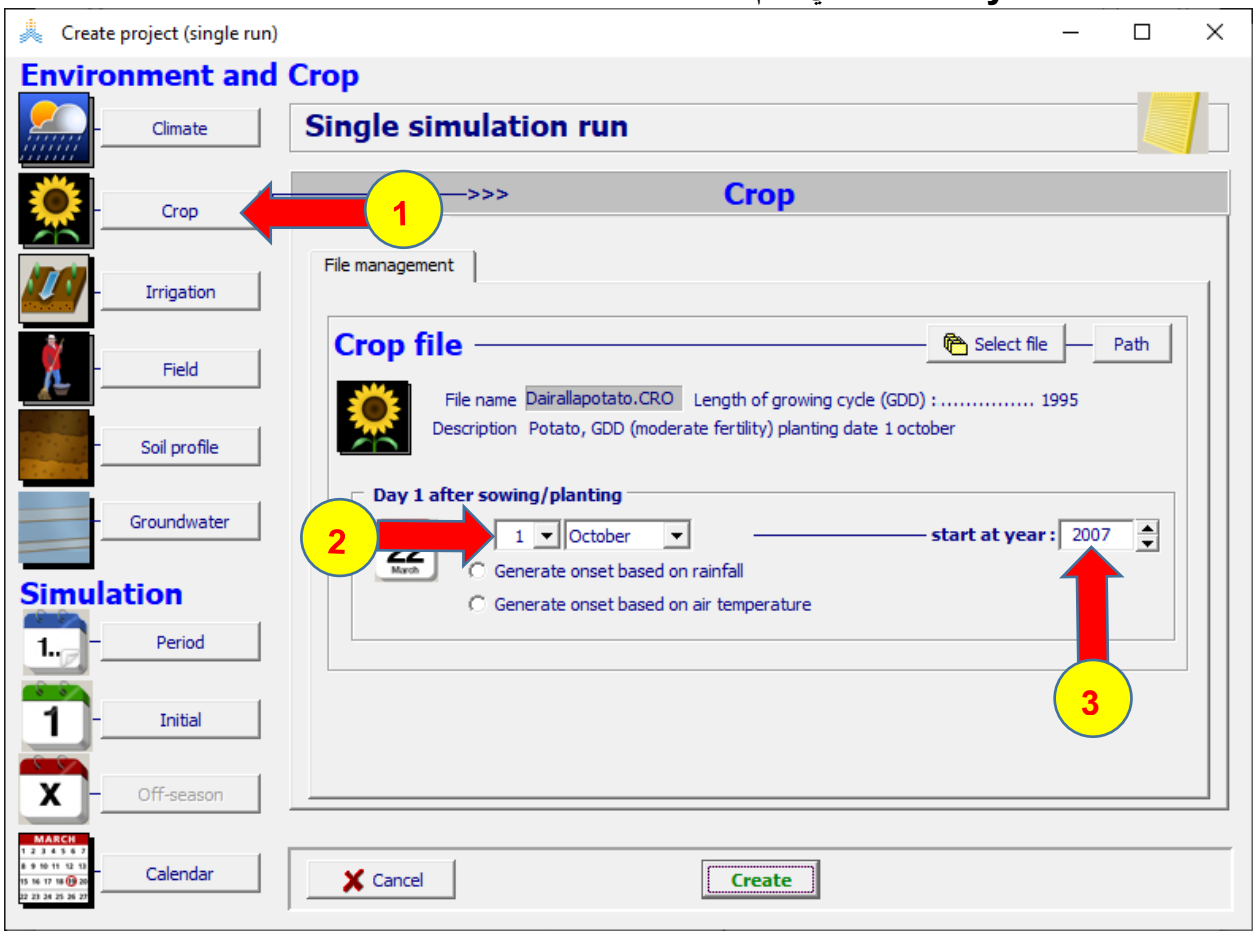


في الواجهة Create project (single run):
تكون ملفات climate وcrop وIrrigation وField وSoil profile التي تم إنشاؤها سابقا مختارة سلفا،

1- اختر الأمر Crop.

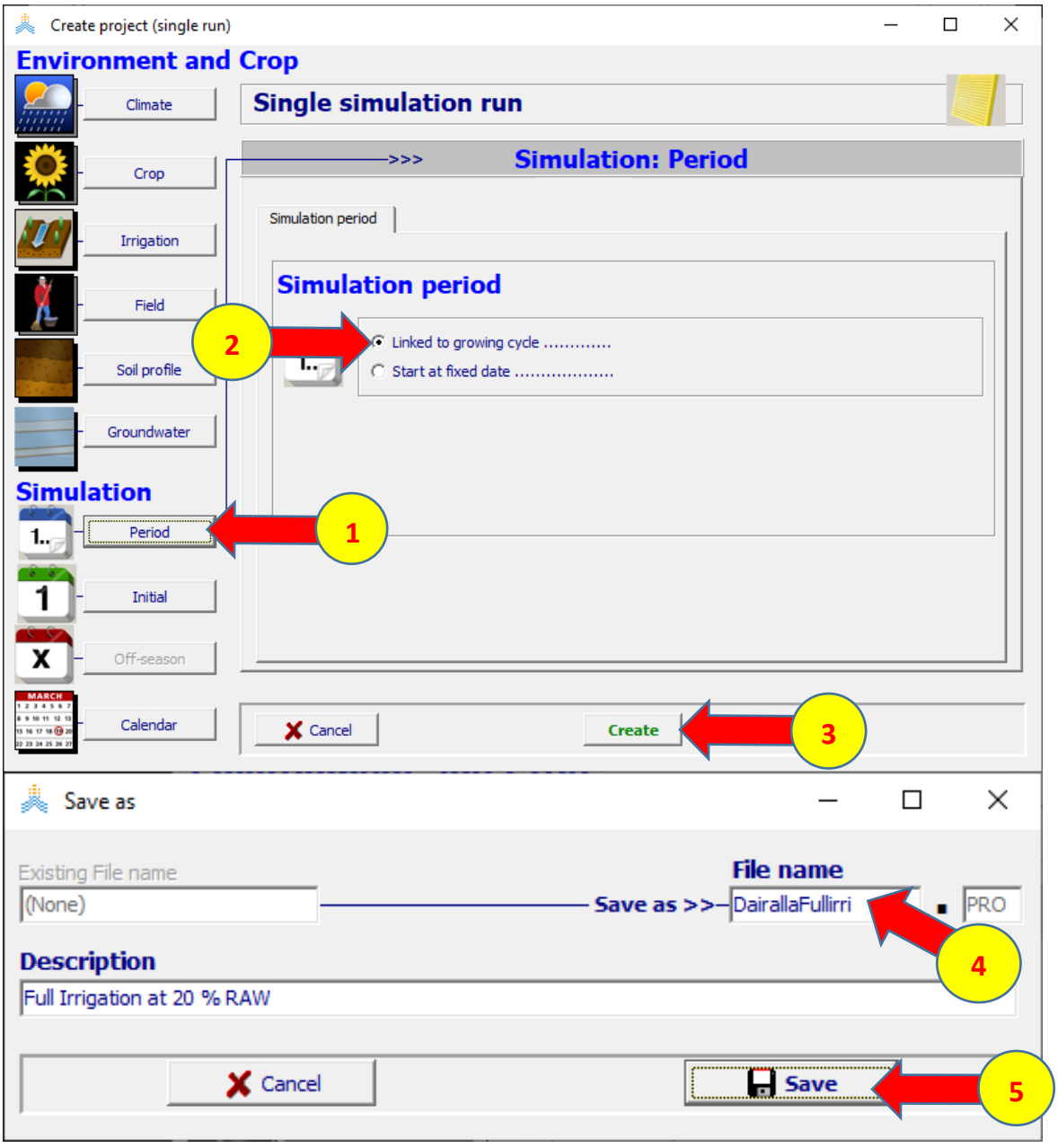
2- تأكد أن Day 1 after sowing/planting في Oct 1.

3- تأكد أن start at year في عام 2007.



في الواجهة Create project (single run):

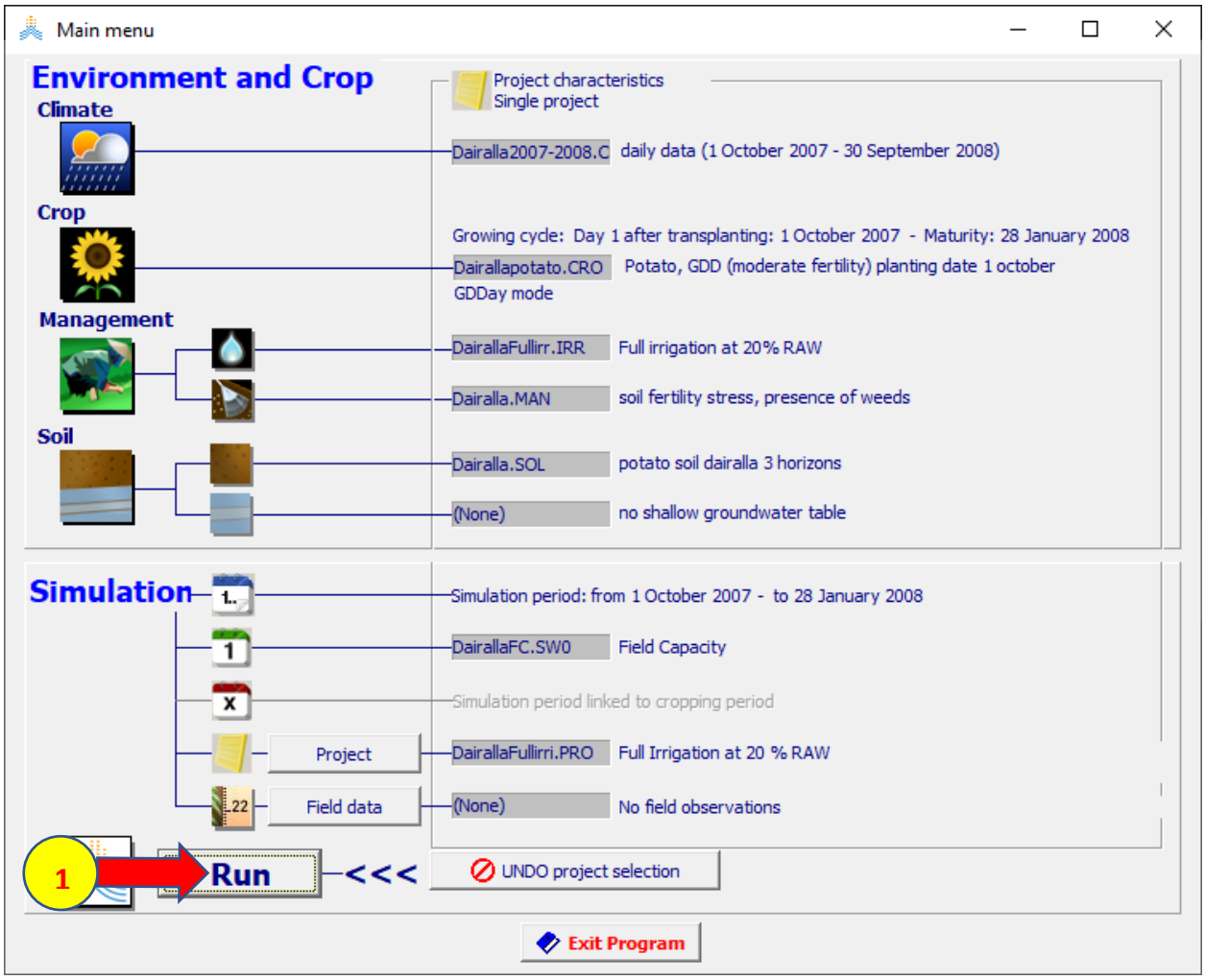
1- اختر الأمر Period.
2- في لوحة Simulation period اختر الخيار Linked to growing cycle.
3- اختر الأمر Create فتظهر نافذة Save as.
4- حدد Description (Full Irrigation at 20 % RAW) واحفظ المشروع باسم Dairallafullirri.
5- اختر الأمر Save.



11- تشغيل المحاكاة:

في الواجهة Main menu:

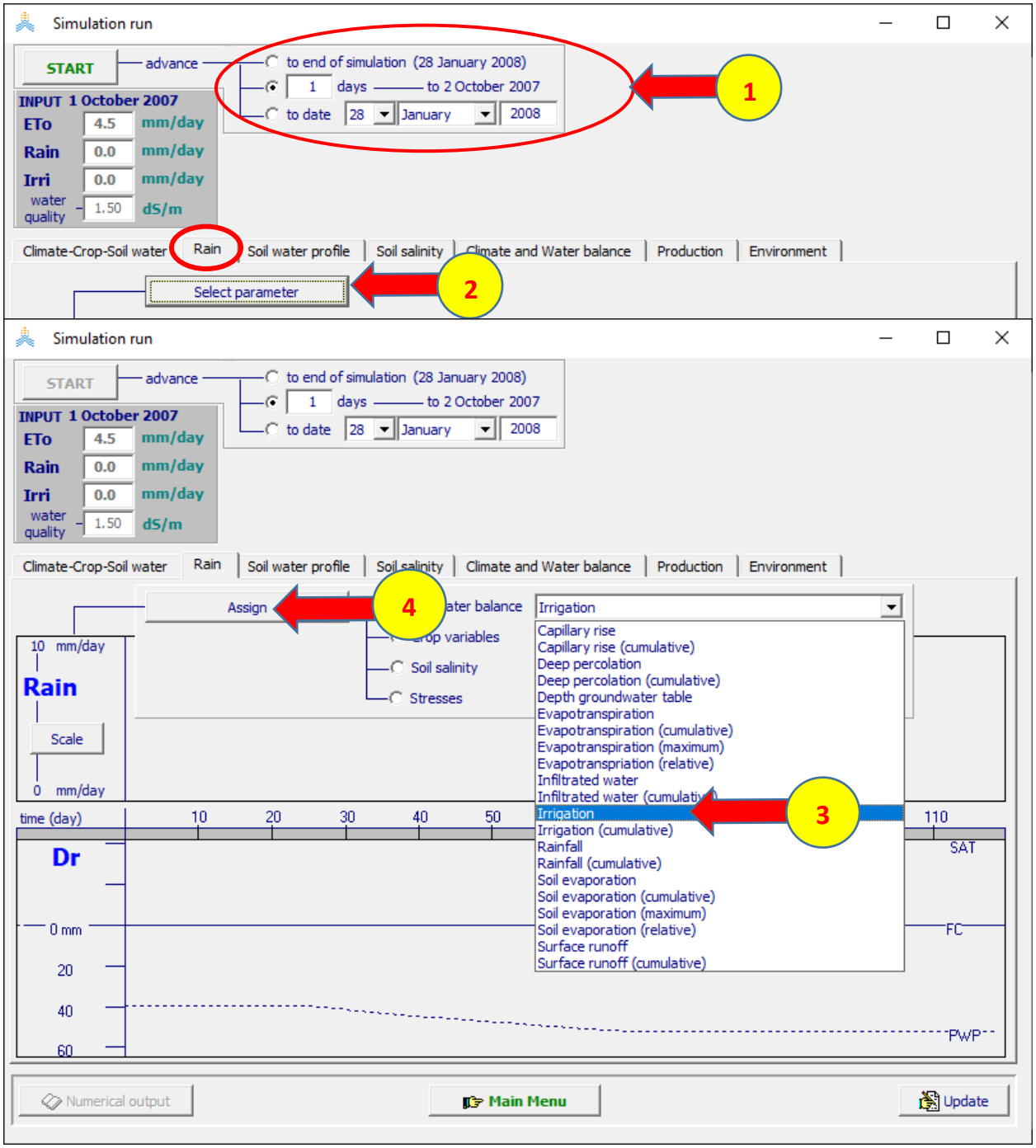
1- اختر الأمر Run في أسفل القائمة لبدء تشغيل المحاكاة.



في الواجهة Simulation run:

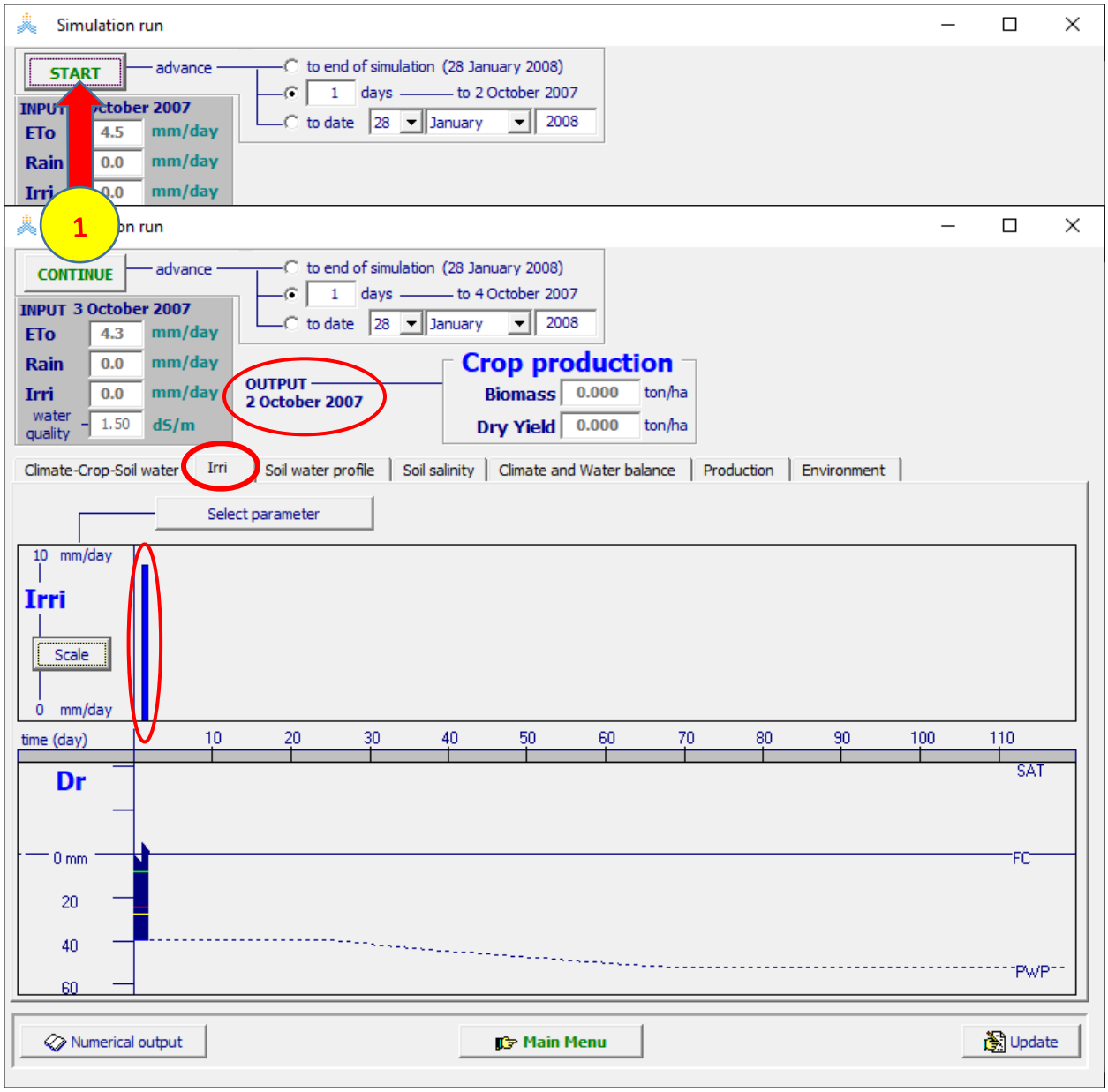
1- عدل الخيار advance إلى الخيار الثاني وحدد مقدار التقدم 1 يوم.

2- انتقل إلى الواجهة Rain واختر Select parameter .
3- من القائمة المنسدلة اختر Irrigation.
4- اختر الأمر Assign.



يظهر AquaCrop الواجهة Irrigation التي سيعرض فيها تخطيطيا مقدار عملية الري في اليوم الذي يحتاج المحصول للري

1- اختر Start وتقدم بالمحاكاة يومين حتى نهاية (2 Oct) وهو اليوم التالي للزراعة والذي سنبدأ فيه المحاكاة، يظهر في نافذة Irrigation الحاجة لتطبيق عملية ري خلال اليوم الثاني 2 Oct

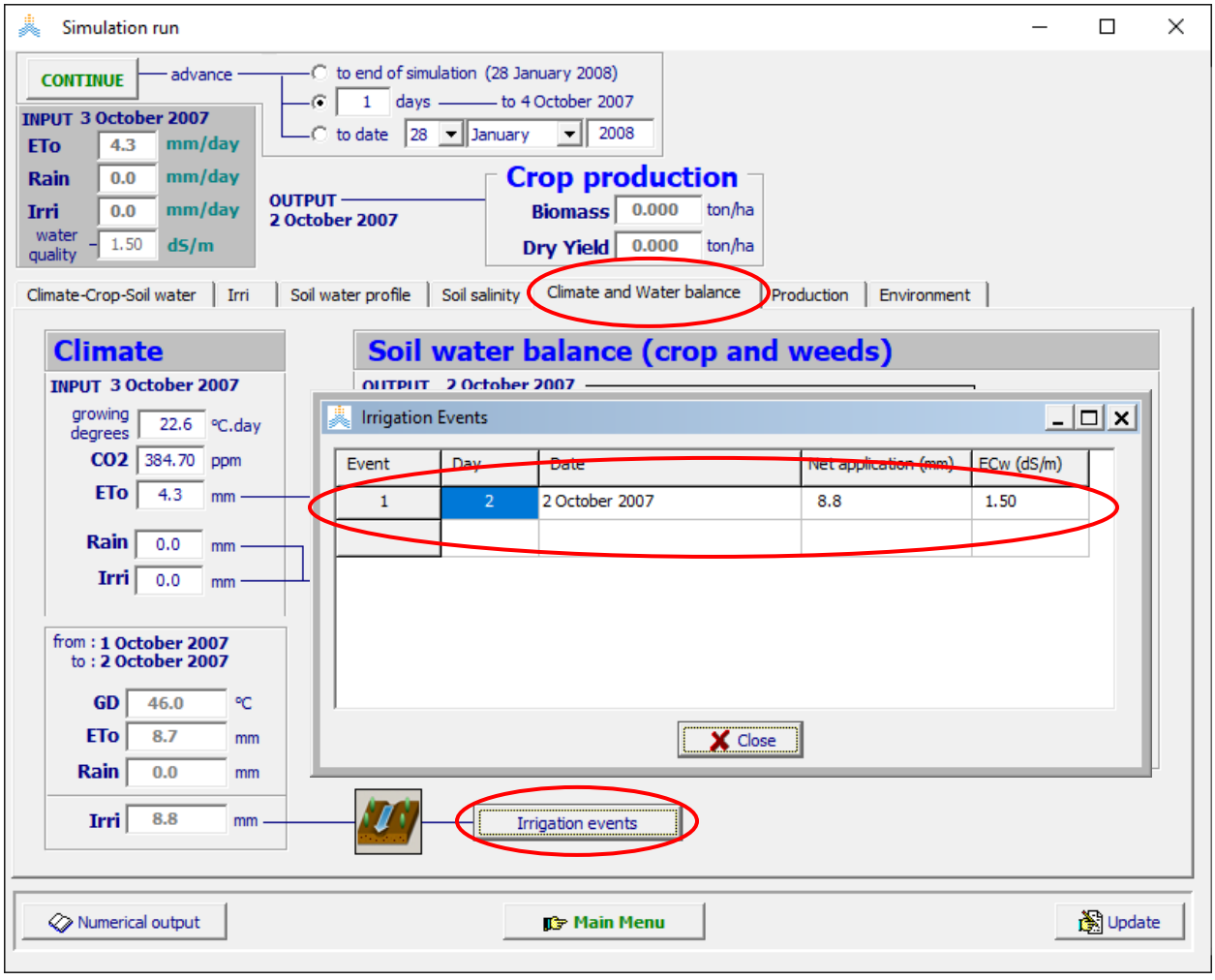


لمعرفة كمية مياه الري الواجب تطبيقها في يوم 2 Oct :

1- اختر الواجهة Climate and Water balance.
2- اختر الأمر Irrigation events.

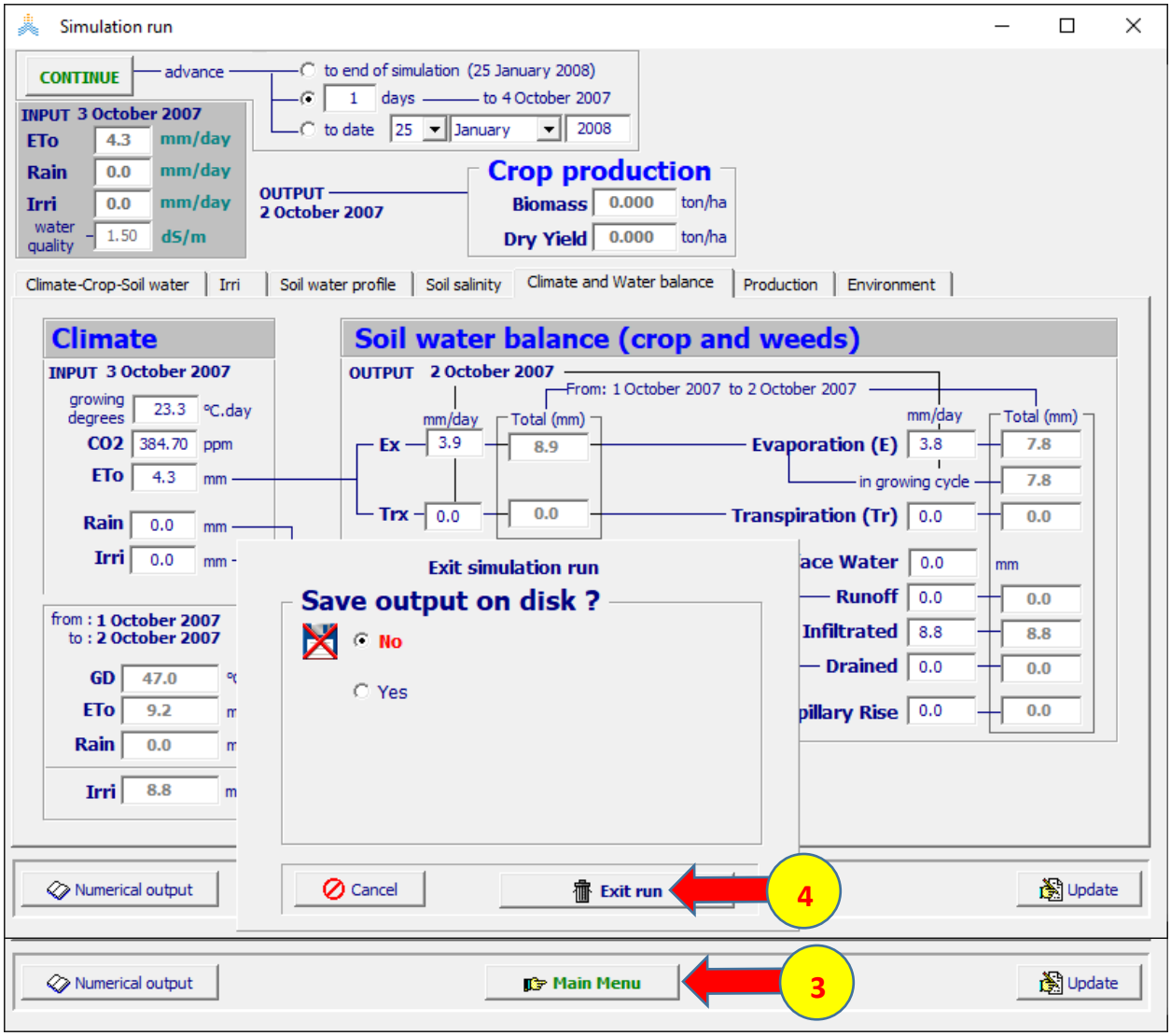
يظهر الجدول وفيه عملية الري الأولى في 2 Oct حيث عمق الري الصافي المطلوب:

(Net application =8.8 mm)



3- اختر الأمر Main menu.

4- اختر الأمر Exit run للخروج من البرنامج بدون حفظ النتائج.



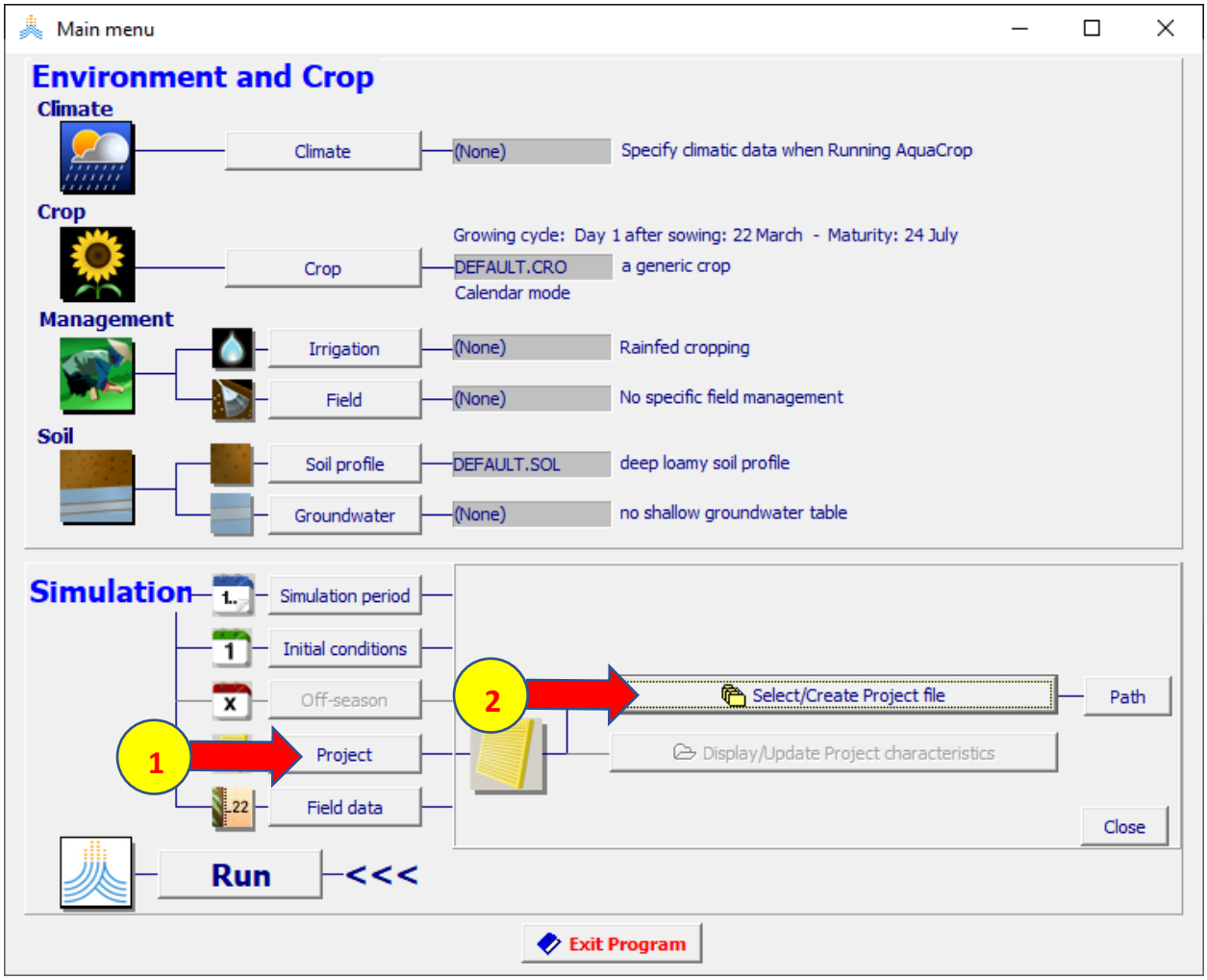
في اليوم التالي (3 Oct) نكرر الخطوة 2 (تحديث البيانات المناخية في الملف النصي Dairalla2007-2008.txt الموجود في المجلد (IMPORT بعد الحصول على القيم المسجلة في محطة الأرصاد للهطول المطري ودرجتي الحرارة العظمى والصغرى لليوم السابق 2 Oct، و نكررالخطوة 3 (تشكيل الملف المناخي العام) حتى

Import climatic data من أجل تحديث بيانات الحرارة الصغرى والعظمى والهطول المطري و التبخر نتح المرجعي في ملفات Tnx وPLU و ET0.

لمتابعة المحاكاة يوم 3 Oct بعد تحديث الملف المناخي:

1- اختر الأمر Project.

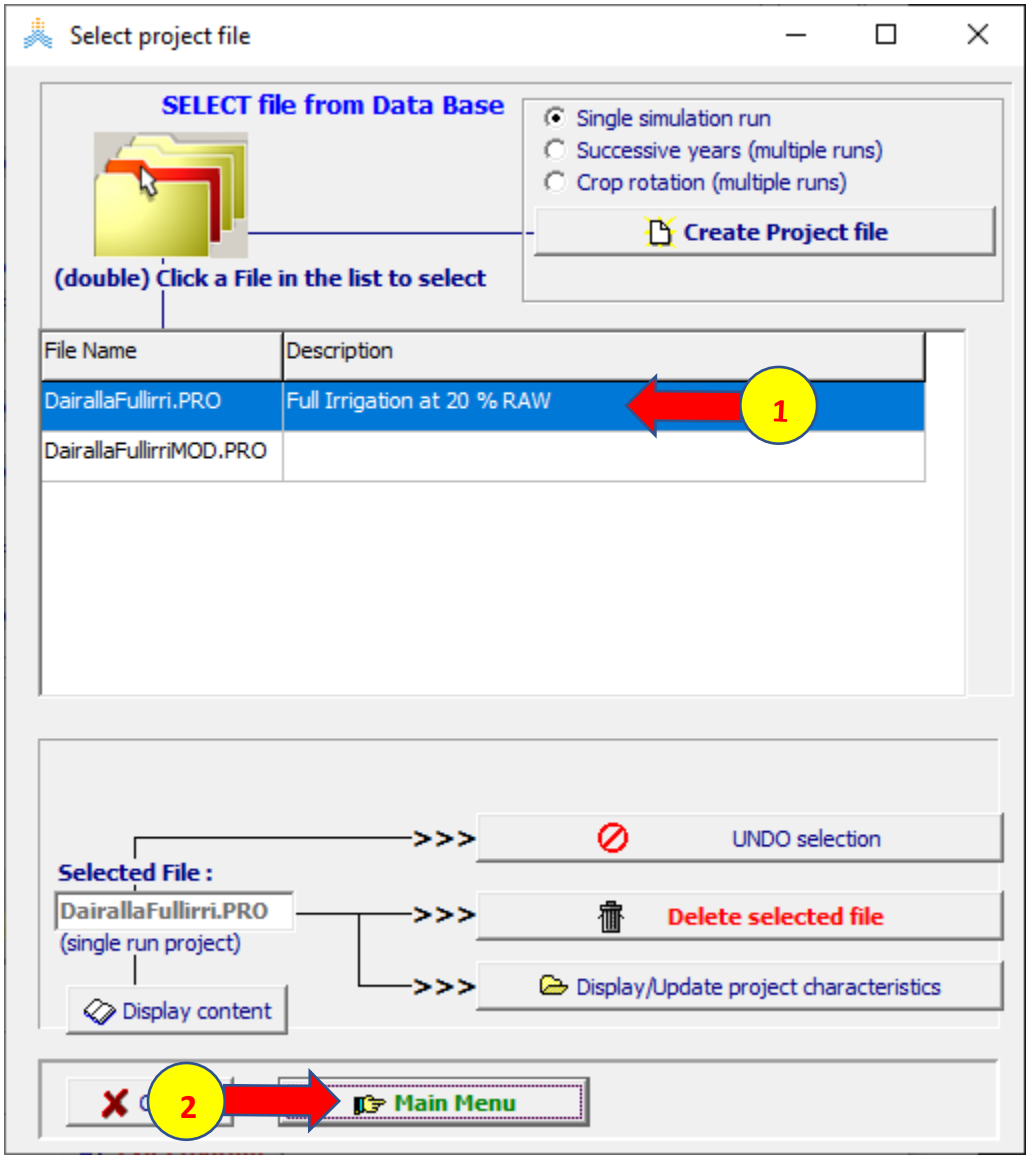
2- اختر الأمر select/Create Project file.



في الواجهة Select project file:

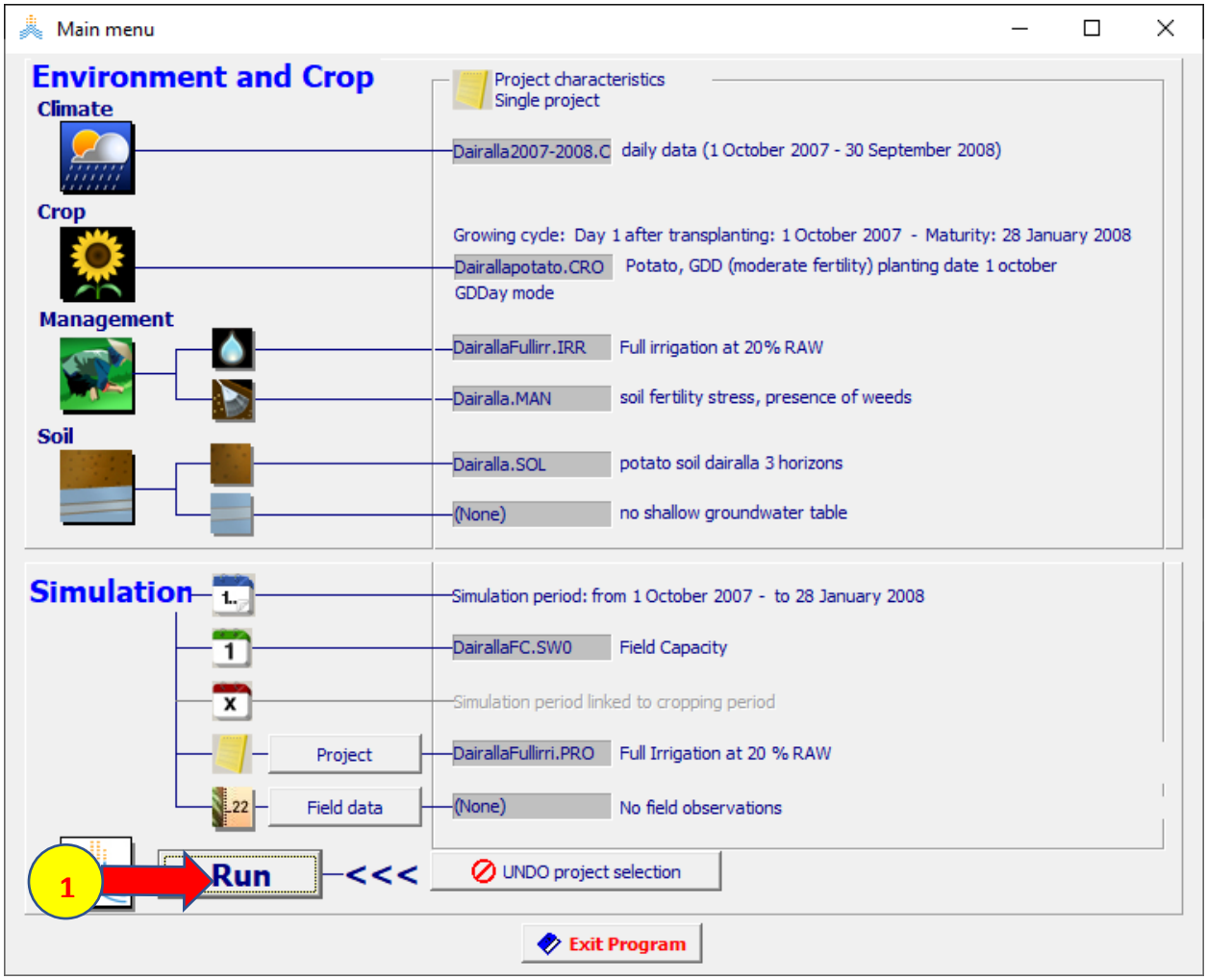
1- اختر المشروع DairallaFullirri.

2- اختر الأمر Main Menu.



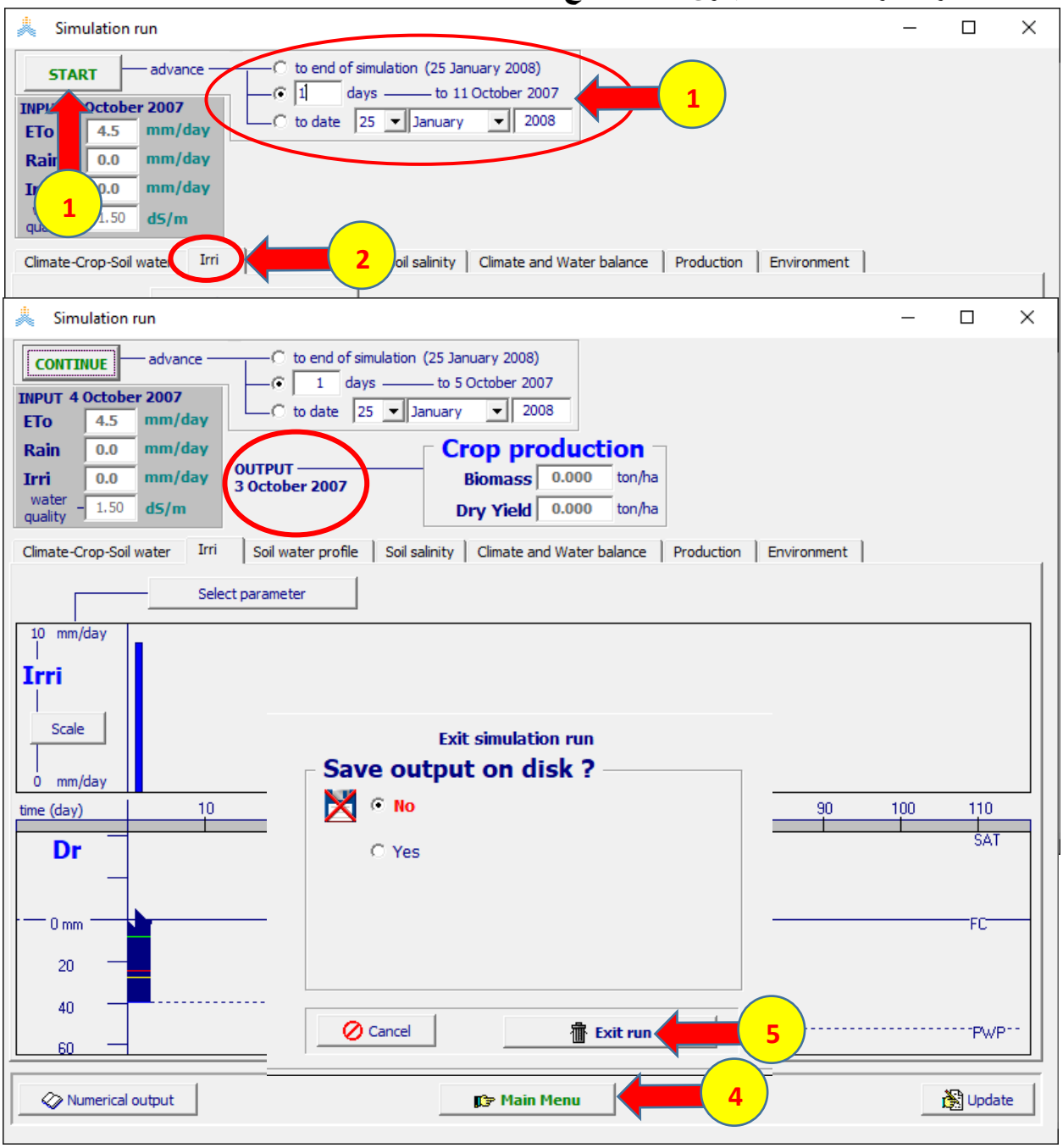
في الواجهة Main menu

1- اختر الأمر Run.

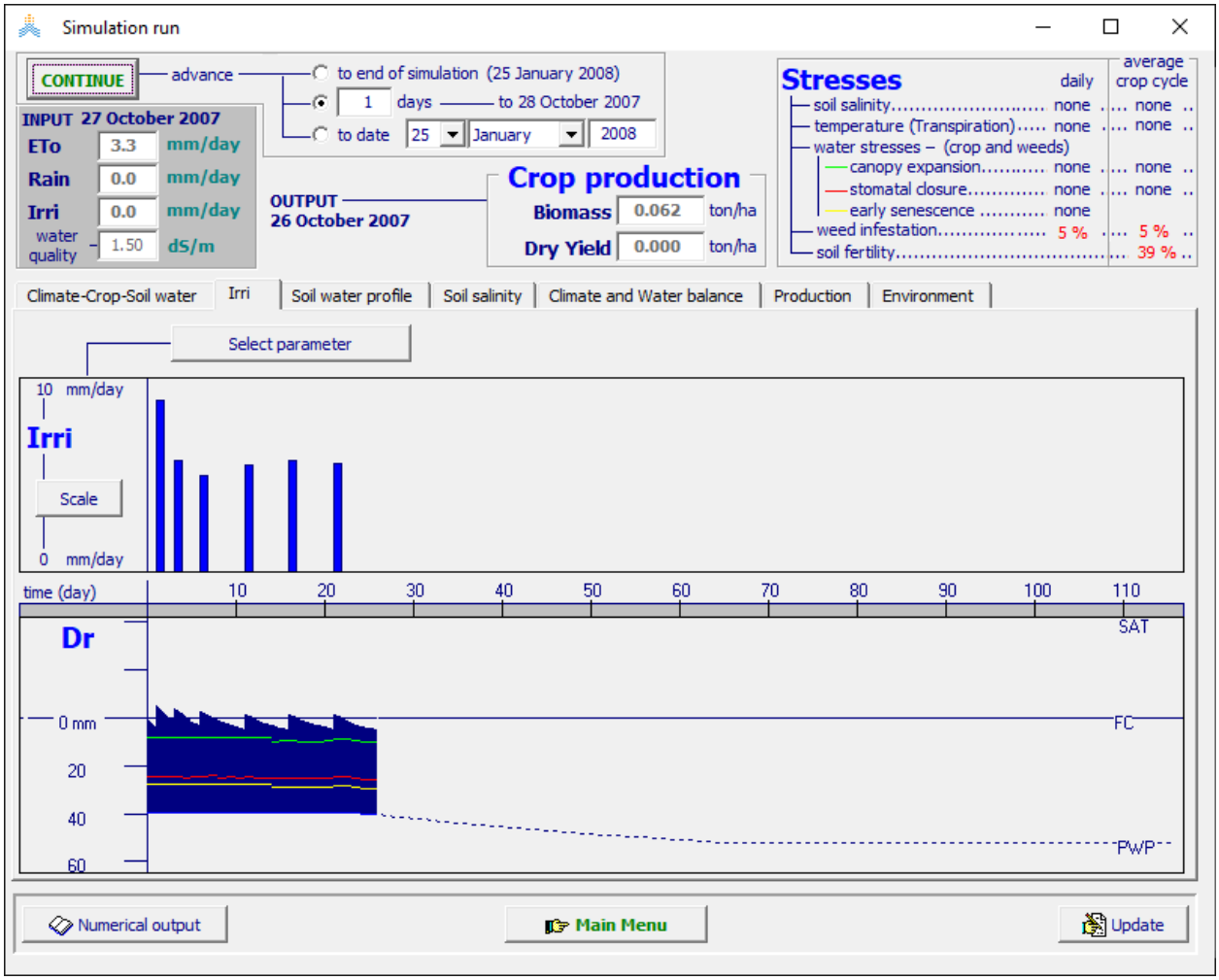


في الواجهة Simulation run:

1- عدل الخيار advance إلى الخيار الثاني وحدد مقدار التقدم 1 يوم.
2- انتقل من الواجهة Rain إلى الواجهة Irrigation.
3- اختر الأمر Start وتقدم بالمحاكاة حتى نهاية 3 Oct.نلاحظ أنه لاحاجة للري في يوم 3 Oct.
4- اختر الأمر Main Menu.
5- اختر الأمر Exit run بدون حفظ النتائج.



بمتابعة تحديث البيانات المناخية يوميا وإعادة تشغيل المشروع نحصل على برنامج الري الكامل الواجب تطبيقه خلال الموسم.



التمرين الرابع: حالة دراسية حول تأثير التغيرات المناخية على إنتاج القمح البعل في مرشوش - المغرب

حالة دراسية
تحديد أثر التغيرات المناخية على إنتاج القمح البعل في منطقة مرشوش – المغرب

الهدف من التمرين: تحديد أثر التغيرات المناخية على إنتاجية القمح البعل والاستهلاك المائي للمحصول وطول موسم النمو

المطلوب:

أولا -أنشئ مشروعا لمحاكاة إنتاج القمح البعل في منطقة مرشوش باستخدام ملف المناخ MarchouchEcEarth8.5.CLI وحدد أثر التغيرات المناخية على:

1) إنتاجية المحصول، 2) الاحتياج المائي، 3) طول موسم النمو

ثانيا – اعد نفس خطوات الحل باستخدام ملف المناخ MarchouchEcEarth8.5Fix.CLI لحالة قيم ثابته لتركيز CO2 تساوي 350 ppm

المعطيات

البيانات المناخية: ملف المناخ MarchouchEcEarth8.5.CLI يتضمن بيانات المناخ من النموذج المناخي EC-Earth للسيناريو RCP8.5 للفترة (1985-2050)

خصائص المحصول: محصول القمح البعل وخصائصه موجودة في الملف Marchouch_wheat.CRO الذي يعتمد تقويم حرارة النمو GDD .

تاريخ الزراعة هو 20 November.

ادارة الحقل: ملف الحقل Marchouch_field.MAN (خصوبة التربة Near optimal 80%, نسبة التغطية Mulches 50% من سطح الحقل بمواد عضوية والغطاء النسبي للأعشاب الضارة 15%).

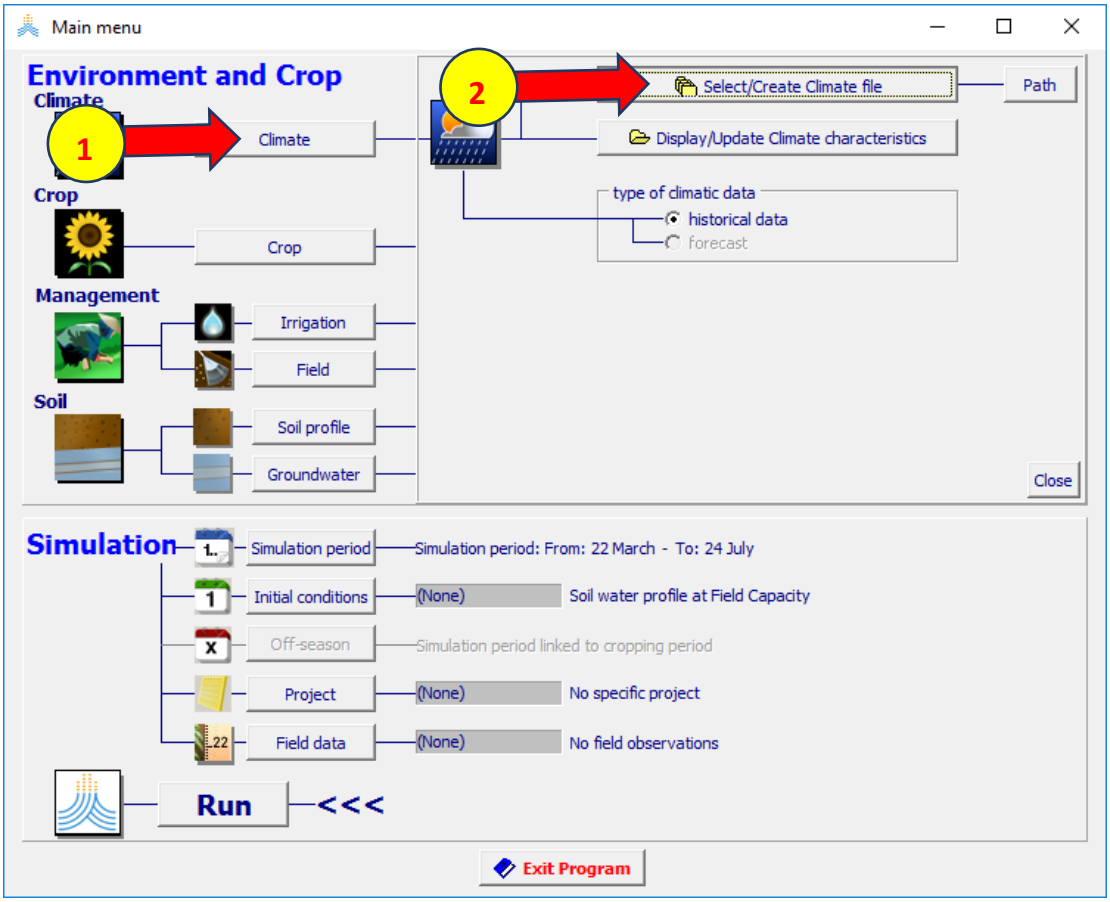
خصائص التربة: ملف التربة Marchouch_soil.SOL, تربة طينية من طبقة واحدة بعمق 90 سم.

الشروط الابتدائية: الملف MARCHOUCH_TAW_10.SW0 (الرطوبة الابتدائية = 10% من TAW).

في القائمة Main menu:

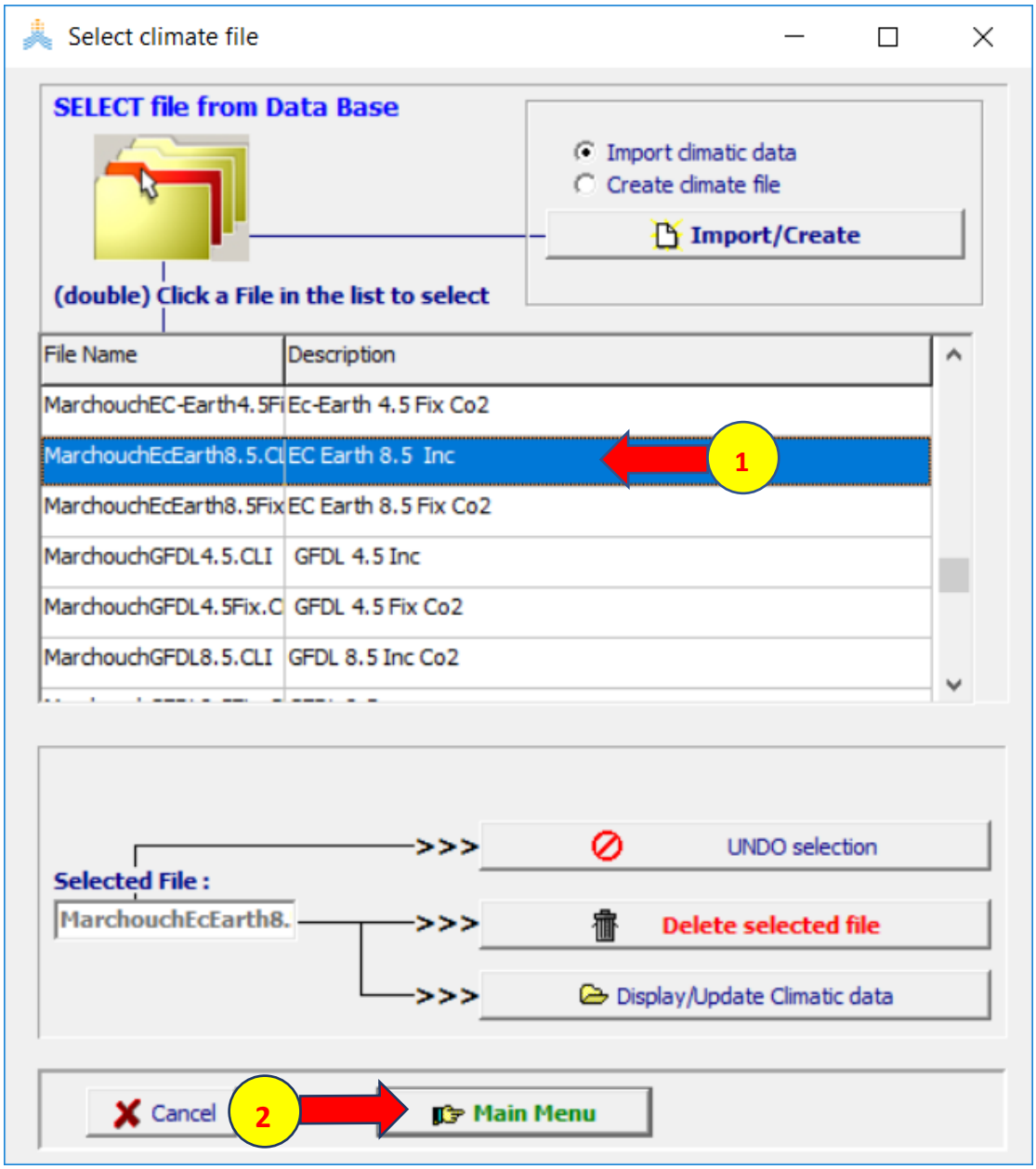
1- اختر الأمر Climate

2- اختر الأمر Select/Create Climate file



في القائمة Select climate file:

1-اختر الملف MarchouchEcEarth8.5.CLI
2- اختر الأمر Main Menu

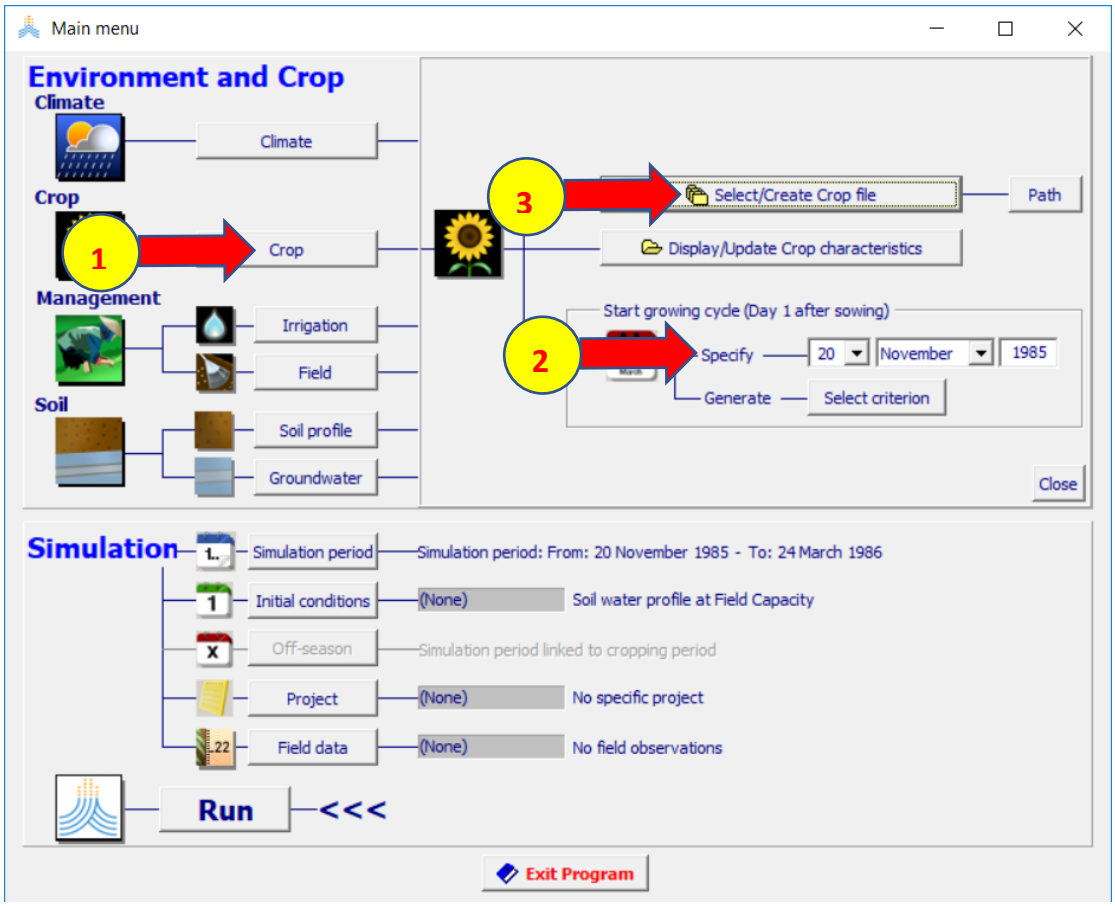


في القائمة Main menu:

1-اختر الأمرCrop ،

2- حدد Start growing cycle (Day 1 after sowing) بتاريخ 20 November 1985

3- اختر الأمر Select/Create Crop file

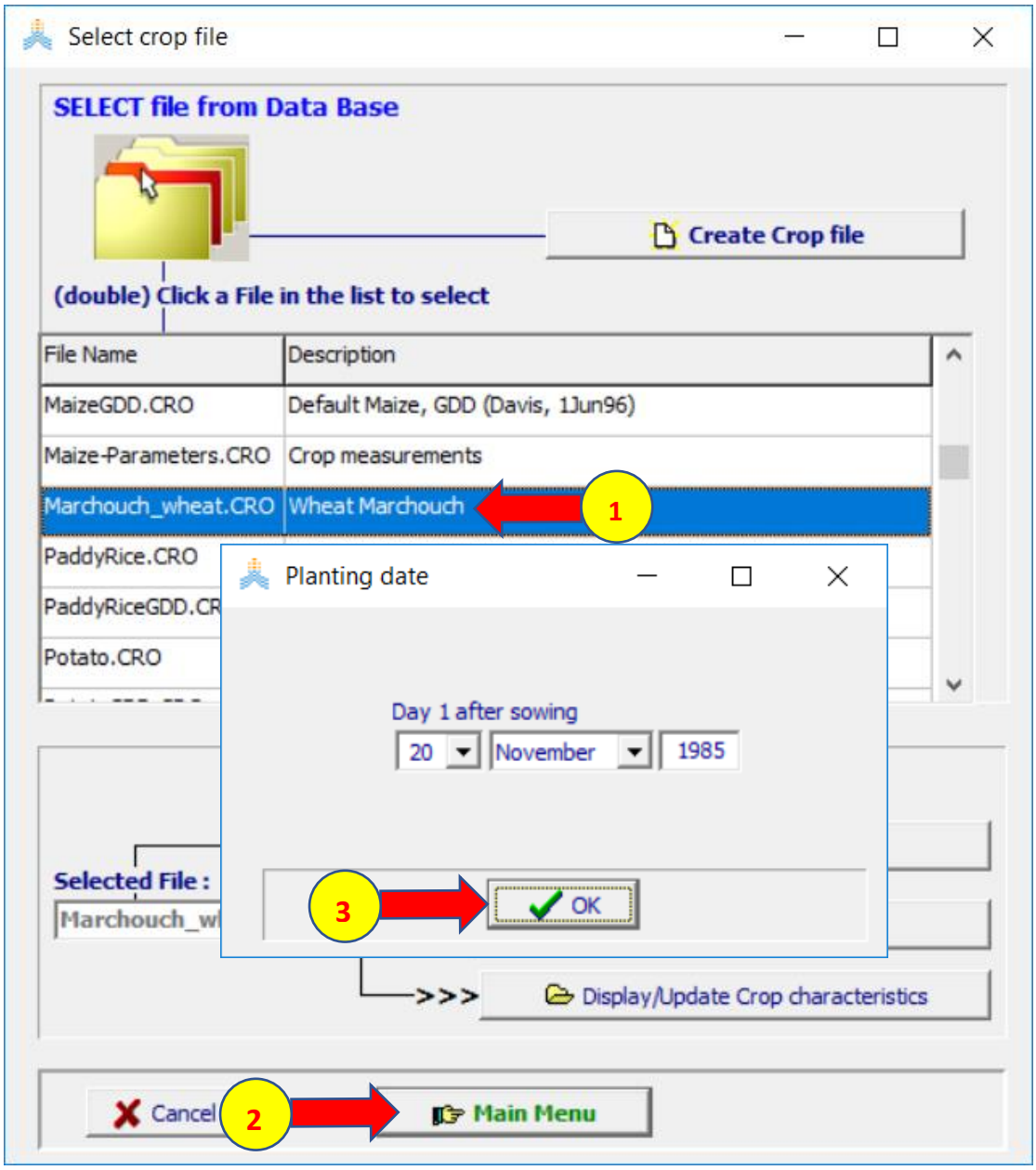


في القائمة Select crop file:

1-اختر الملف Marchouch_wheat.CRO

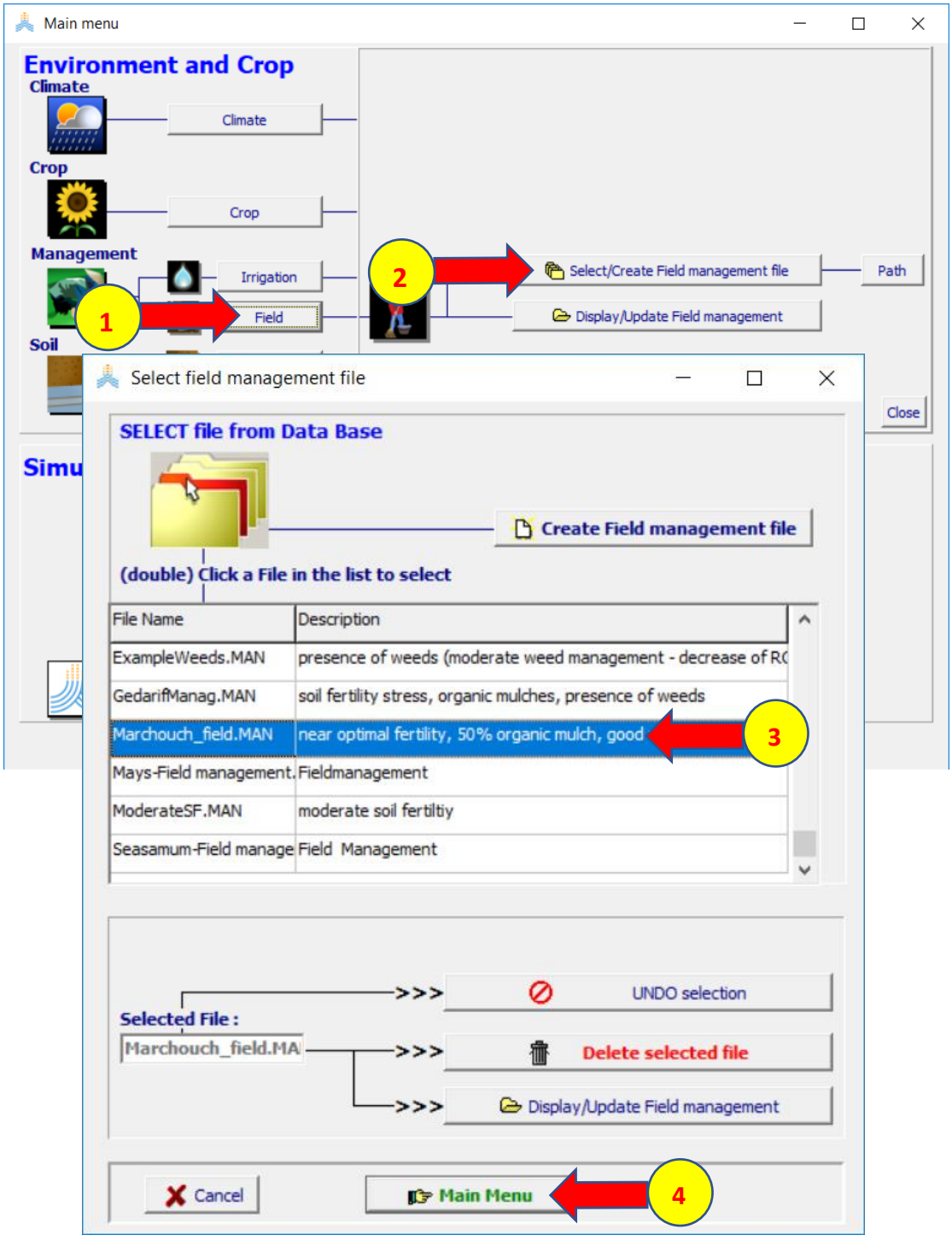
2-اختر الأمر Main Menu فتظهر نافذة Planting date

3-اختر OK لتأكيد تاريخ الزراعة



في القائمة Main menu:

1- اختر الأمر Field
2-اختر الأمر Select/Create Field management file
3-اختر الملف Marchouch_field.MAN
4- اختر الأمر Main Menu



في القائمة Main menu:

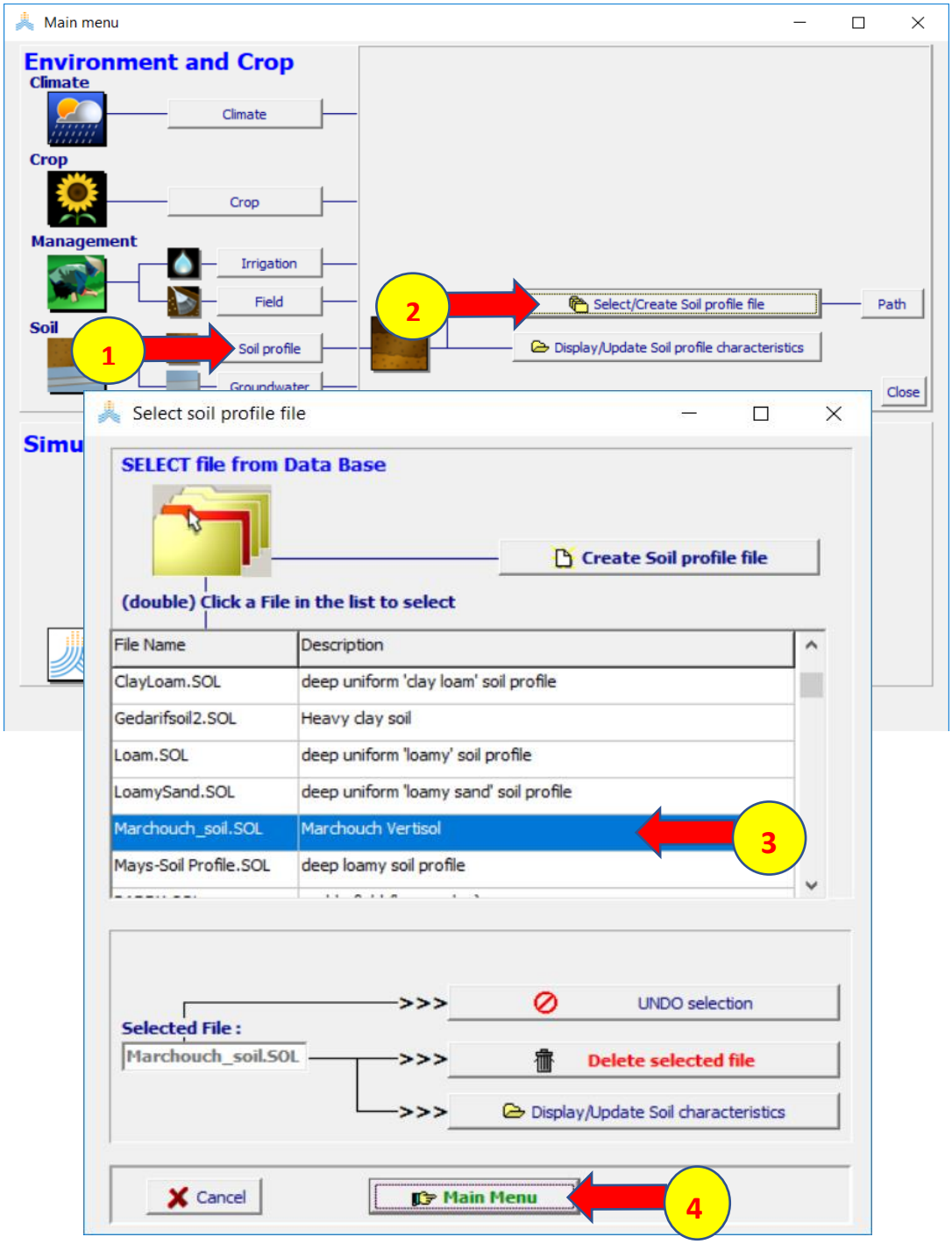
1-اختر الأمرSoil Profile

2- اختر الأمر Select/Create Soil profile file

في القائمة Select soil profile file:

3- ختر الملف Marchouch_soil.SOL

4-اختر الأمر Main Menu.



في القائمة Main menu:

1. اختر الأمر Initial conditions .
2. ثم اختر الأمر Select/Create Initial conditions file

في القائمة Select file with initial conditions:

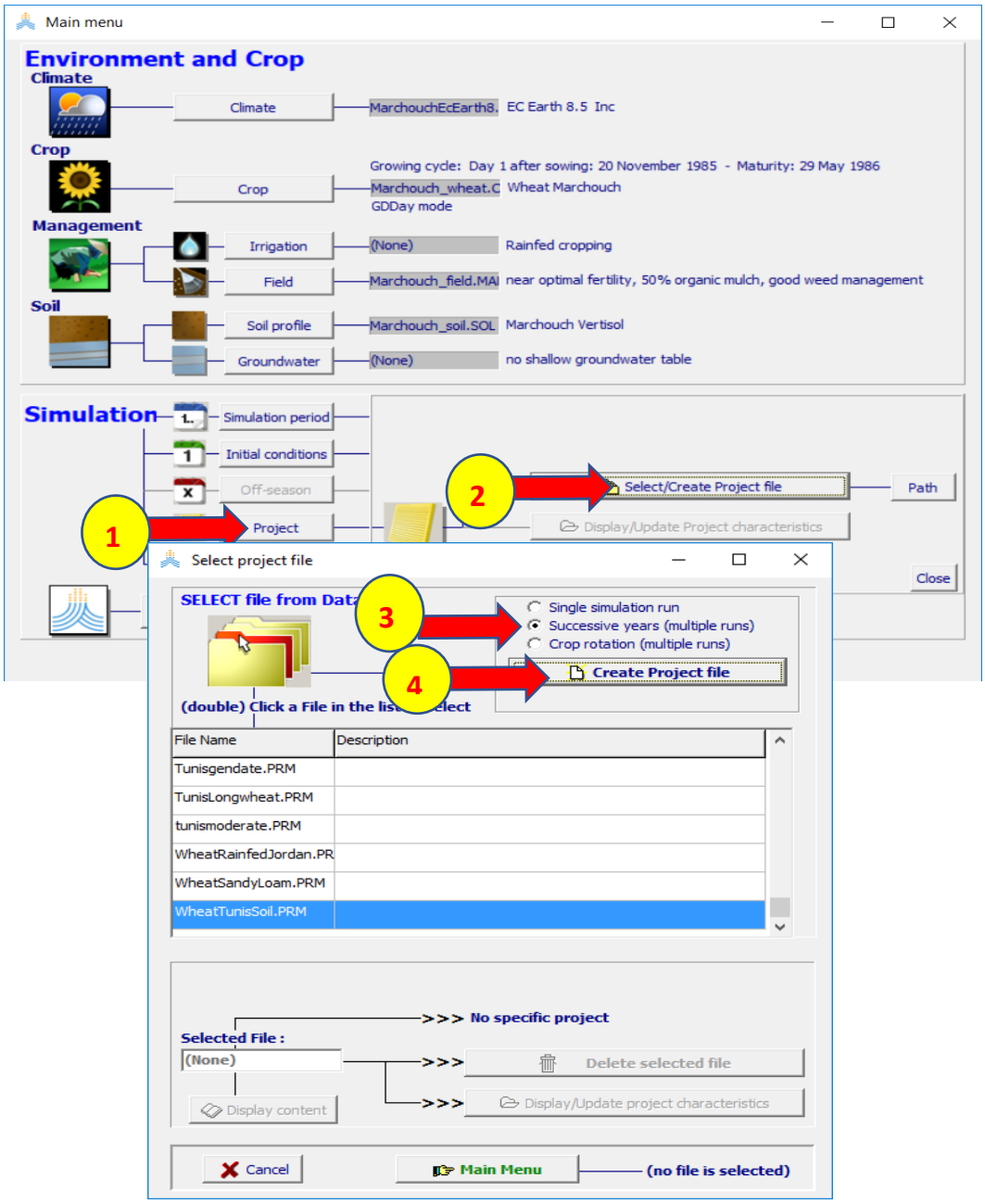
3. اختر الملف MARCHOUCH_TAW_10.SW0
4. ثم اختر الأمر Main Menu

في قائمة Main menu

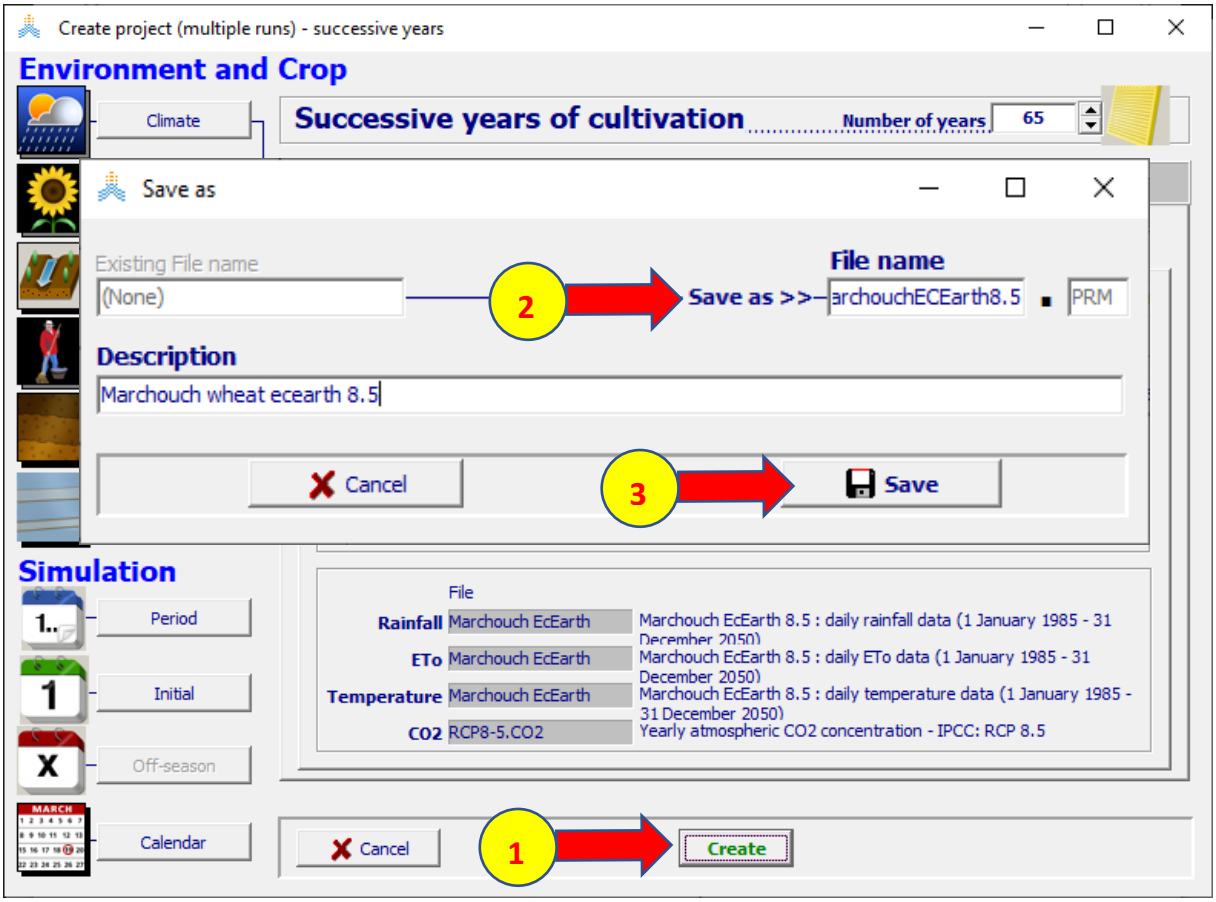
1. اختر الأمر Project.
2. اختر الأمر Select/Create Project file

في قائمة Select project file

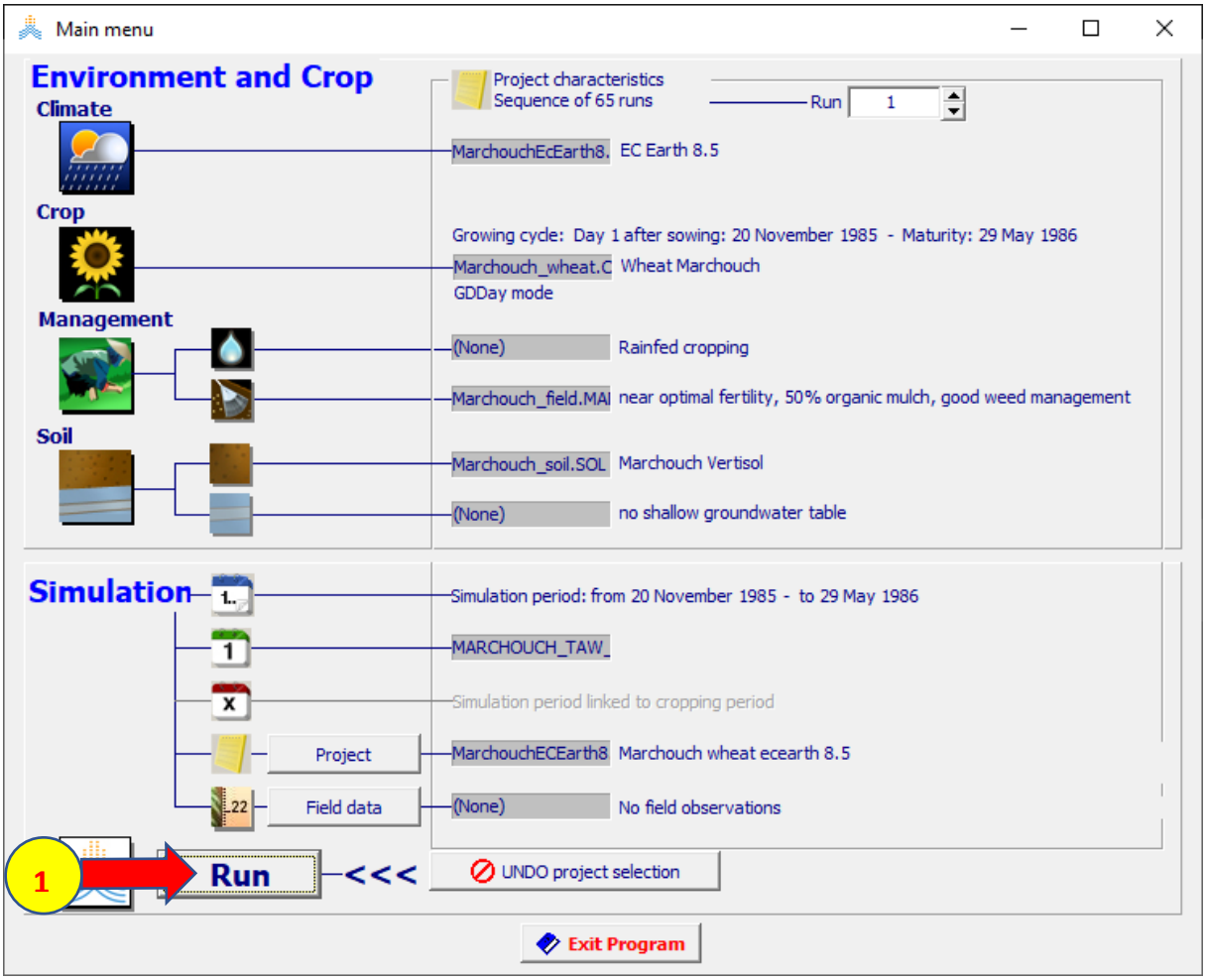
3. حدد الخيار Successive years
4. اختر الأمر Create Project file



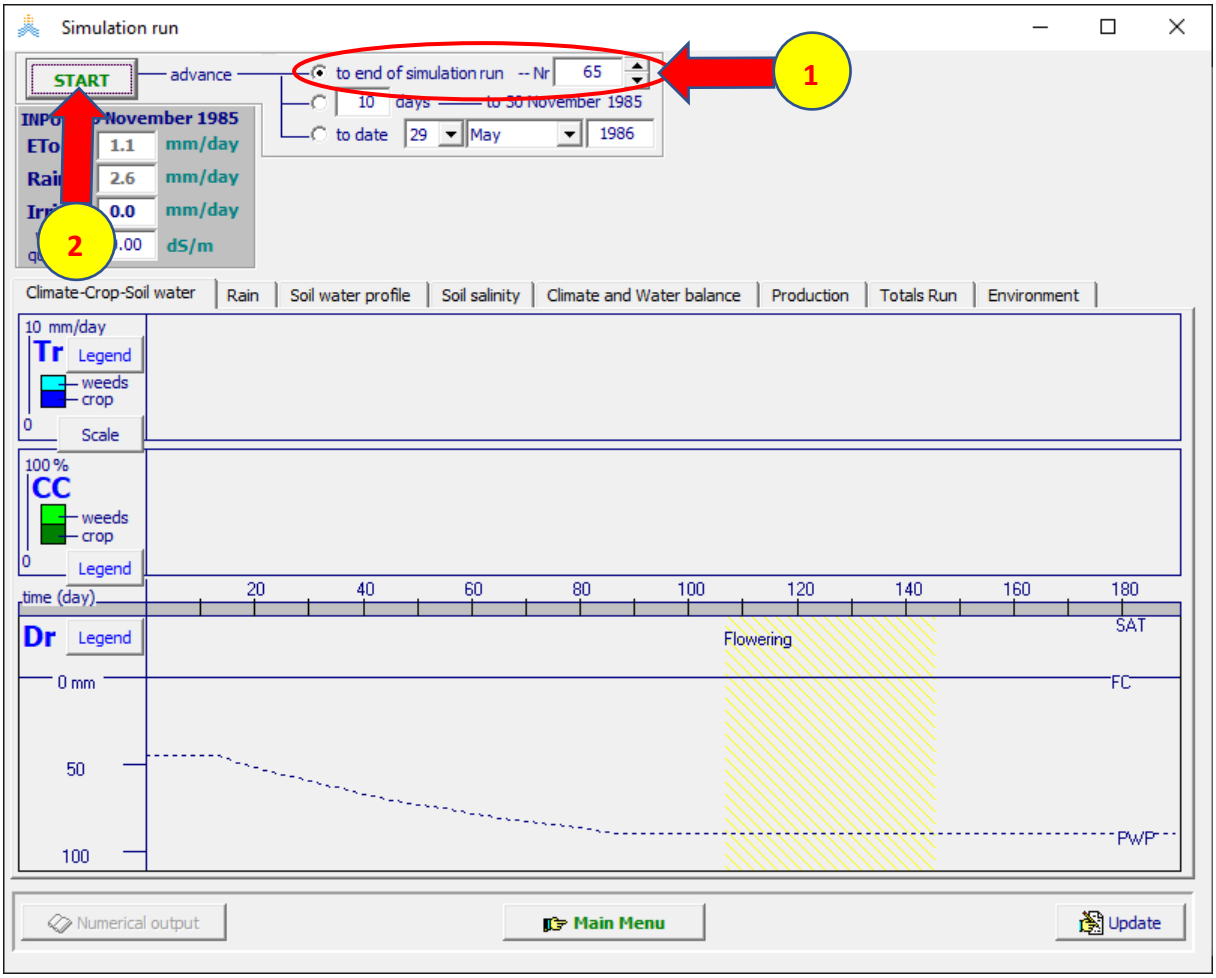
1. اختر الأمر **Create**
2. واحفظ المشروع باسم **MarchouchECEarth8.5**
3. اختر **Save**



في القائمة الرئيسية Main menu اختر الأمر Run لتشغيل المحاكاة

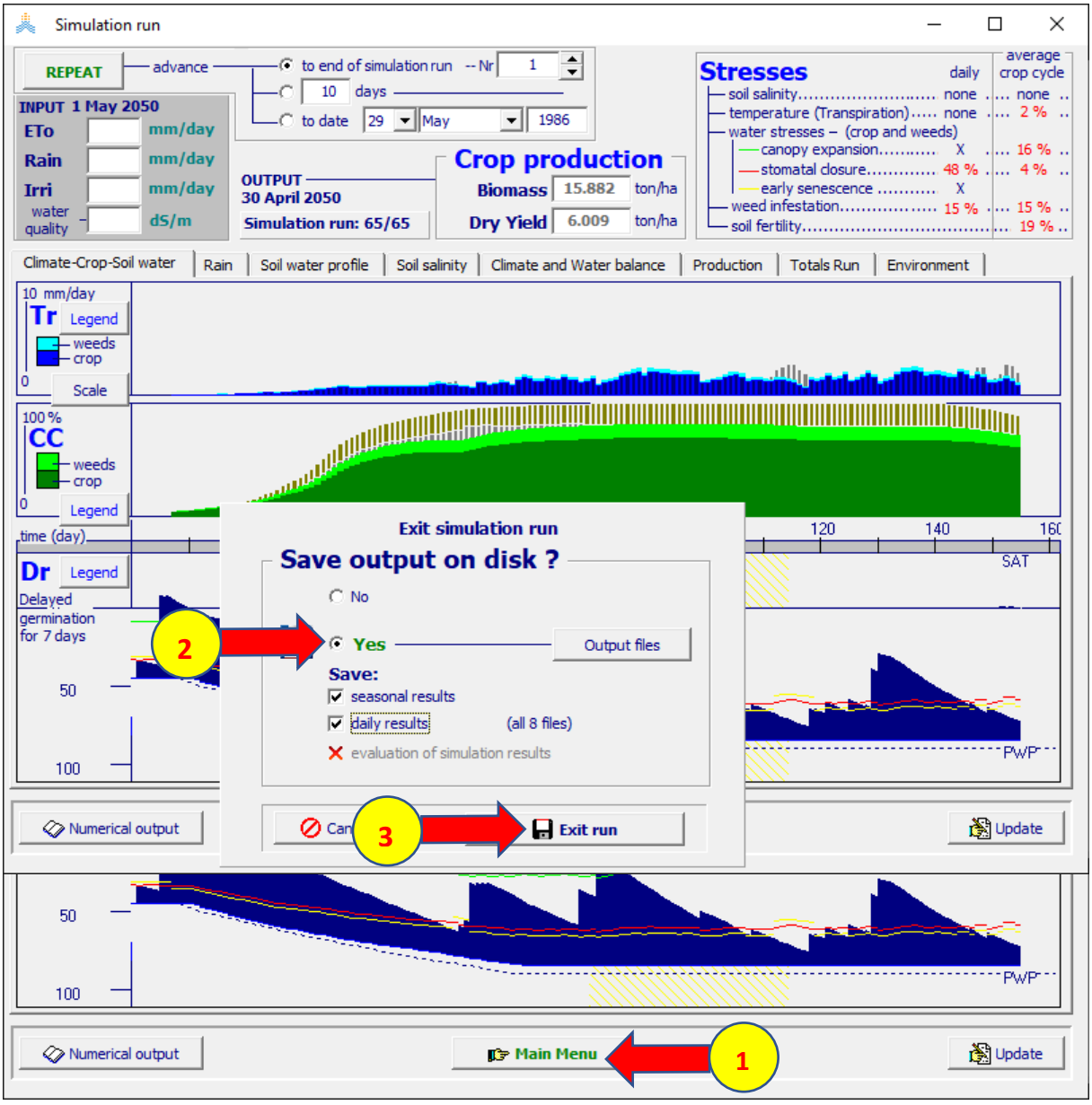


1. اختر الخيار حتى نهاية المحاكاة رقم (to end of simulation run-Nr)
2. حدد رقم المحاكاة 65 ثم اختر الأمر ابدأ START

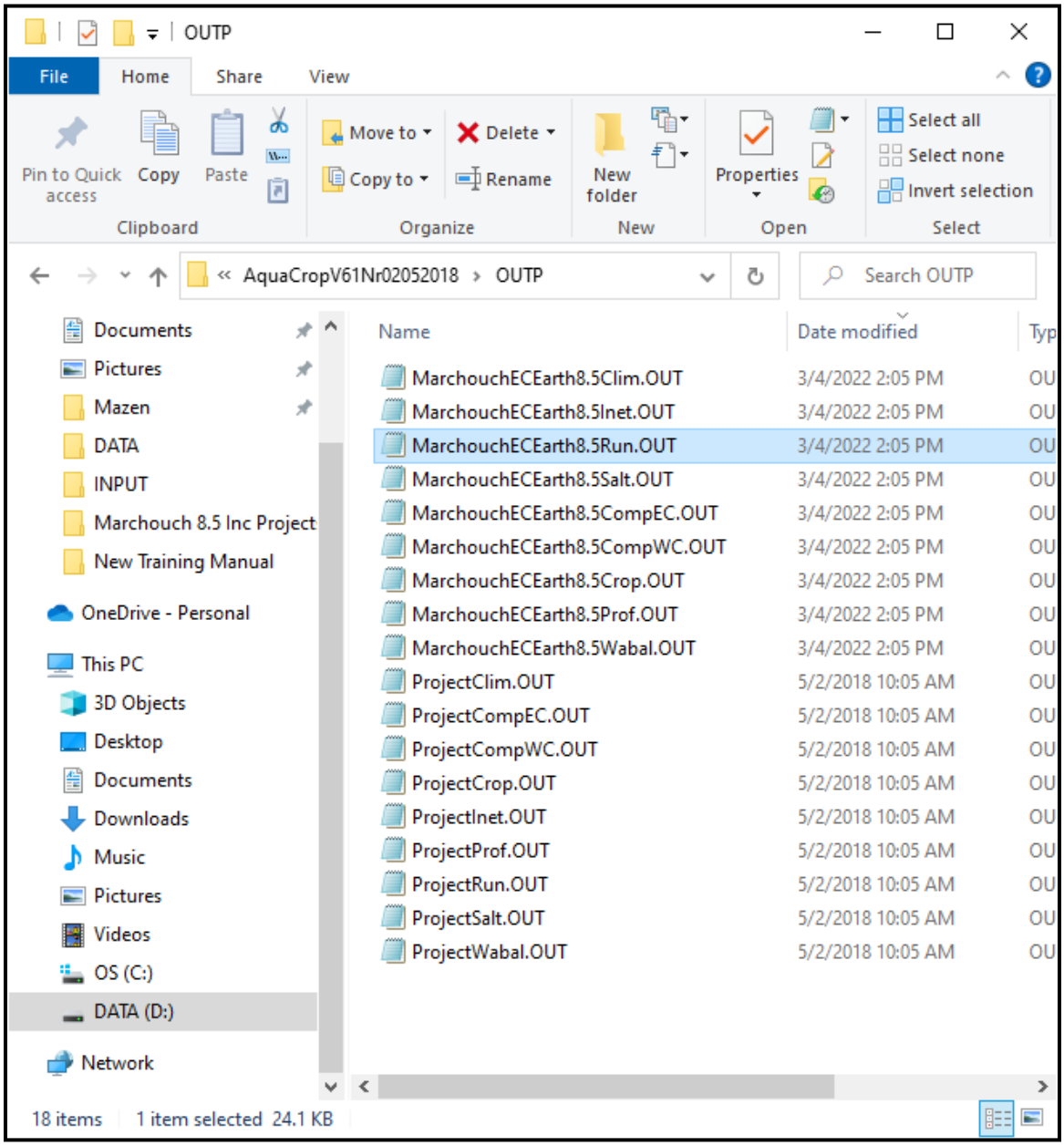


عند انتهاء المحاكاة

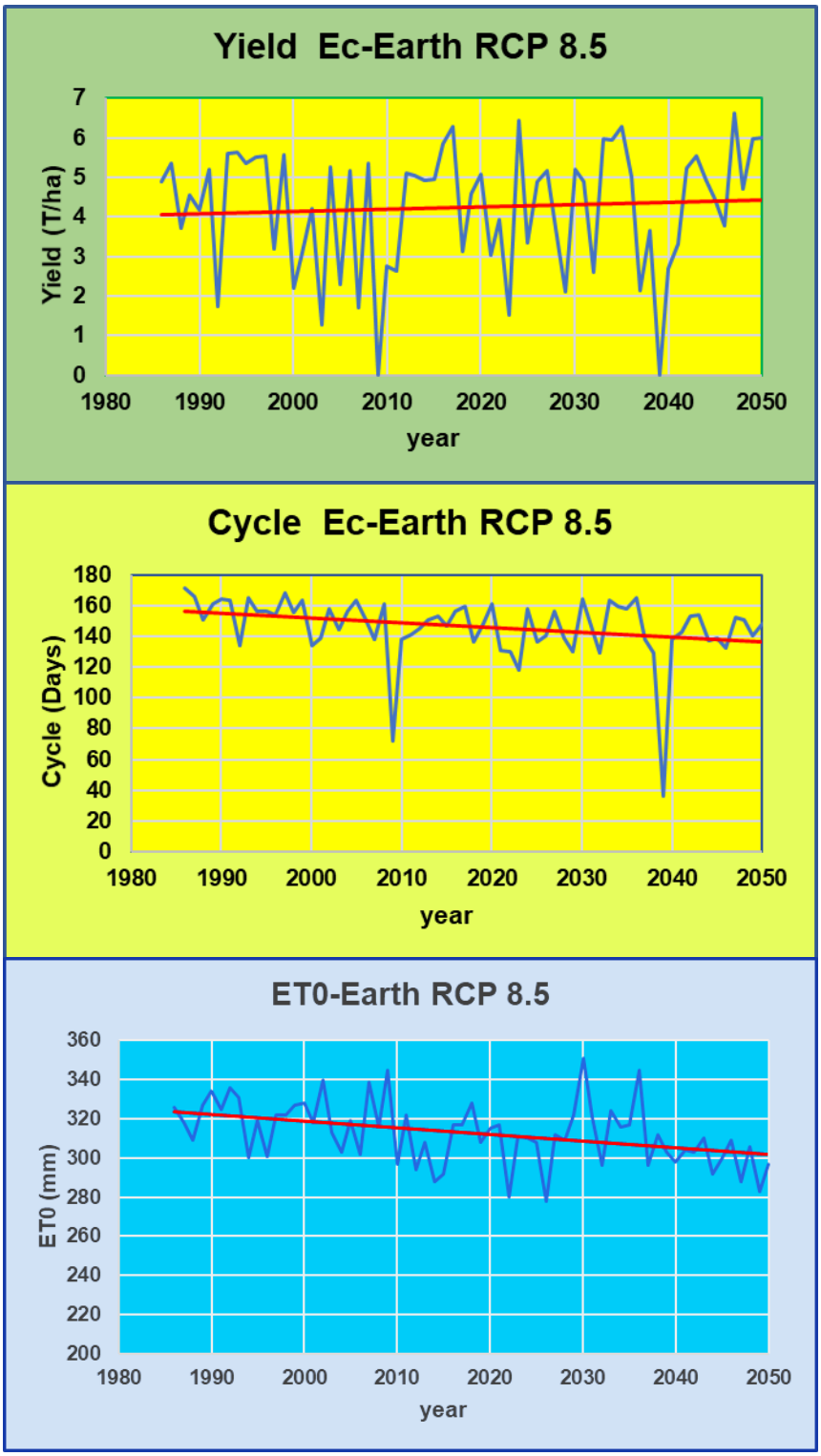
1. اختر الأمر القائمة الرئيسية Main Menu
2. اختر موافق Yes
3. اختر خروج Exit Run لحفظ نتائج المحاكاة



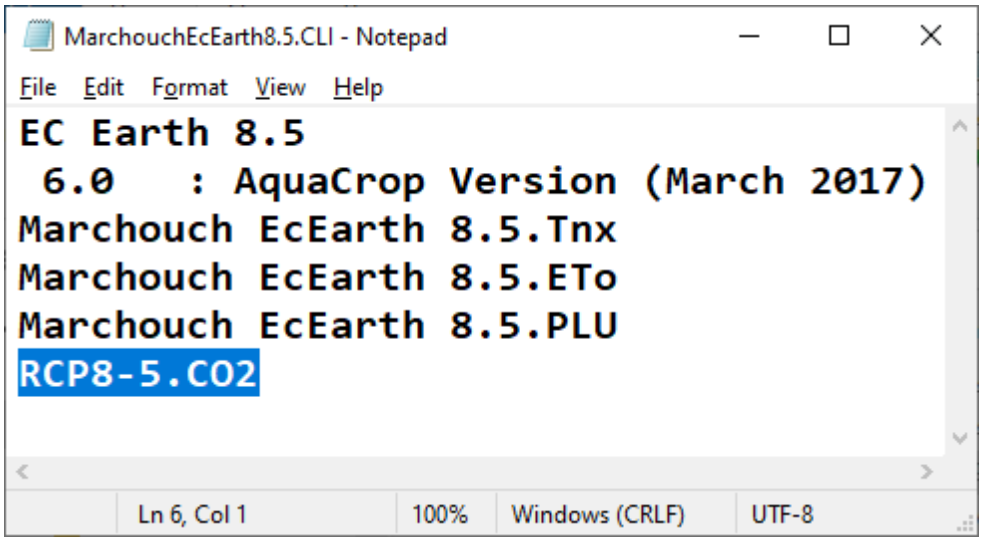
تحفظ النتائج افتراضيا في المجلدOUTP ضمن مجلد AquaCrop كما هو ظاهر في الشكل

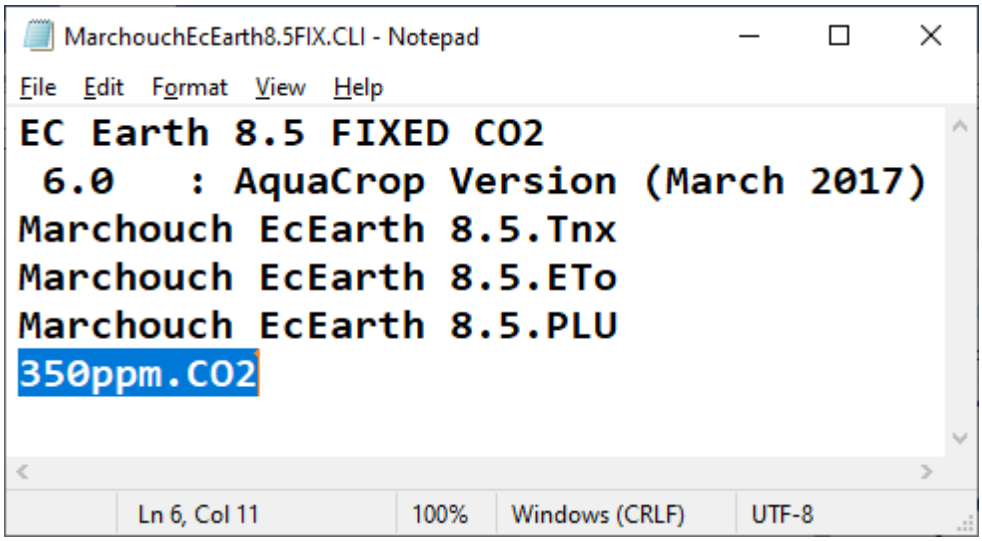


ارسم العلاقة بين السنوات وكل من الإنتاجية (Yield) وطول موسم النمو (Cycle) والاحتياج المائي (ET0) باستخدام برنامج Excel



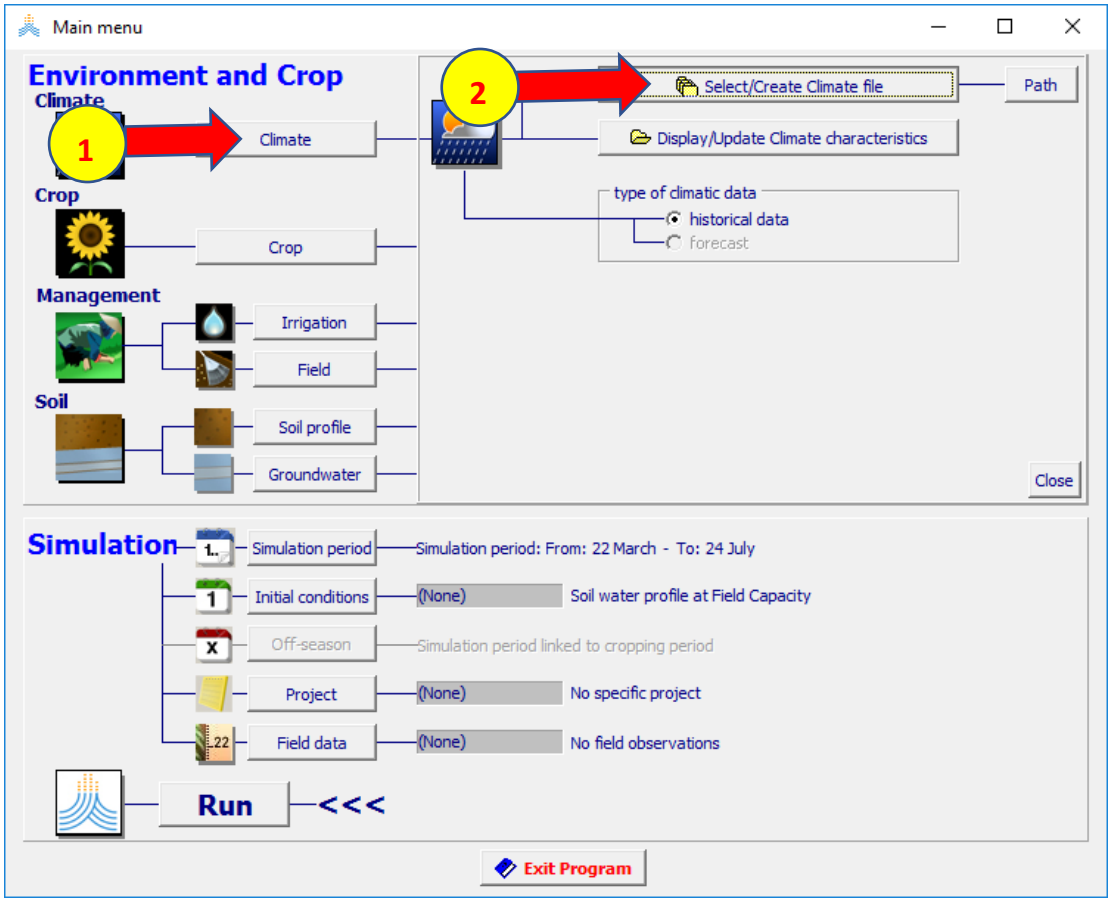
لإعادة المحاكاة باستخدام قيمة ثابته لتركيزCO2 يساوي 350 ppm (لاستبعاد أثر ارتفاع تركيز Co2 على زيادة الإنتاجية)، يجب إنشاء مشروع جديد باستخدام الملف المناخي العام MarchouchEcEarth8.5FIX.CLI والذي يختلف عن الملف المناخي العام MarchouchEcEarth8.5.CLI المستخدم في المشروع السابق بالملف الذي يحدد قيم تركيز Co2 خلال سنوات المحاكاة





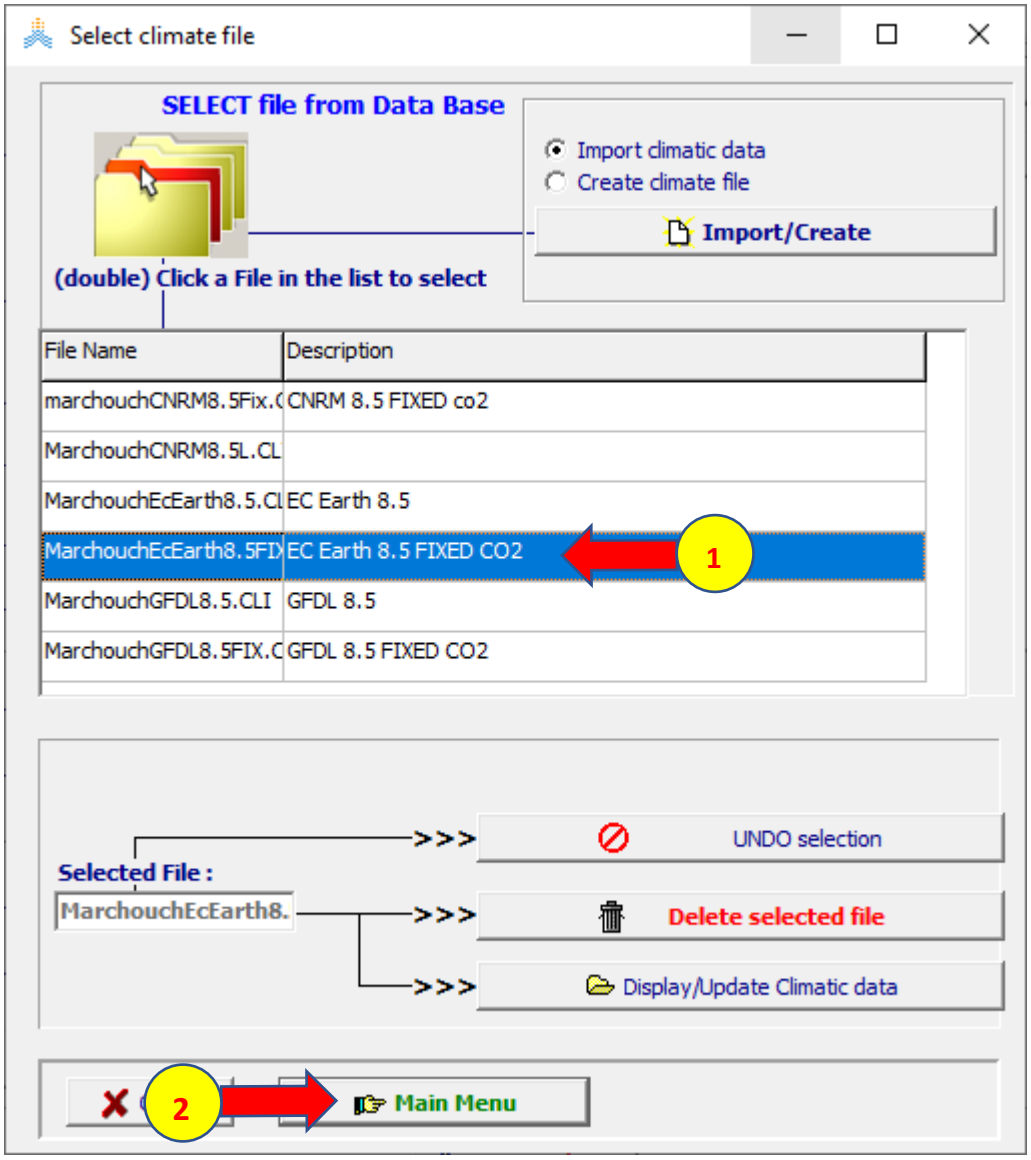
في القائمة Main menu:

1. اختر الأمر Climate
2. اختر الأمر Select/Create Climate file



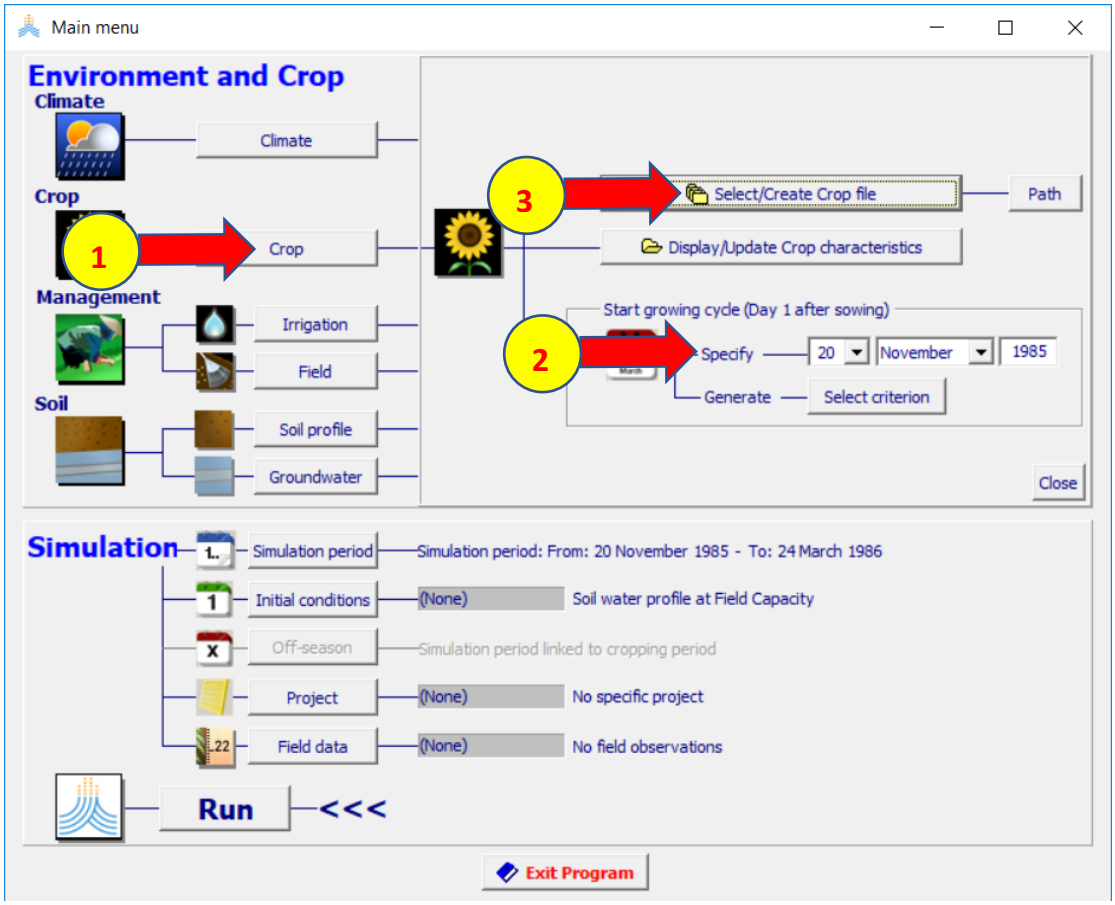
في القائمة Select climate file:

1. اختر الملف MarchouchEcEarth8.5FIX.CLI
2. اختر الأمر Main Menu



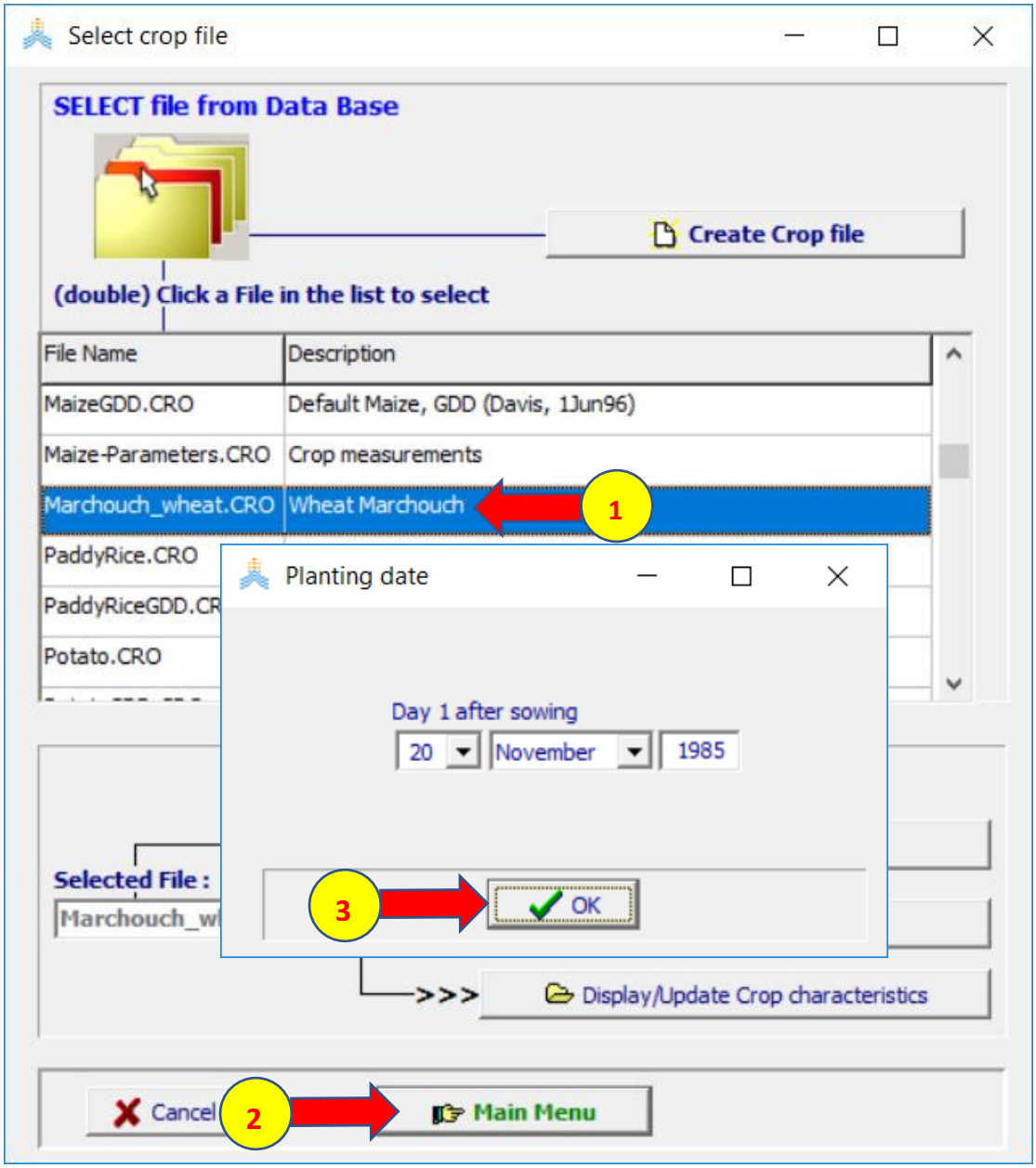
في القائمة Main menu:

1. اختر الأمرCrop ،
2. حدد Start growing cycle (Day 1 after sowing) بتاريخ 20 November 1985
3. ثم اختر الأمر Select/Create Crop file



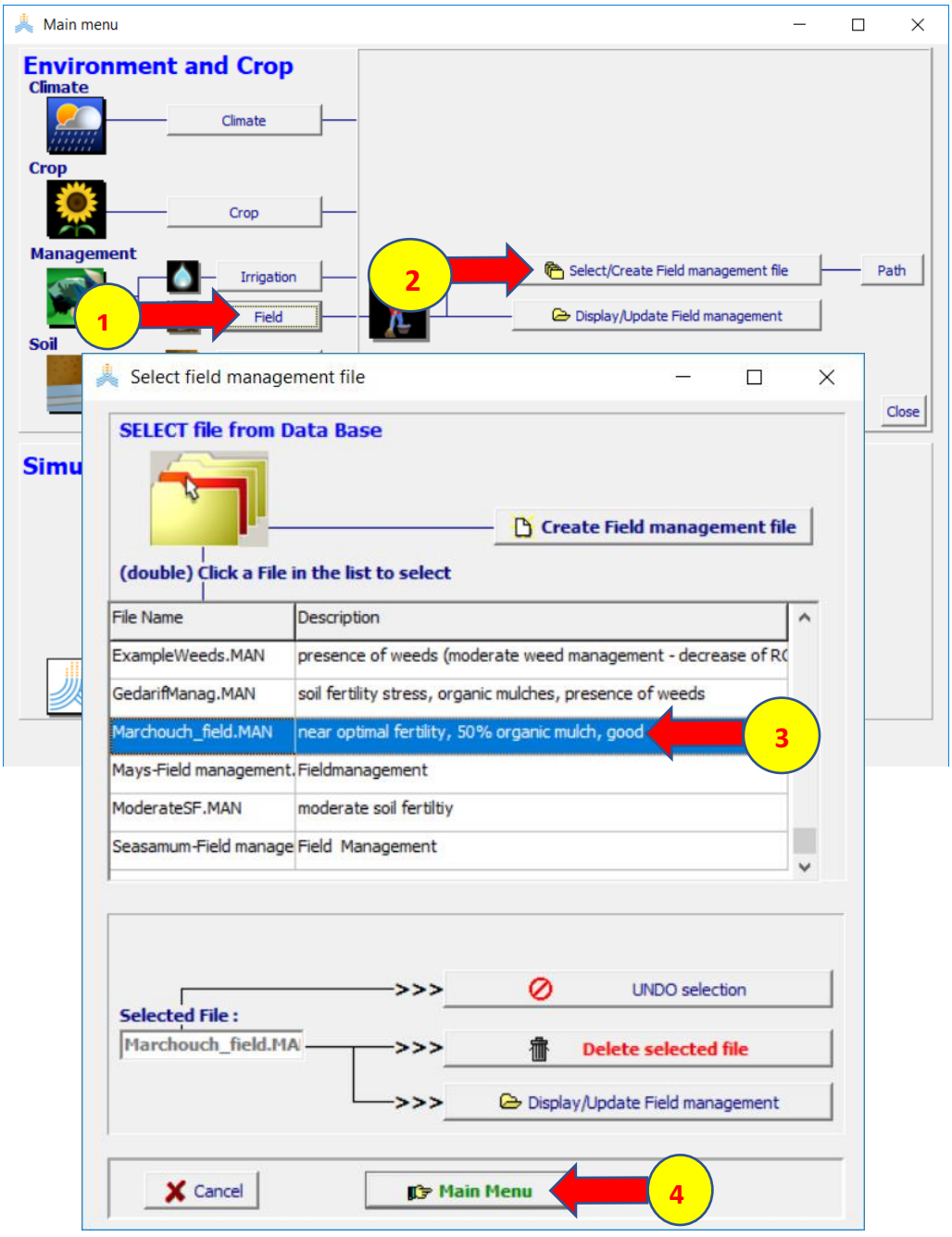
في القائمة Select crop file:

1. اختر الملف Marchouch_wheat.CRO
2. اختر الأمر Main Menu فتظهر نافذةPlanting date
3. اختر OK لتأكيد تاريخ الزراعة



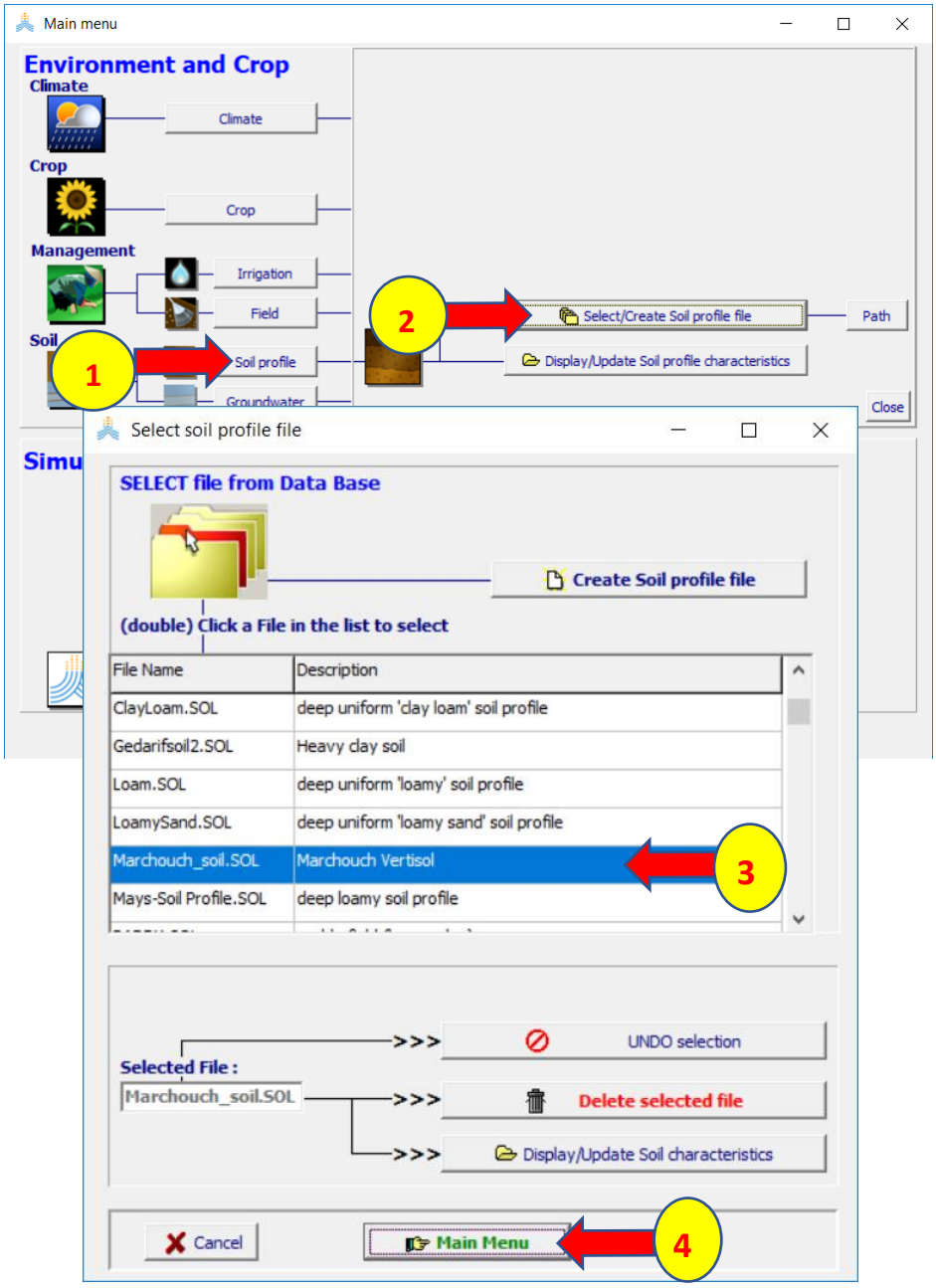
في القائمة Main menu:

1. اختر الأمر Field
2. الأمر Select/Create Field management file
3. اختر الملف Marchouch_field.MAN
4. اختر الأمر Main Menu



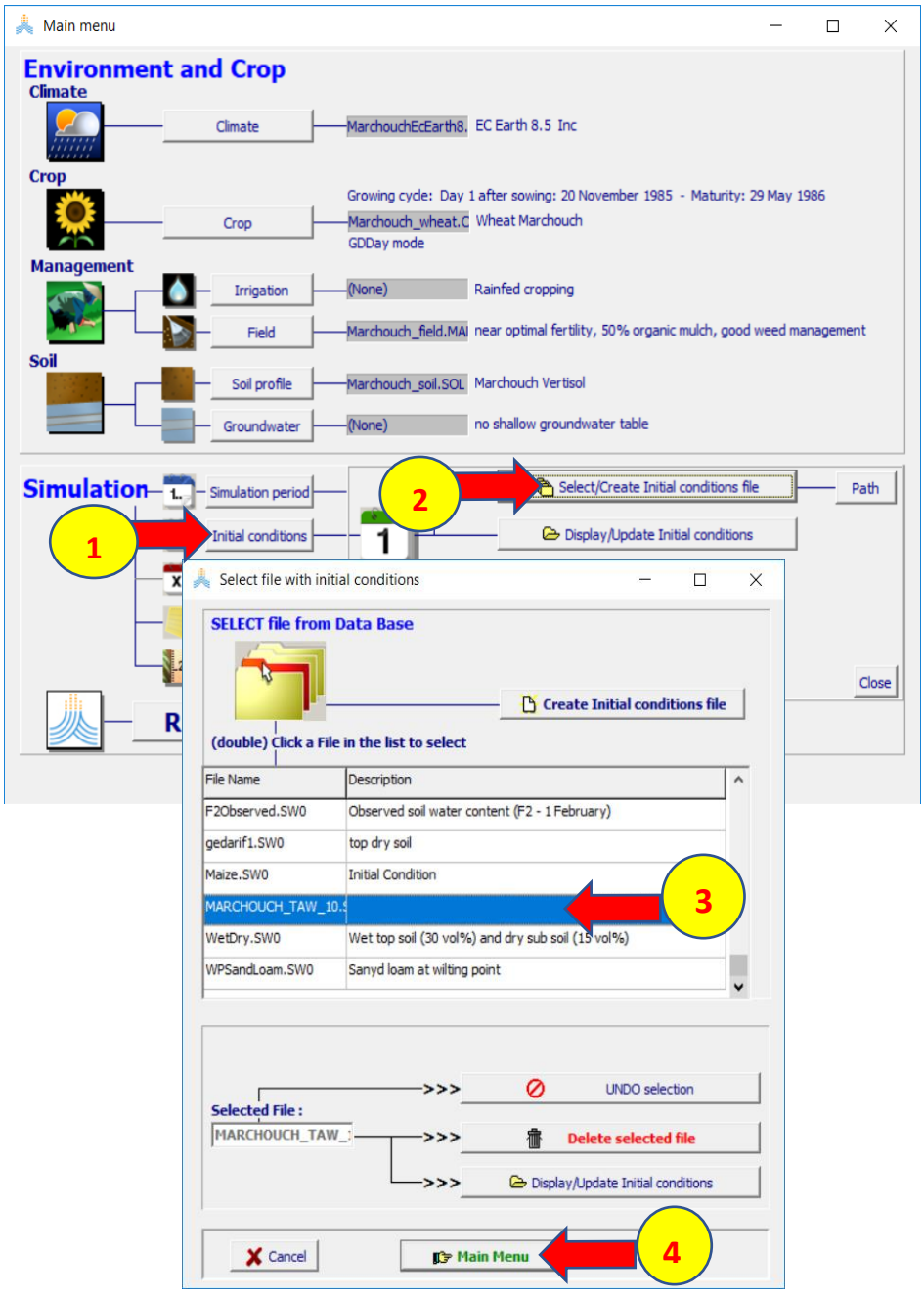
في القائمة Main menu:

1. اختر الأمر Soil Profile
2. اختر الأمر Select/Create Soil profile file
3. في القائمة Select soil profile file:
4. اختر الملف Marchouch_soil.SOL
5. اختر الأمر Main Menu.



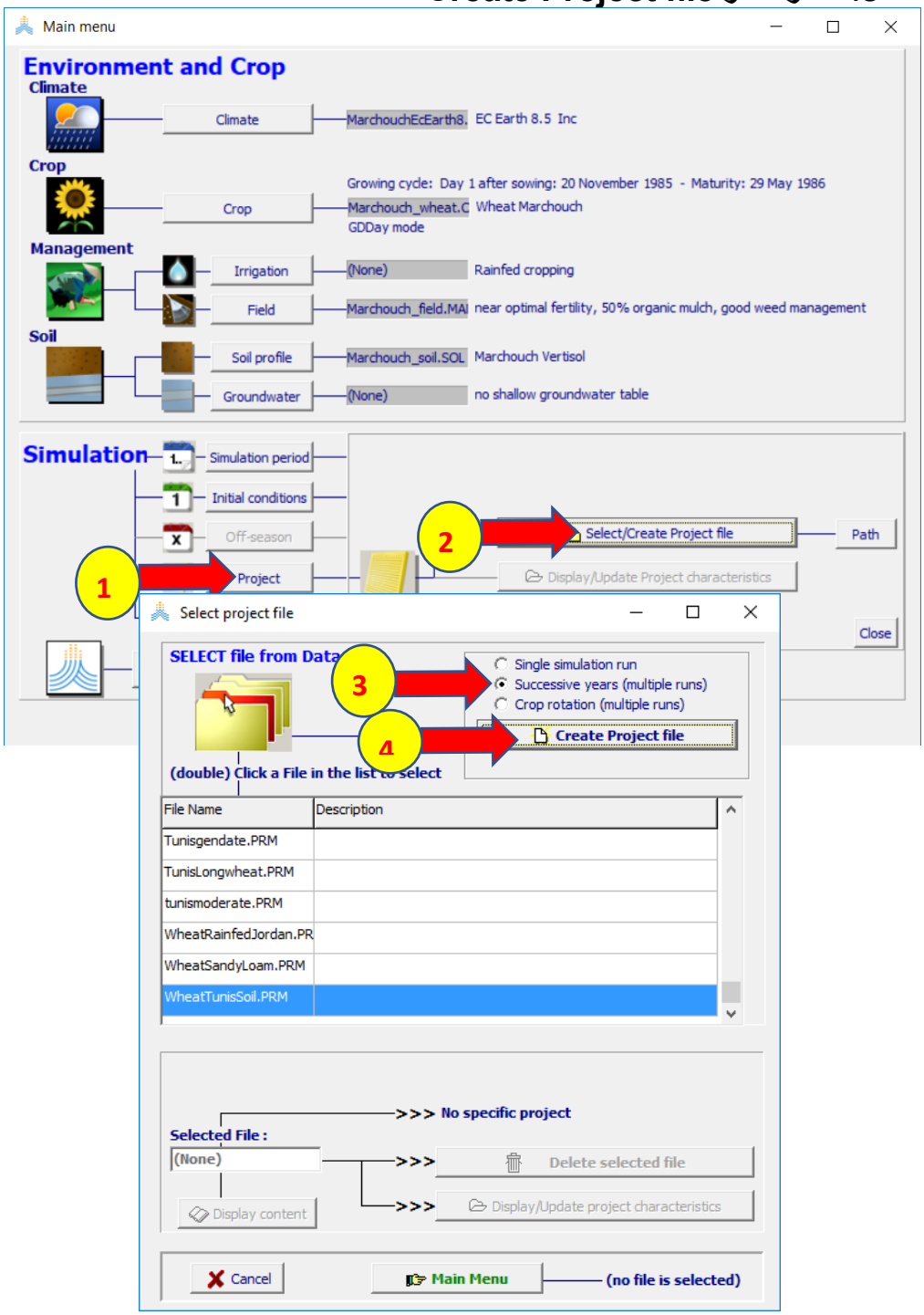
في القائمة Main menu:

1. اختر الأمر **Initial conditions**
2. اختر الأمر **Select/Create Initial conditions file**
3. في القائمة **Select file with initial conditions:**
4. اختر الملف **MARCHOUCH_TAW_10.SW0**
5. اختر الأمر **Main Menu**

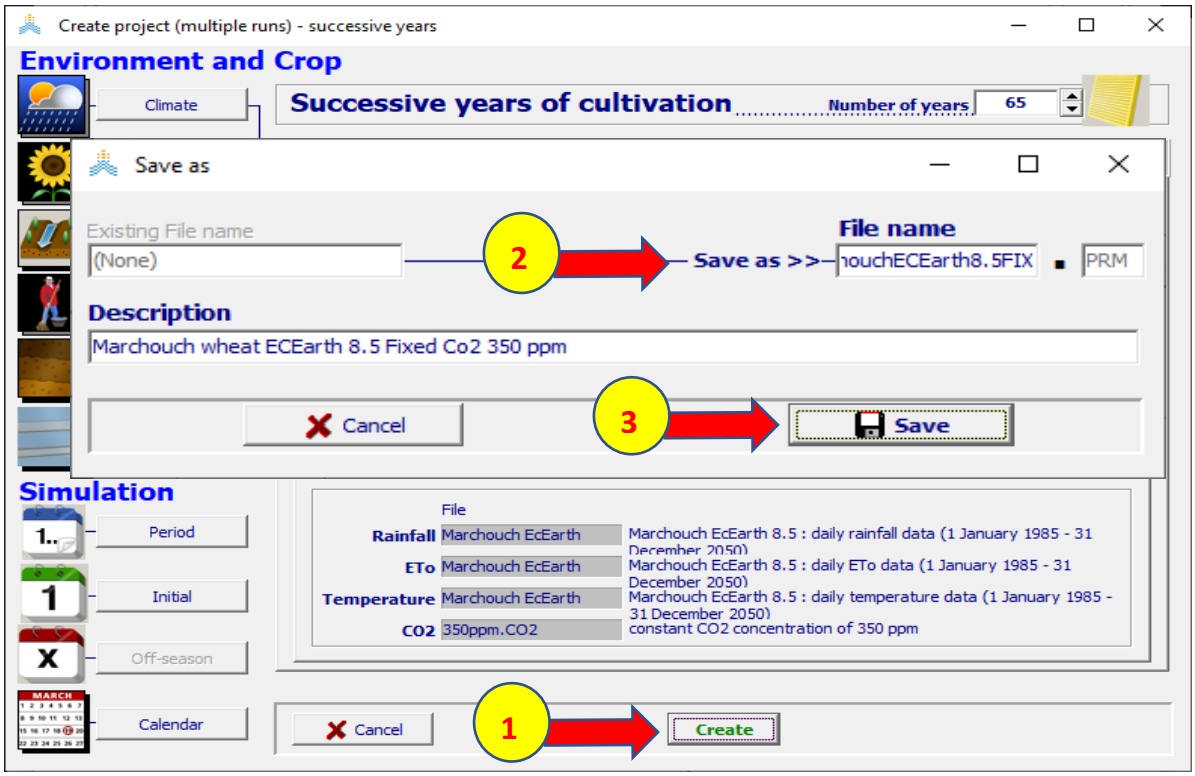


في قائمة Main menu

1. اختر الأمر Project
2. اختر الأمر Select/Create Project file
3. في قائمة Select project file
4. حدد الخيار Successive years
5. اختر الأمر Create Project file

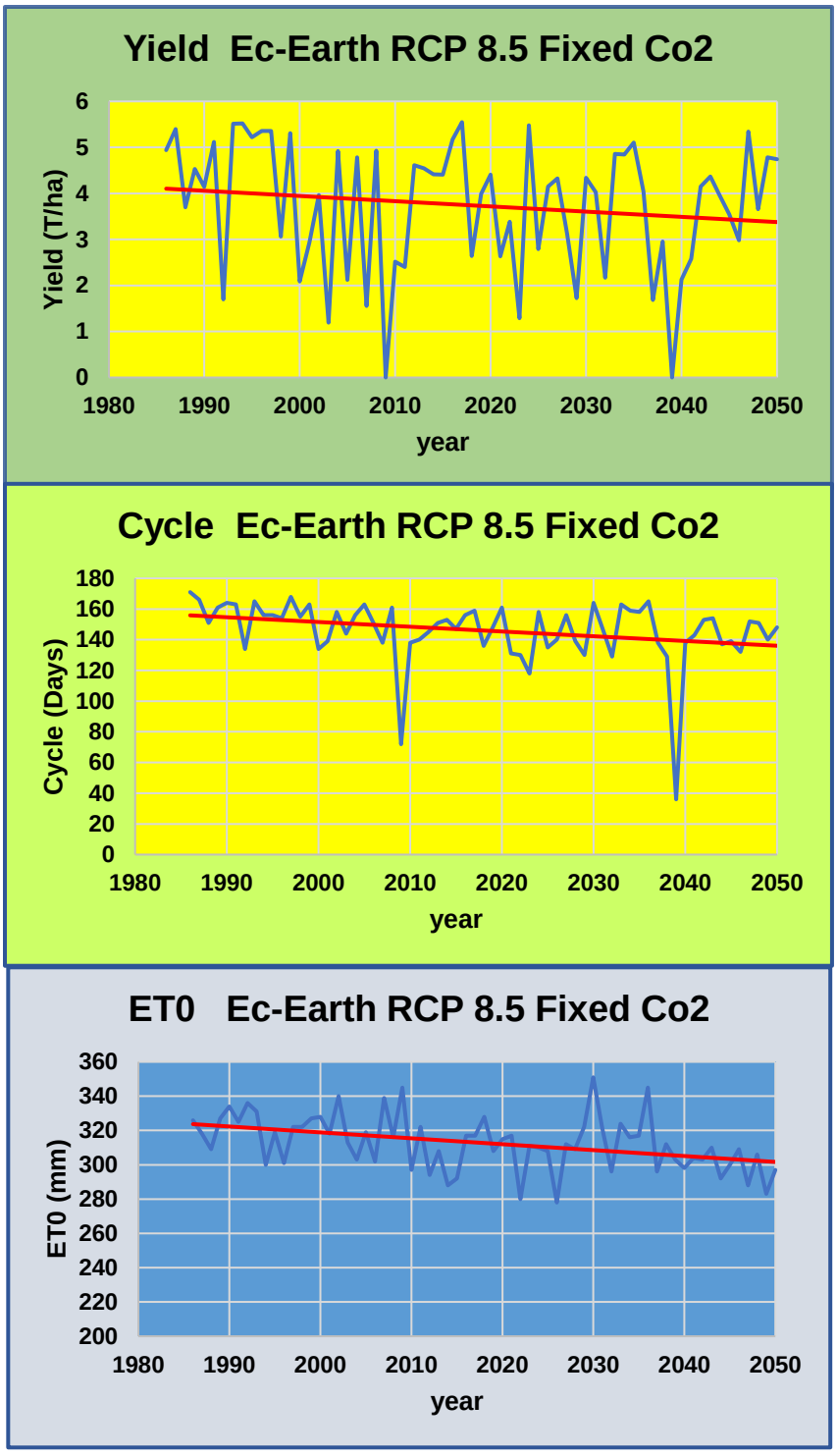


1. اختر الأمر Create
2. واحفظ المشروع باسم MarchouchECEarth8.5FIX



شغل المحاكاة كما في المشروع السابق.

ارسم العلاقة بين السنوات وكل من الإنتاجية (Yield) وطول موسم النمو (cycle) والاحتياج المائي (ET0) باستخدام برنامج Excel



بمقارنة نتائج المشروعين نجد أن الإنتاجية التي كانت تميل للارتفاع في المشروع السابق أصبحت تميل للانخفاض في المشروع الحالي الذي يستبعد (بتثبيت قيمة تركيز ثاني اكسيد الكربون) المبالغة المحتملة في تأثير هذا التركيز على زيادة الإنتاجية.

التمرين الخامس: معايرة البارامترات غير المحافظة لمحصول القمح في ولاية نابل (Nabuel) في تونس

إعداد وتشغيل مشروع لمحاكاة تطور الغطاء النباتي والإنتاجية لمحصول القمح المروي في منطقة نابل في تونس باستخدام بيانات لثلاثة مواسم 2011-2010 و 2012-2011 و 2012 – 2013 من حقل مرجعي ينمو فيه محصول القمح في ظروف مثالية (لاإجهاد مائي – لاإجهاد خصوبة – لاإجهاد حيوي بالأمراض أو الآفات)

المعطيات:

لموقع الحقل المرجعي في نابل في تونس

كل المعطيات المتوفرة للموقع موجودة في الملف المرفق Nabuel Dataset.xlsx وهي:

البيانات المناخية:

بيانات مناخية يومية (حرارة صغرى , حرارة عظمى, هطول مطري، إشعاع شمسي، سرعة رياح، متوسط الرطوبة النسبية اليومي) من بداية 2010 حتى نهاية 2013, وقد تم تحضير ملفات المدخلات المناخية لبرنامج AquaCrop بالأسماء التالية:
الملف المناخي العام Nabuel.CLI,و ملفات البيانات المناخية اليومية Nabuel.TNX, Nabuel.PLU،Nabuel.ETo .
البيانات المناخية في الملفات المذكورة أعلاه يومية تغطي الفترة من 1 كانون الثاني/ Jan 2010 حتى 31 كانون الأول/ Dec 2013 .

خصائص التربة:
ملف التربة Nabule.SOL المؤلفة من طبقتين قوامها clay loam وسماكتها 1.5 م.

إدارة الري:
ثلاثة ملفات ري، واحد لكل موسم موجودة في الملفات , Nabuel_2.IRR Nabuel_1.IRR و Nabuel_3.IRR

خصائص المحصول:
موجودة في الصفحتين Crop و Green Canopy cover في الملف المرفق Nabuel Dataset.xlsx حيث ستستخدم هذه البيانات للمواسم الثلاثة لإنشاء ثلاثة ملفات محصول ثم تستخدم هذه الملفات لإنشاء ملف محصول نهائي للصنف المزروع Karim لاستخدامه في المحاكاة.
بيانات الإنتاجية:
القيم المقاسة للكتلة الحيوية والإنتاجية للمواسم الثلاثة في الصفحة Biomass and Yield لحساب مؤشر الحصاد HI0.

شروط إدارة الحقل:
ملف إدارة الحقل الافتراضي DEFUALT.MAN حيث خصوبة التربة ومكافحة الأعشاب الضارة في الحقل المرجعي مثالية.

الشروط الابتدائية:
الملف الافتراضي None والذي تكون فيه رطوبة التربة مساوية للسعة الحقلية FC لتربة الحقل المرجعي.

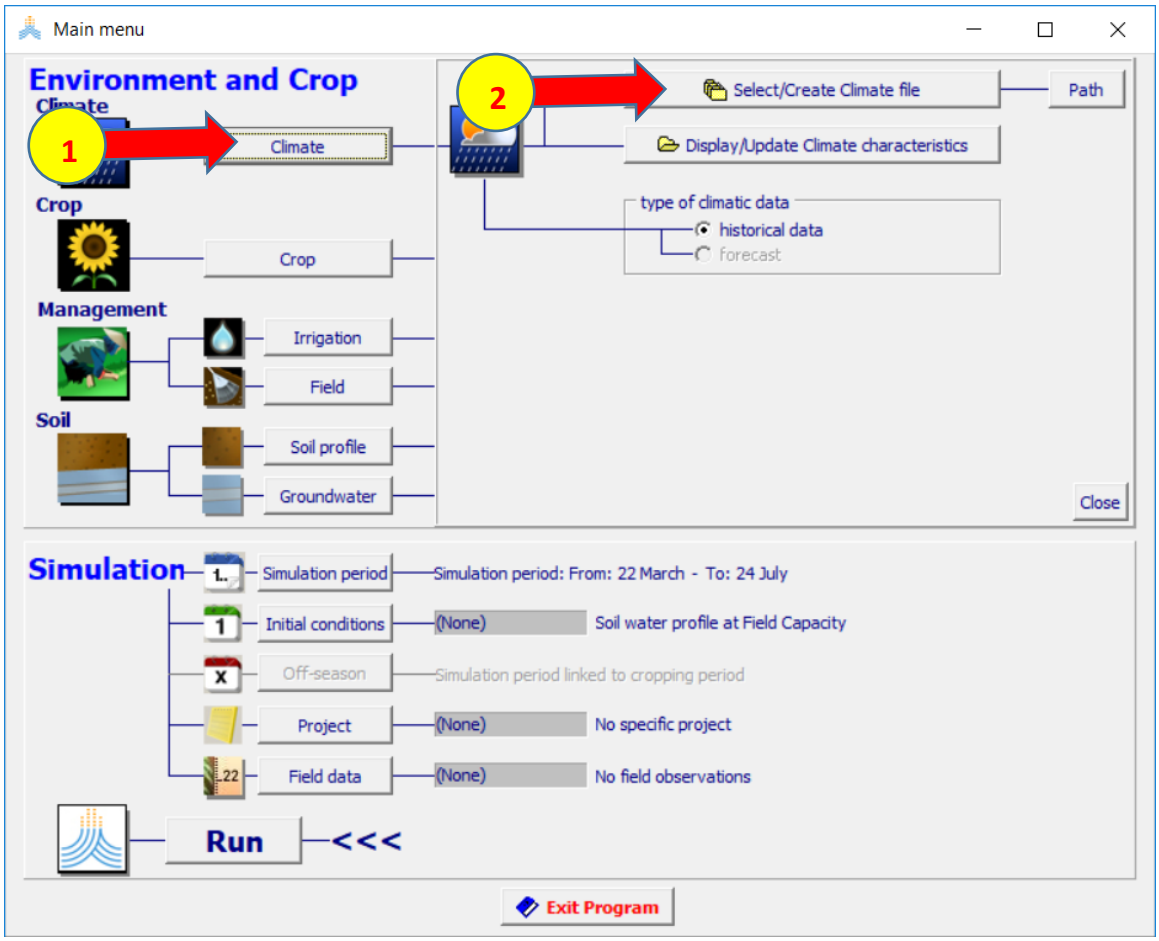
إعداد ملف محصول القمح صنف Karim من بيانات المواسم الثلاثة

اختيار الملف المناخي

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Climate.

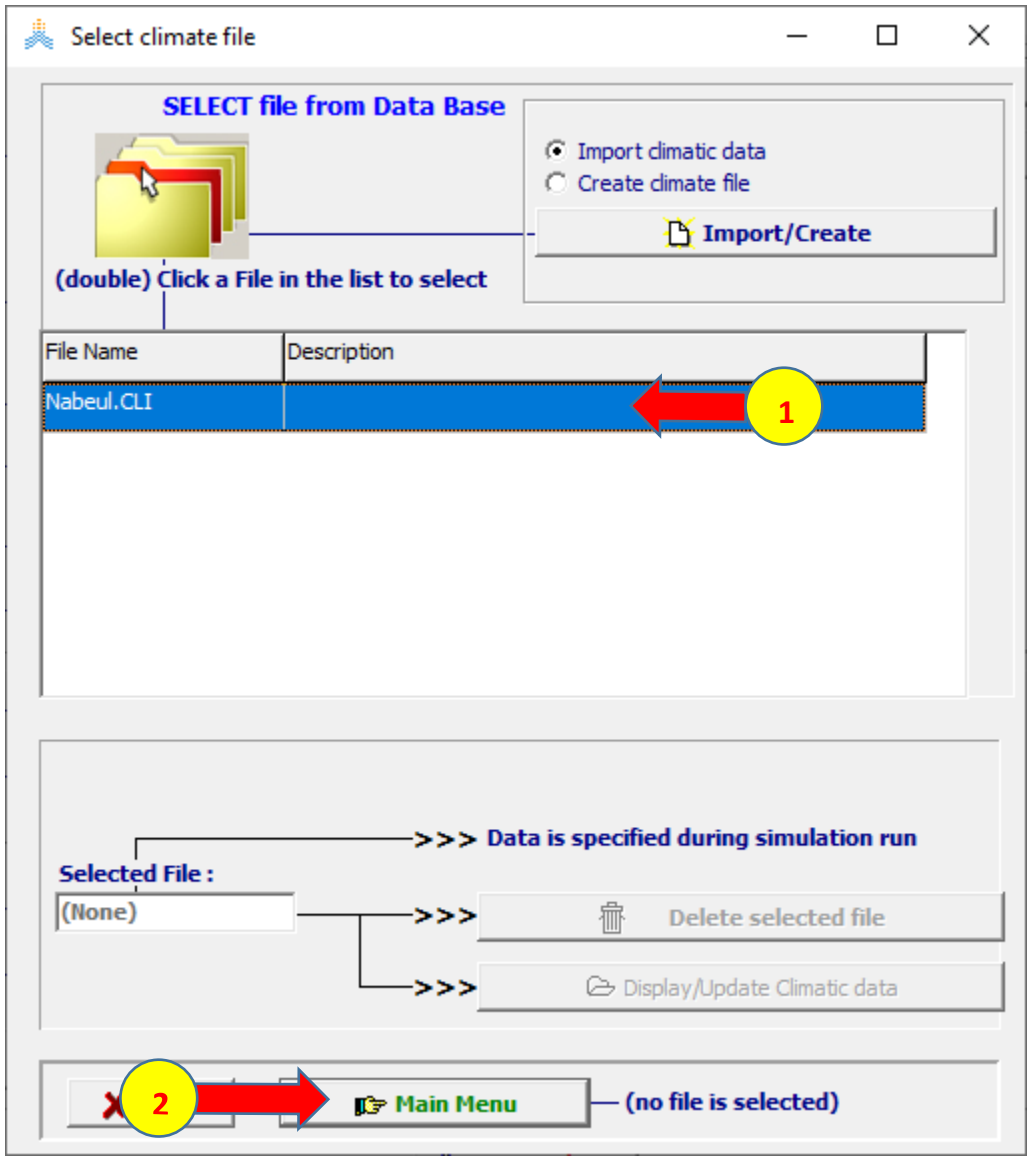
2- اختر الأمر Select/Create Climate file.



في الواجهة Select climate file:

1- اختر الملف Nabuel.CLI.

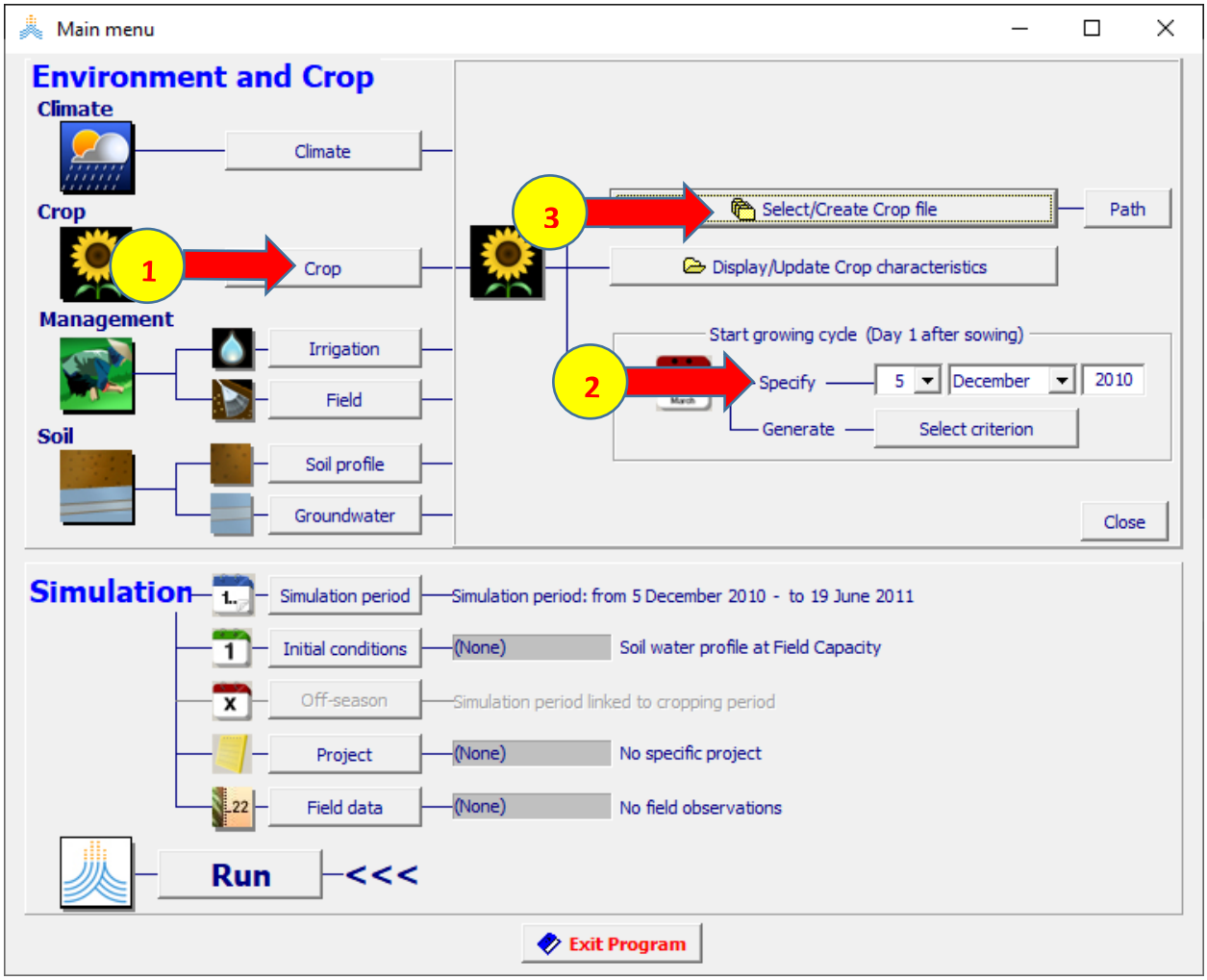
2- اختر الأمر Main Menu.



إعداد ملف المحصول للموسم الأول 2010-2011

في الواجهة Main menu:

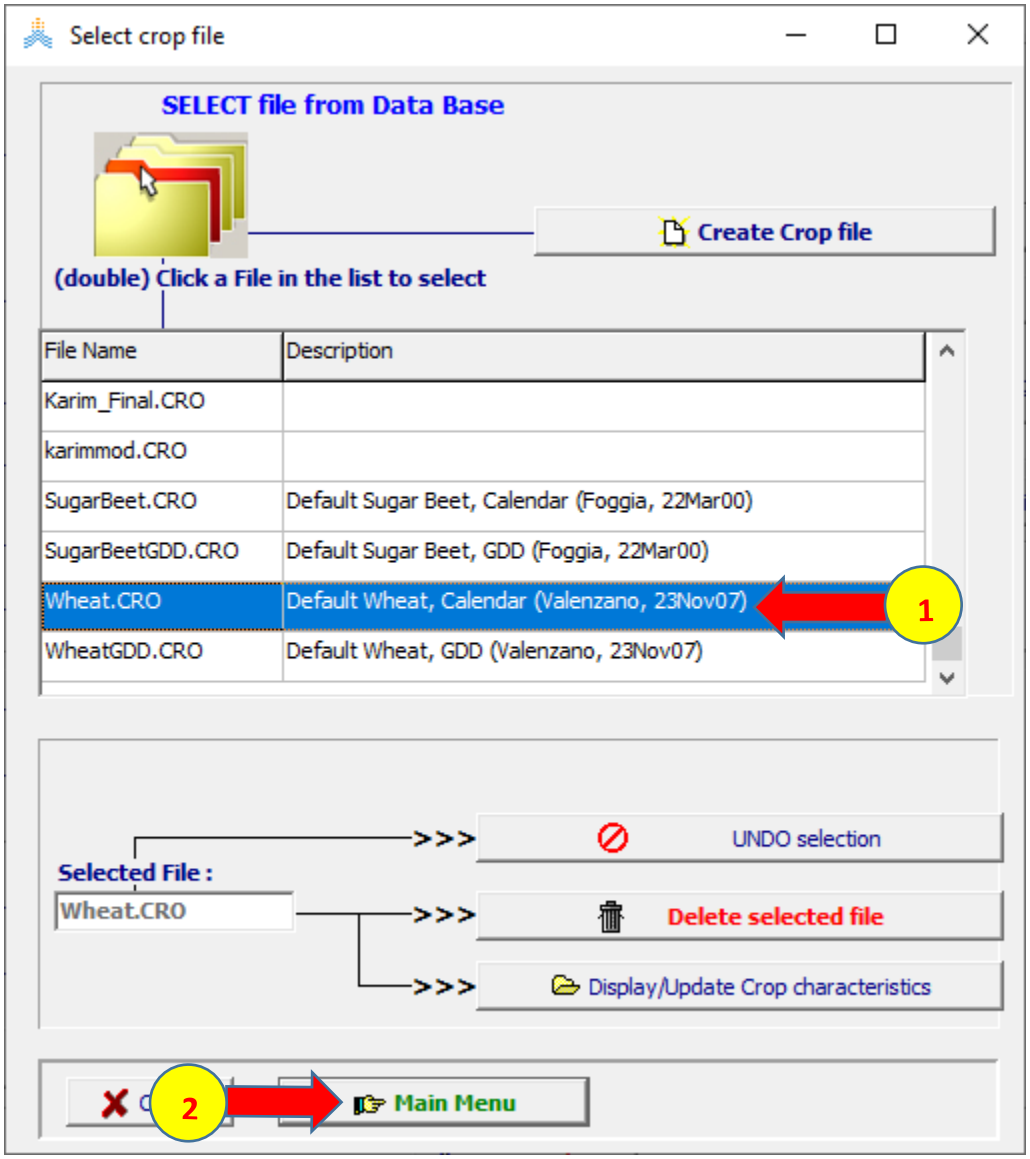
1- اختر الأمر Crop.
2- حدد تاريخ الزراعة 5 Dec 2010.
3- اختر الأمر Select/Create Crop file.



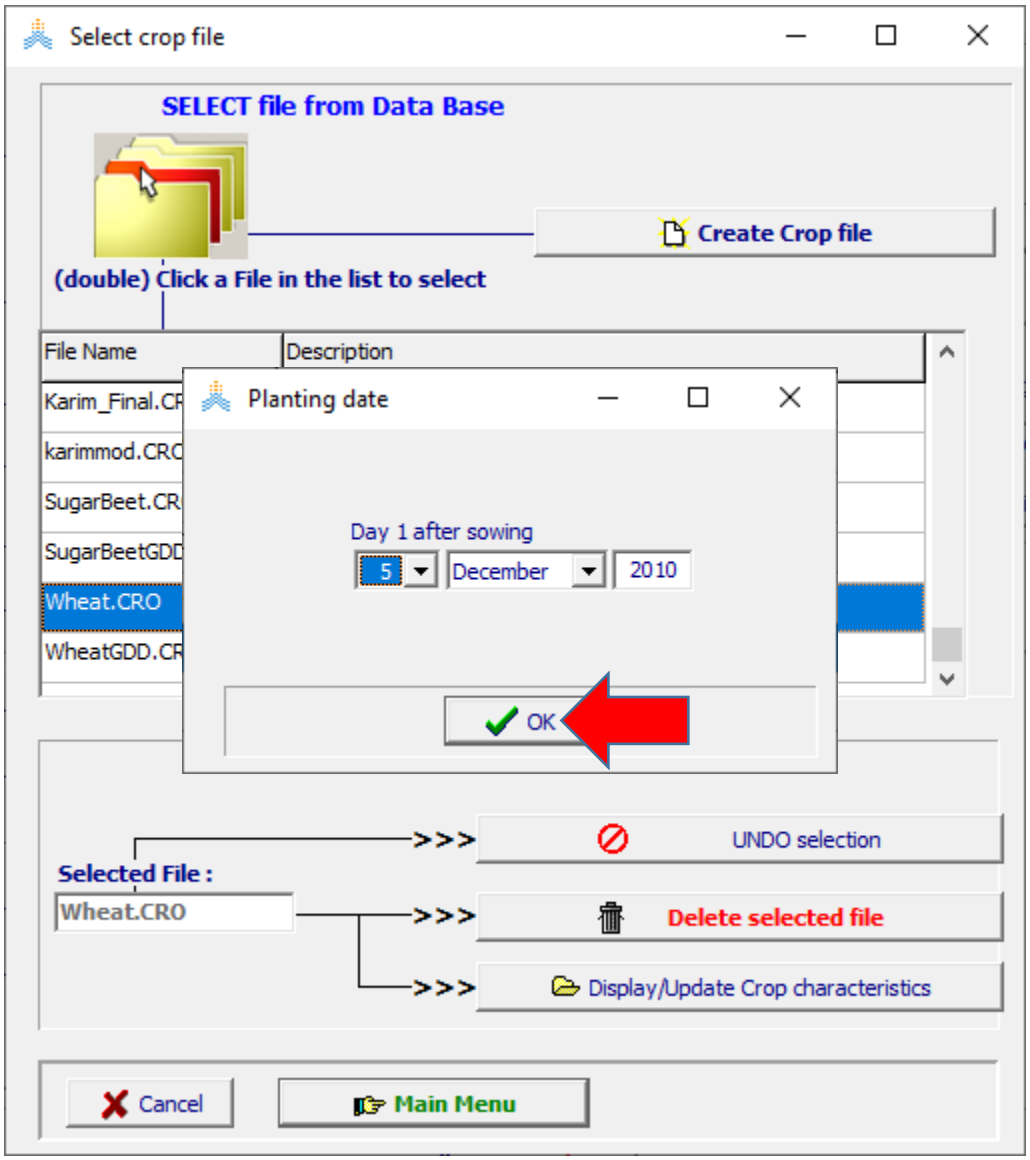
في الواجهة Select crop file:

1- اختر ملف المحصول Wheat.CRO المحفوظ بالتقويم اليومي Calendar.

2- اختر الأمر Main Menu.

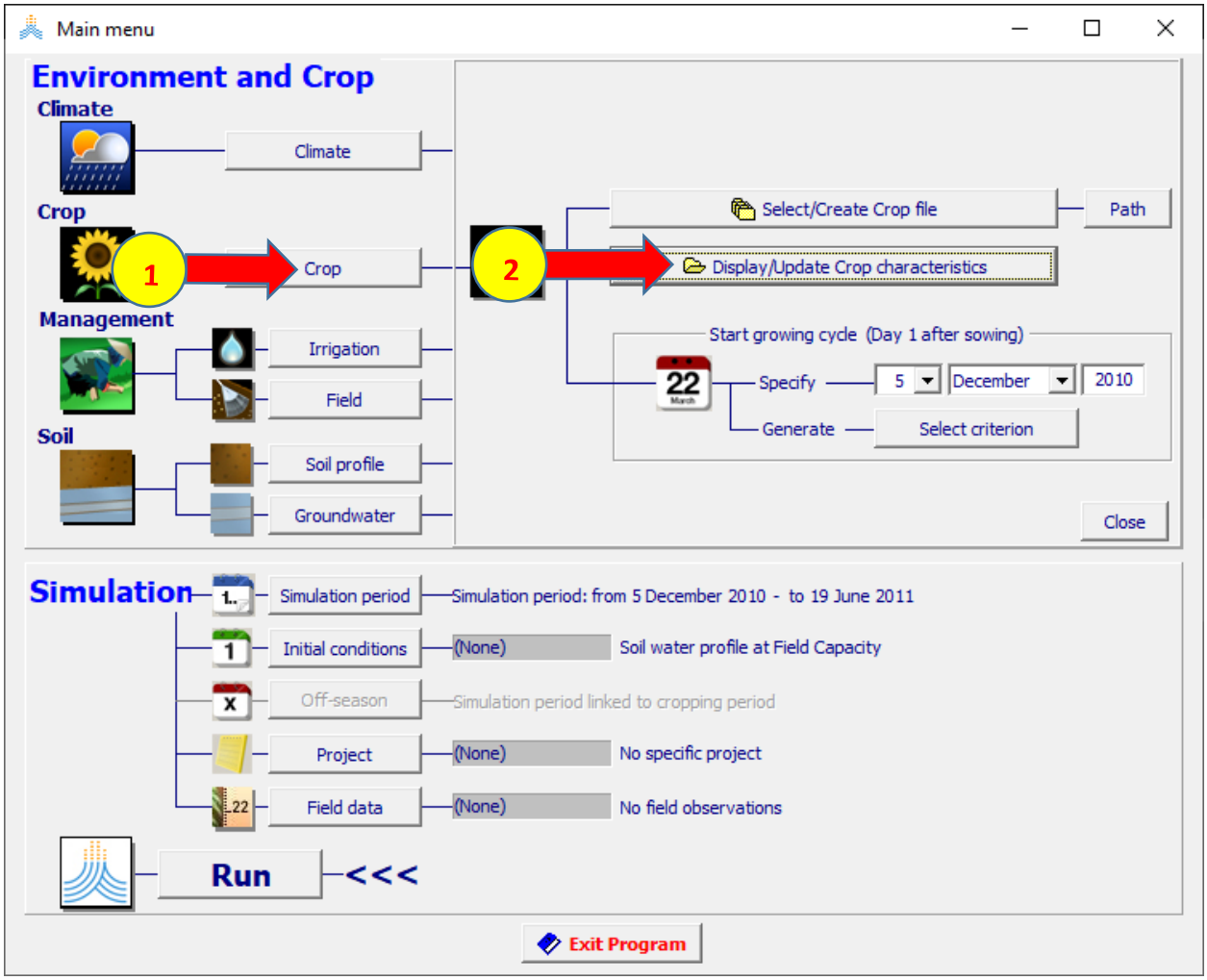


عند اختيار الأمر Main Menu تظهر نافذة Planting date اختر OK لتأكيد تاريخ الزراعة .



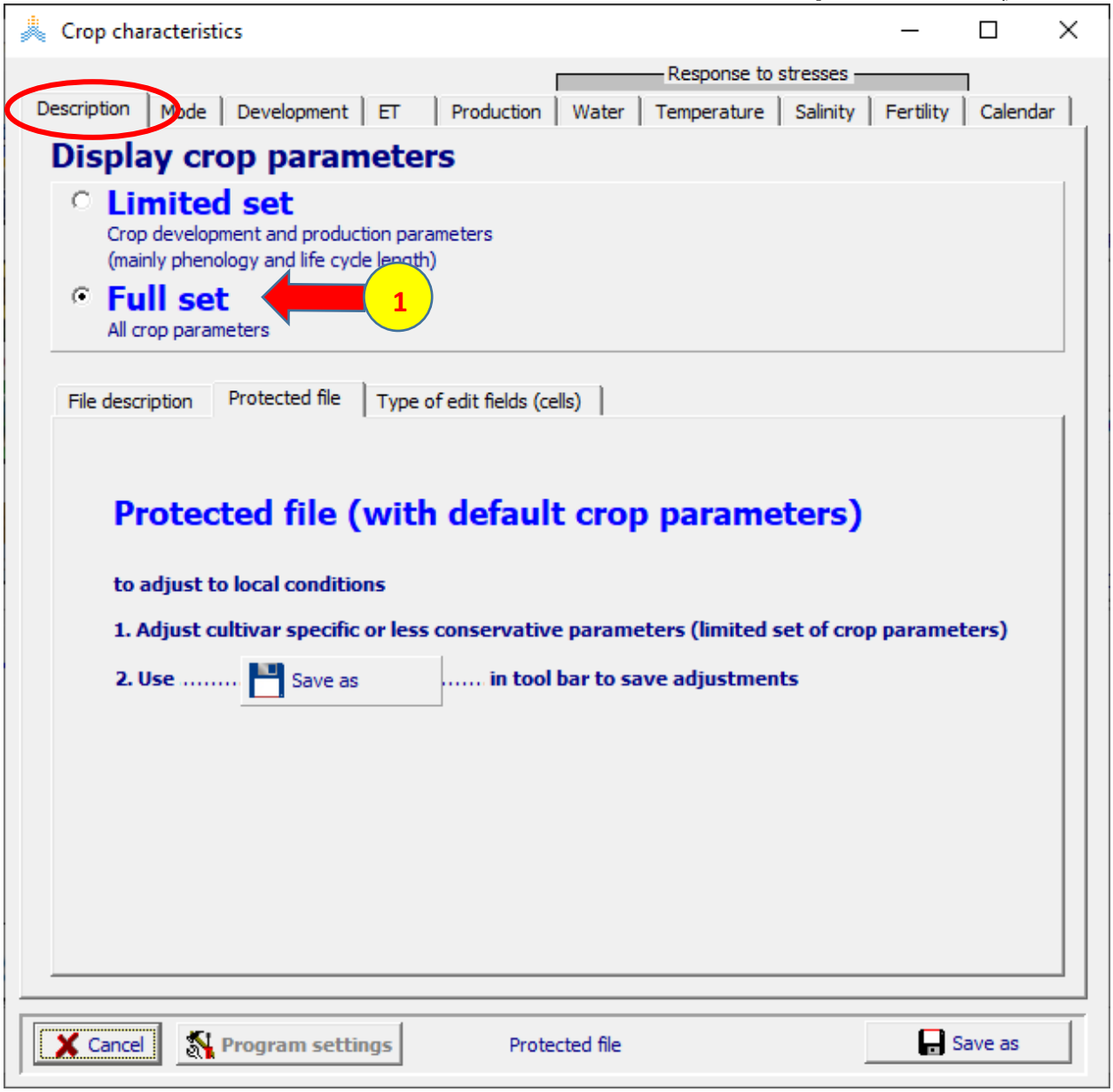
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Crop.
2- اختر الأمر Display/Update Crop characteristics.



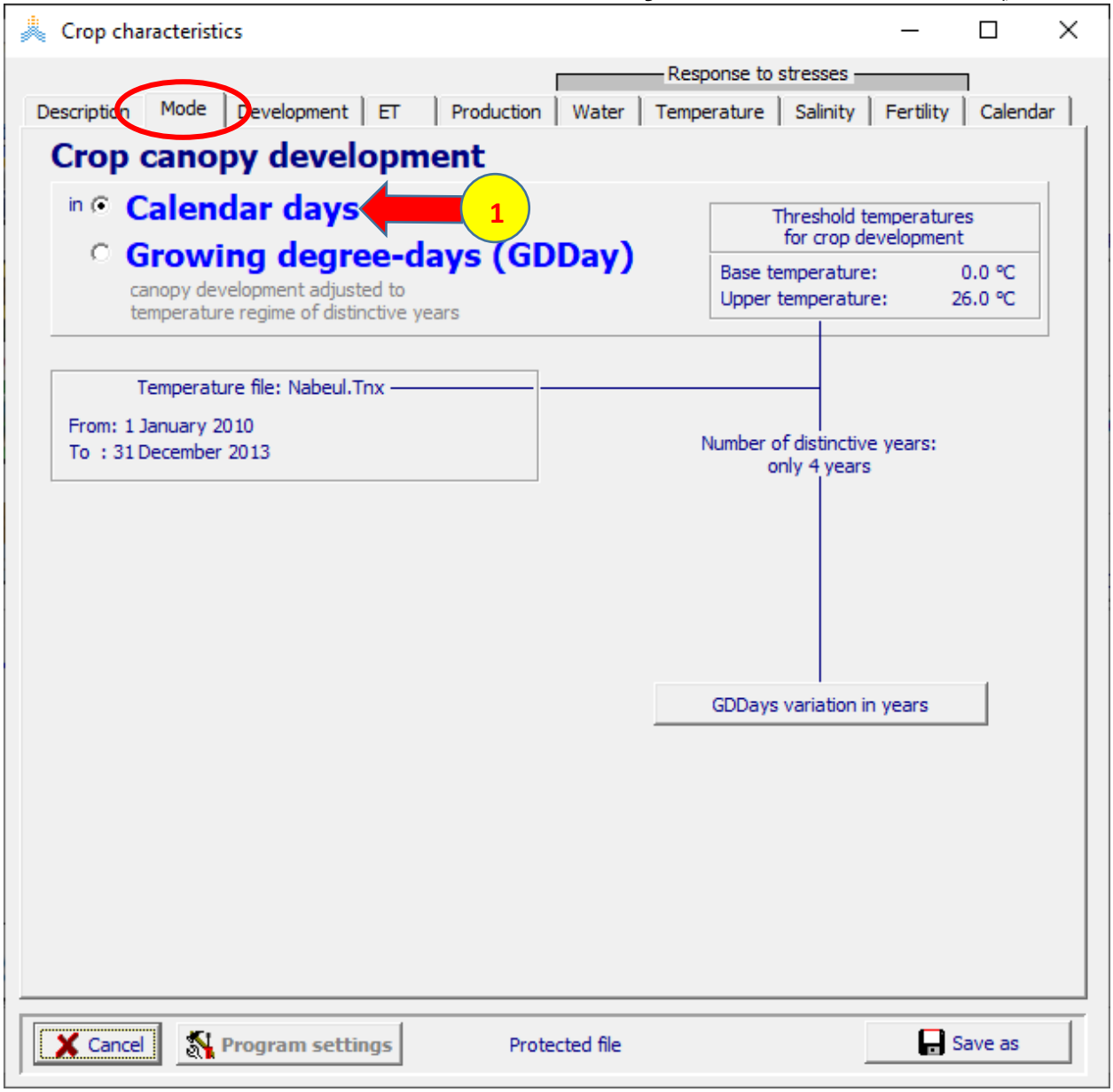
في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Description اختر الخيار Full set.



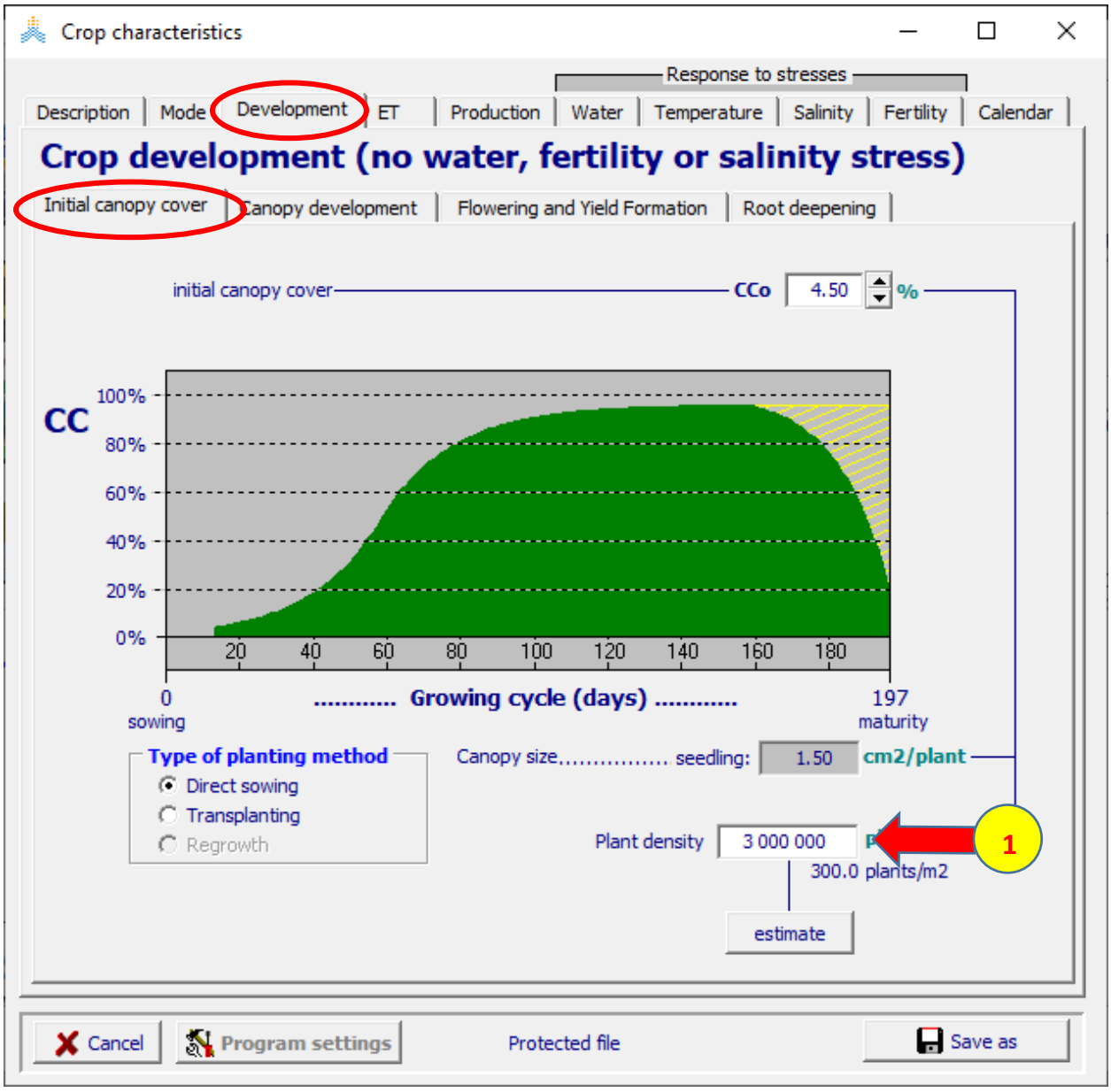
في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Mode ابق الخيار Calendar days.



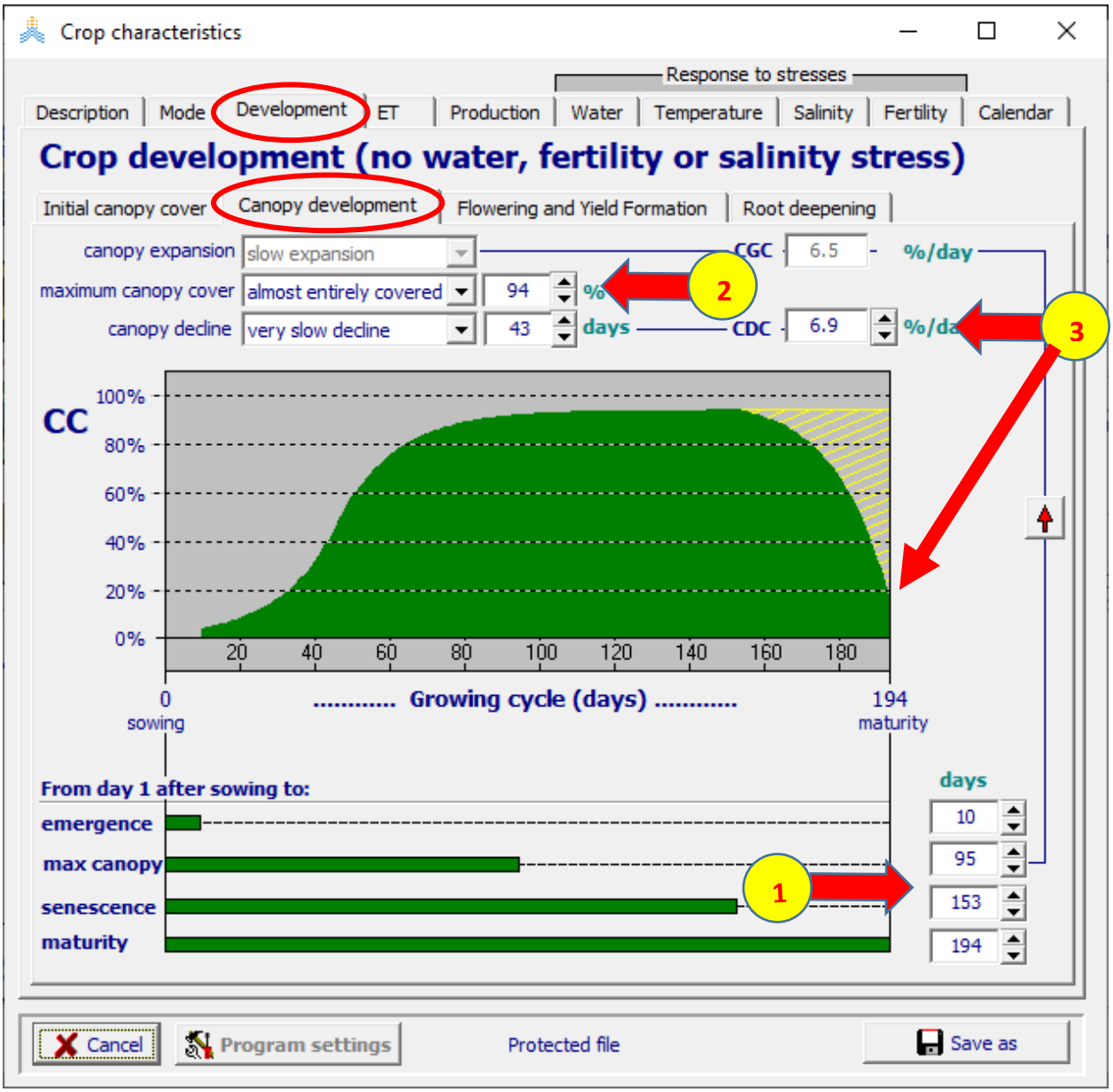
في الواجهة Development:
في الواجهة Initial canopy cover:

1- عدل Plant density إلى 3000000.



في الواجهة Development:
في الواجهة Canopy development:

1- حدد قيم emergence، max canopy، maturity, senescence
(10، 95، 153، 194) يوما على التوالي.
2- حدد قيمة maximum canopy cover (94).
3- عدل قيمة CDC حتى يصبح الغطاء النباتي عند النضج 20%.

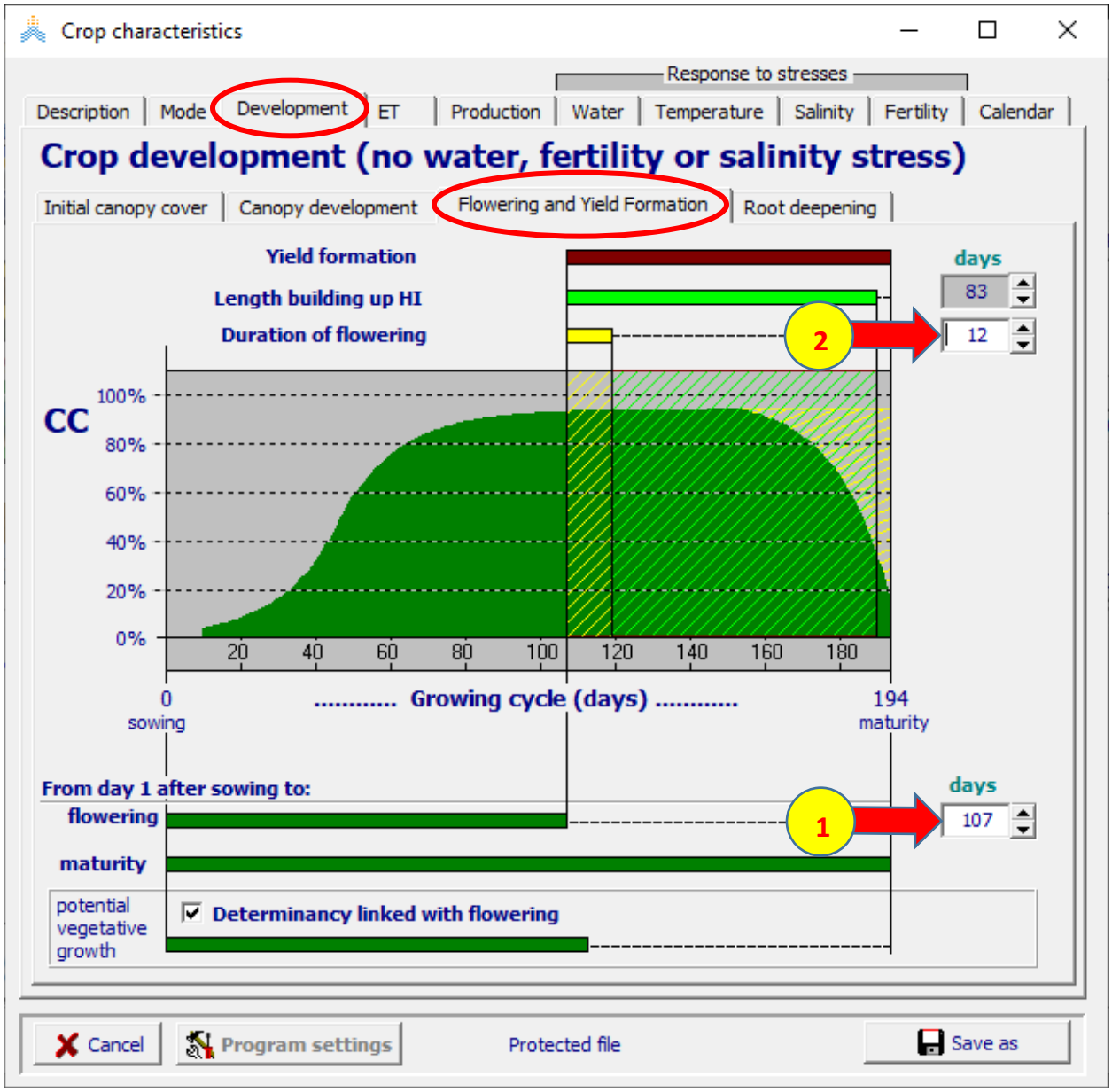


في الواجهة Development:

في الواجهة Flowering and yield formation:

1- حدد قيمة (107) from day 1 after sowing to flowering يوما.

2- حدد قيمة duration of flowering (12) يوما

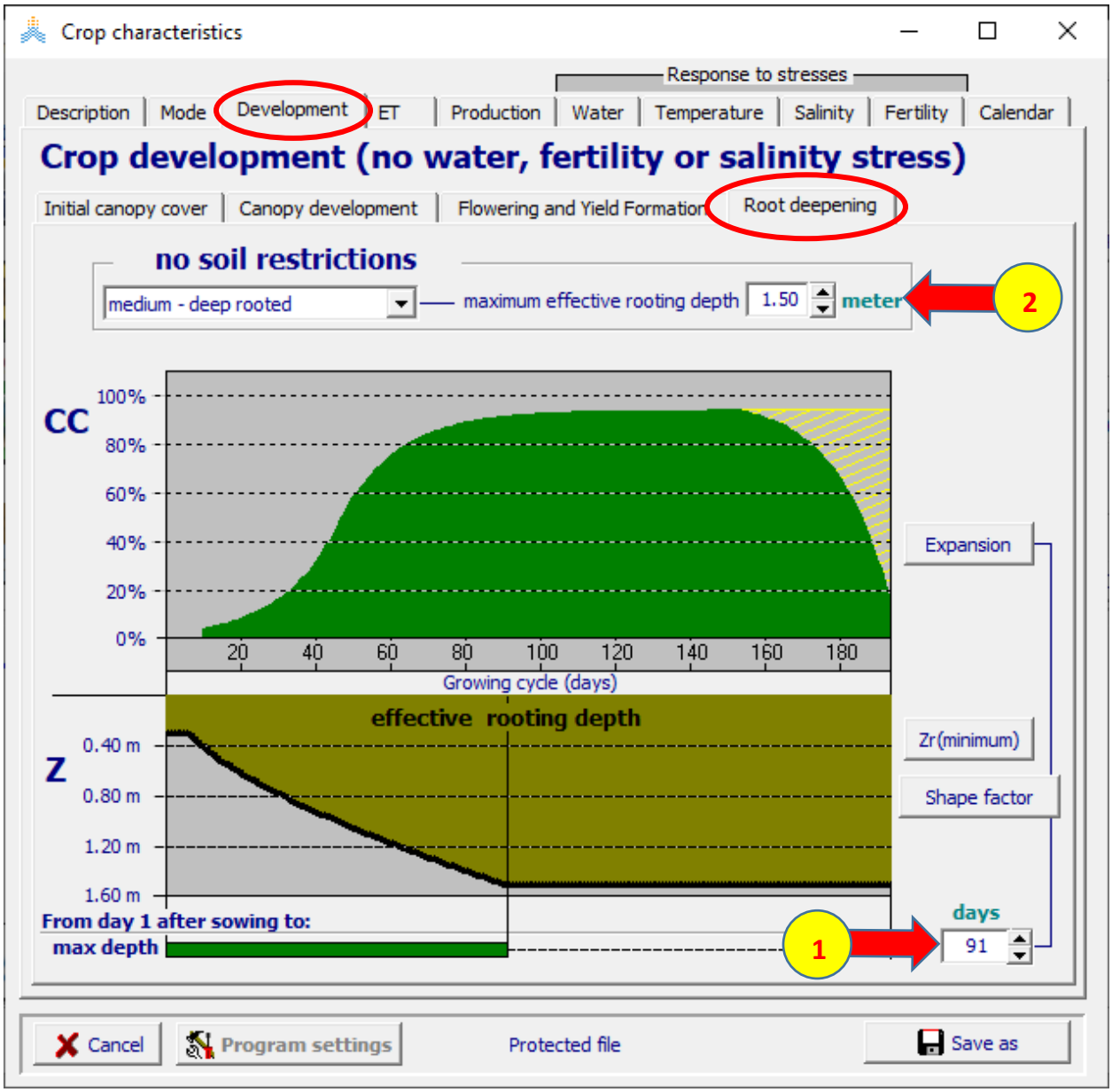


في الواجهة Development:

في الواجهة Root deepening:

1- حدد قيمة from day 1 after sowing to max depth (91) يوما.

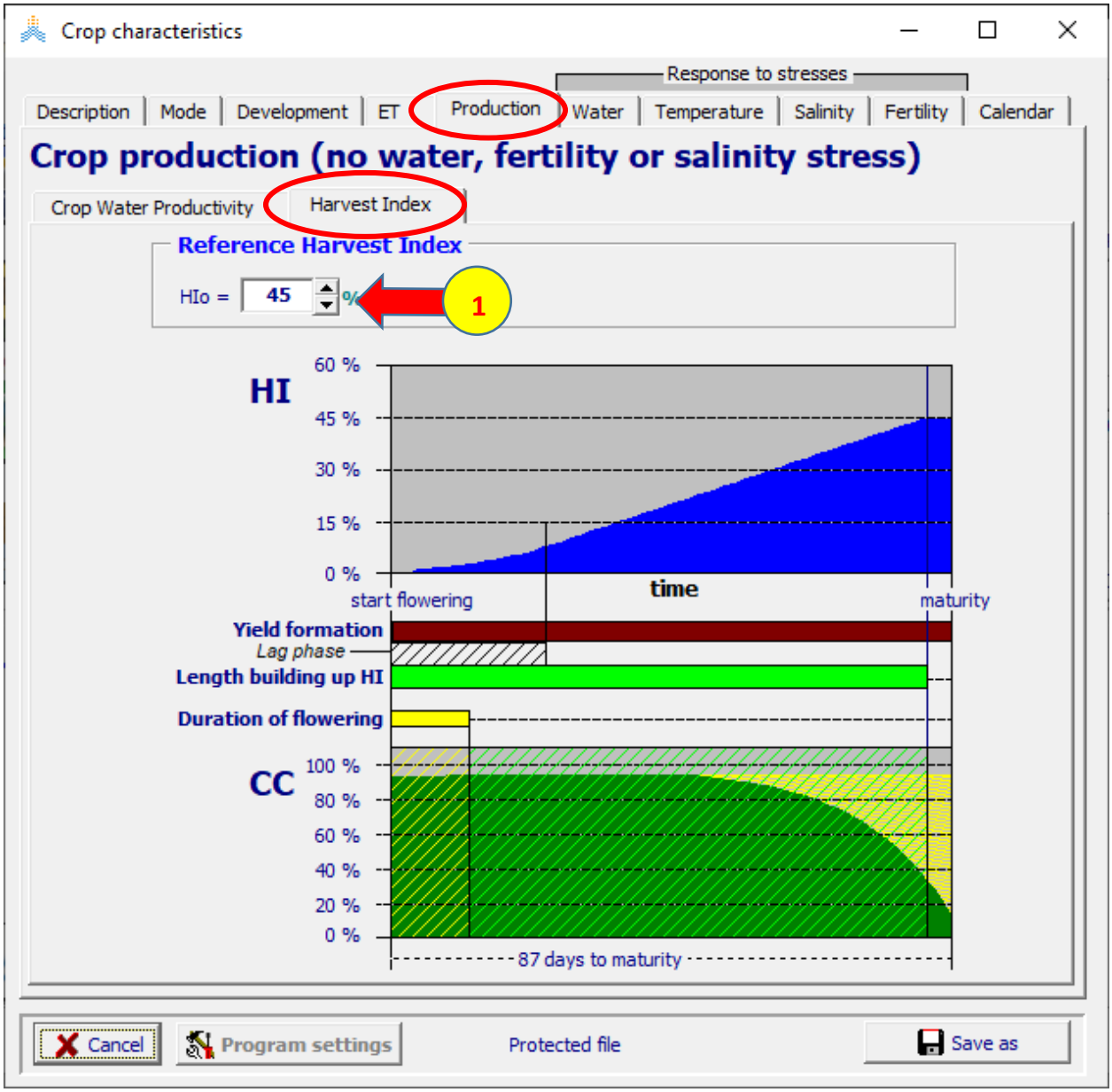
2- وحدد قيمة maximum effective rooting depth (1.5) م



في الواجهة production:

في الواجهة Harvest index:

1- حدد قيمة Reference harvest index (45)

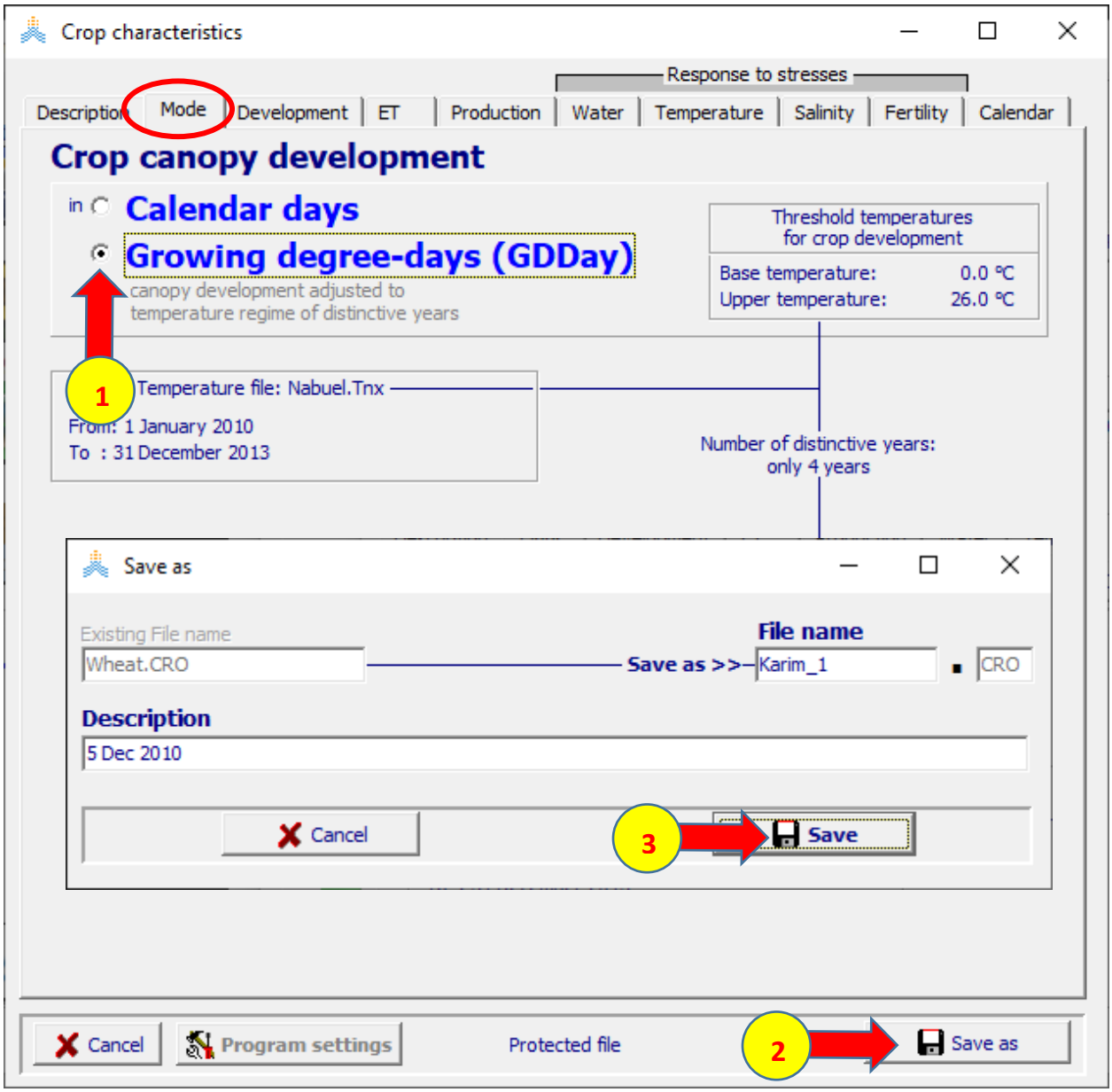


في واجهة Mode:

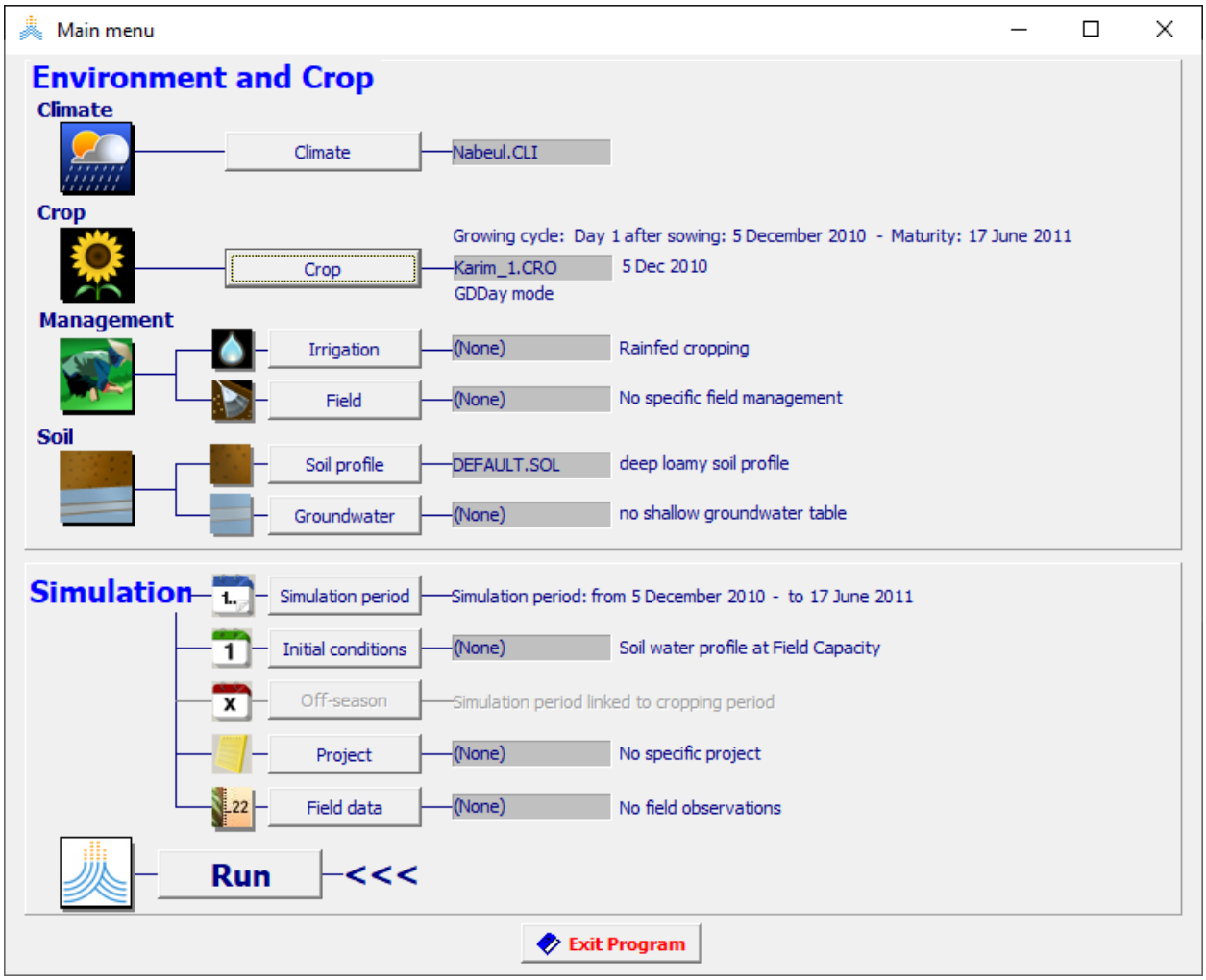
1- حول النمط إلى Growing degree-days.

2- اختر الأمر save as في أسفل القائمة واحفظ الملف باسم Karim_1 و ضع في Description تاريخ الزراعة 5 Dec 2010.

3- اختر الأمر Save لحفظ الملف.

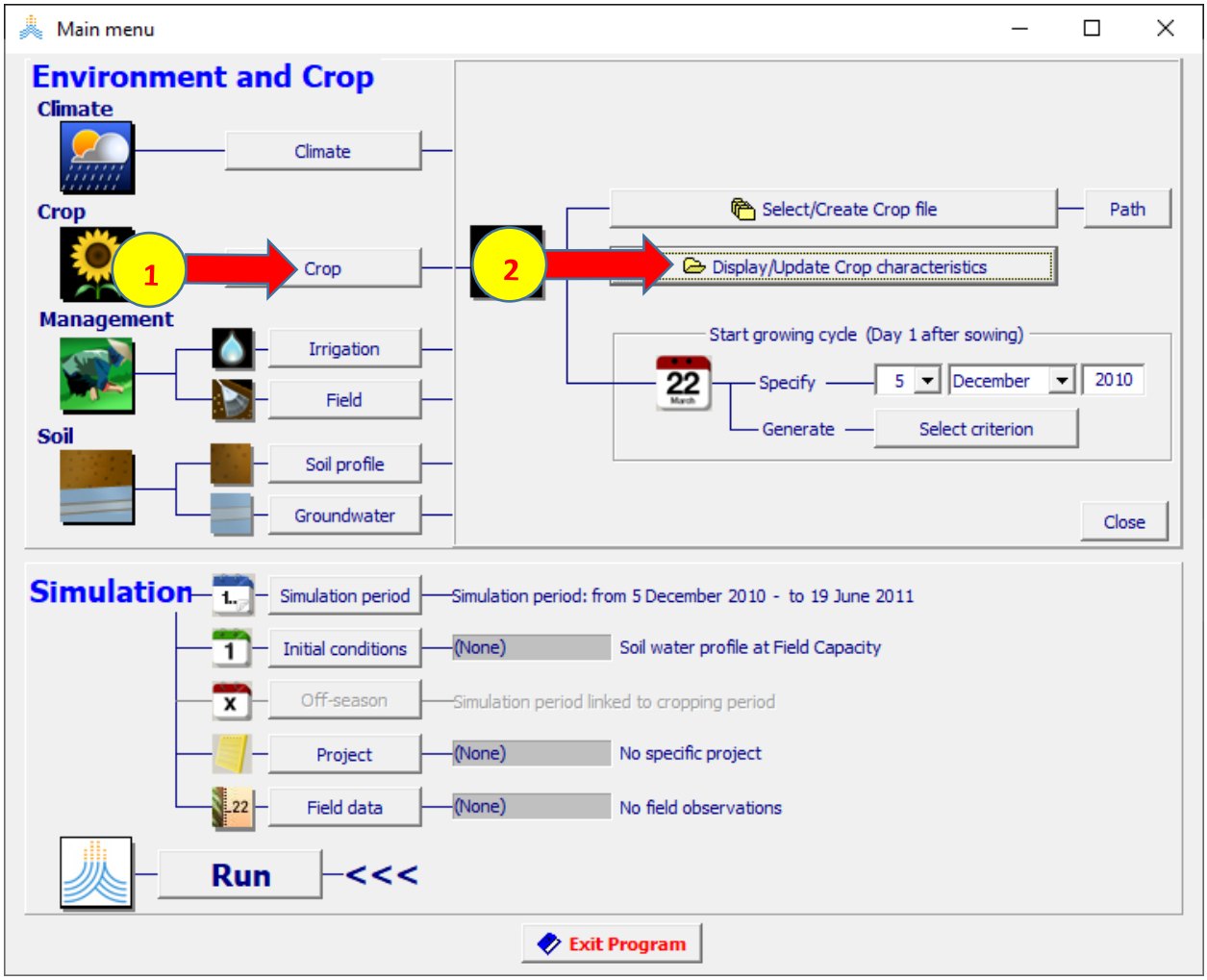


يعود AquaCrop إلى الواجهة Main menu ويظهر اسم الملف Karim_1



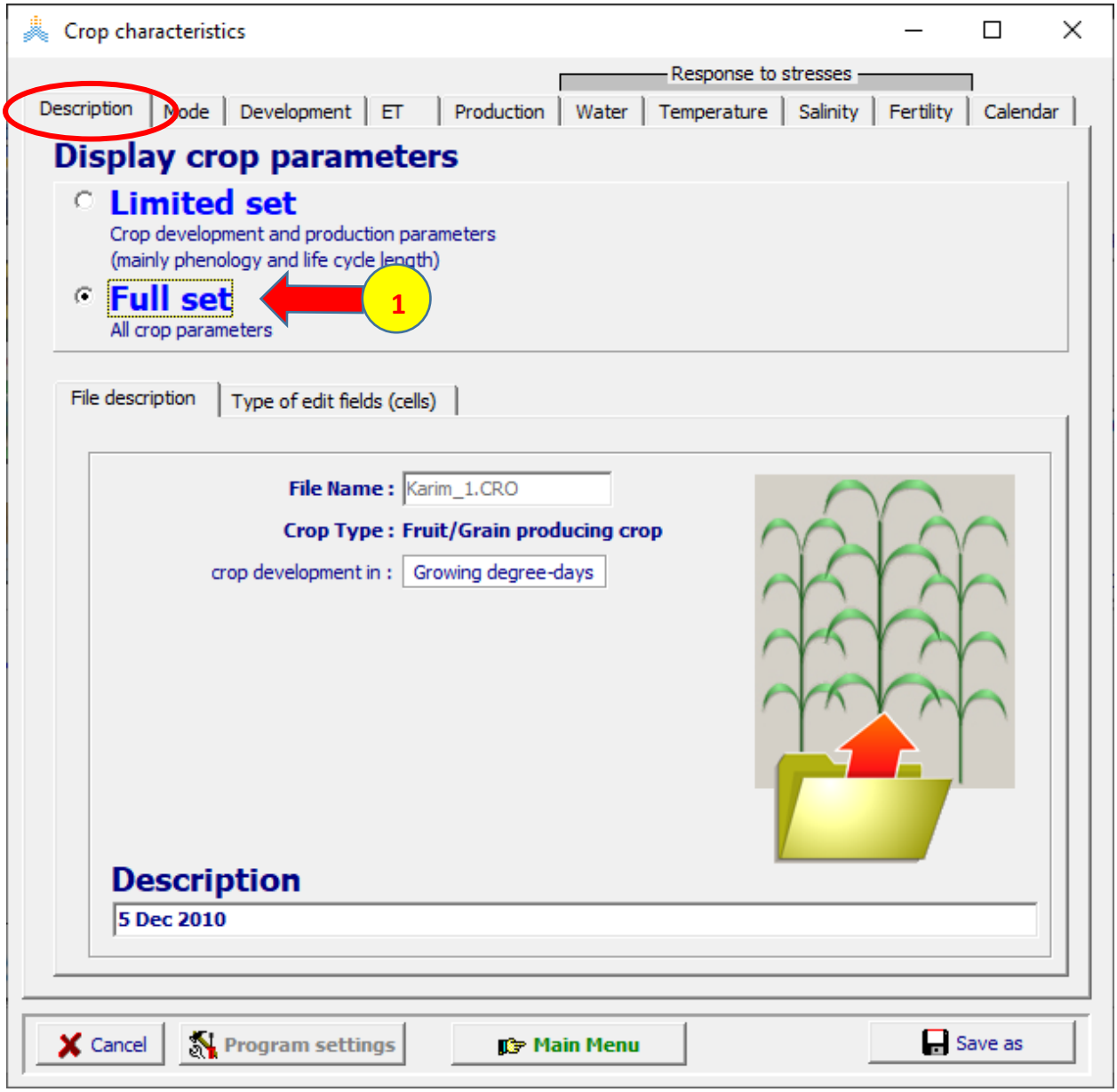
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Crop.
2- اختر الأمر Display/Update Crop characteristics.



في الواجهة Crop characteristics:

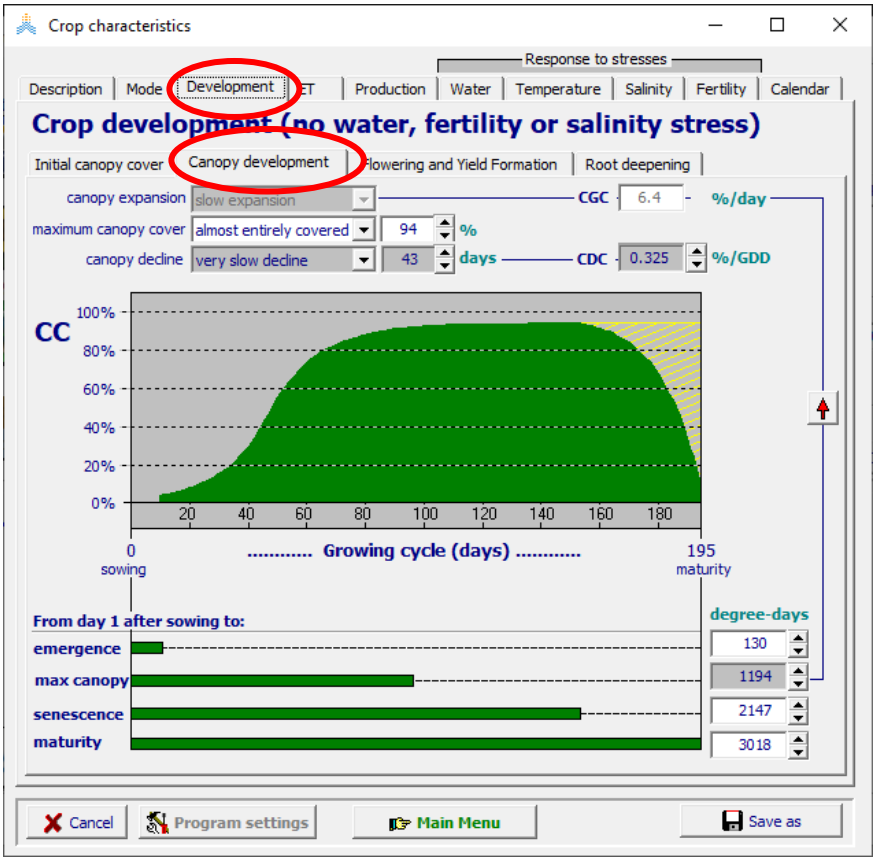
1- في الواجهة Description اختر الخيار Full set.

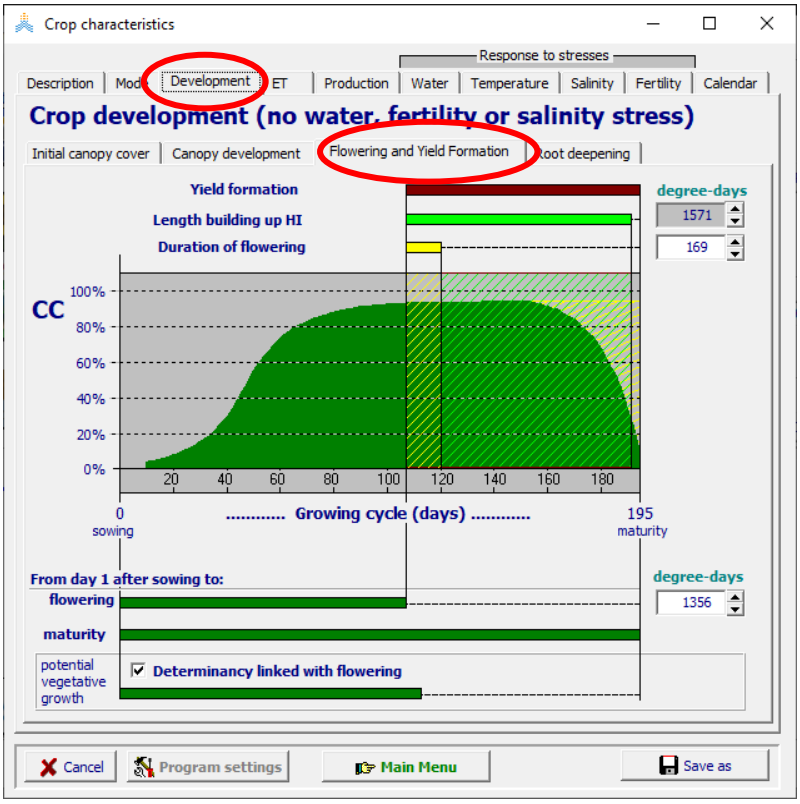


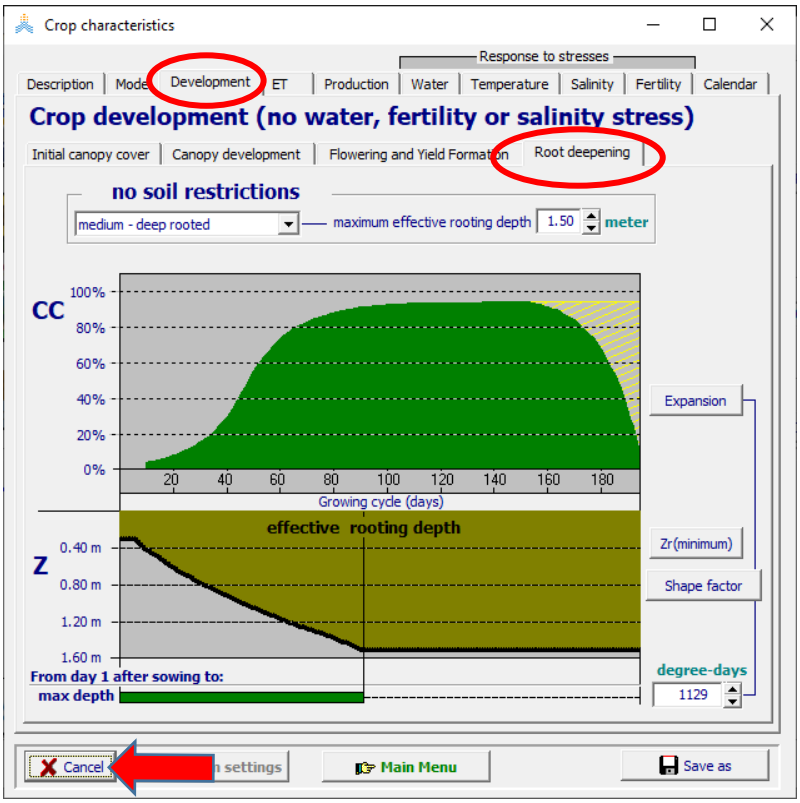
افتح الملف المرفق Nabuel Calibration-General parameters.xlsx وانقل البيانات المبينة للعام الأول year1 في الجدول في الصفحة Parameters

	Year 1	Year 2	Year 3	Mean
CCo (%)	5			
CCx (%)	94			
CDC	0.325			
Emergence (GDD)	130			
Ccmax (GDD)	1194			
Zx(GDD)	1115			
Senescence (GDD)	2147			
Maturity (GDD)	3018			
Flowering (GDD)	1356			
Lenght HI (GDD)	1571			
Duration flowering (GDD)	169			
HI	45			

البيانات المطلوبة موجودة في الواجهات التالية:





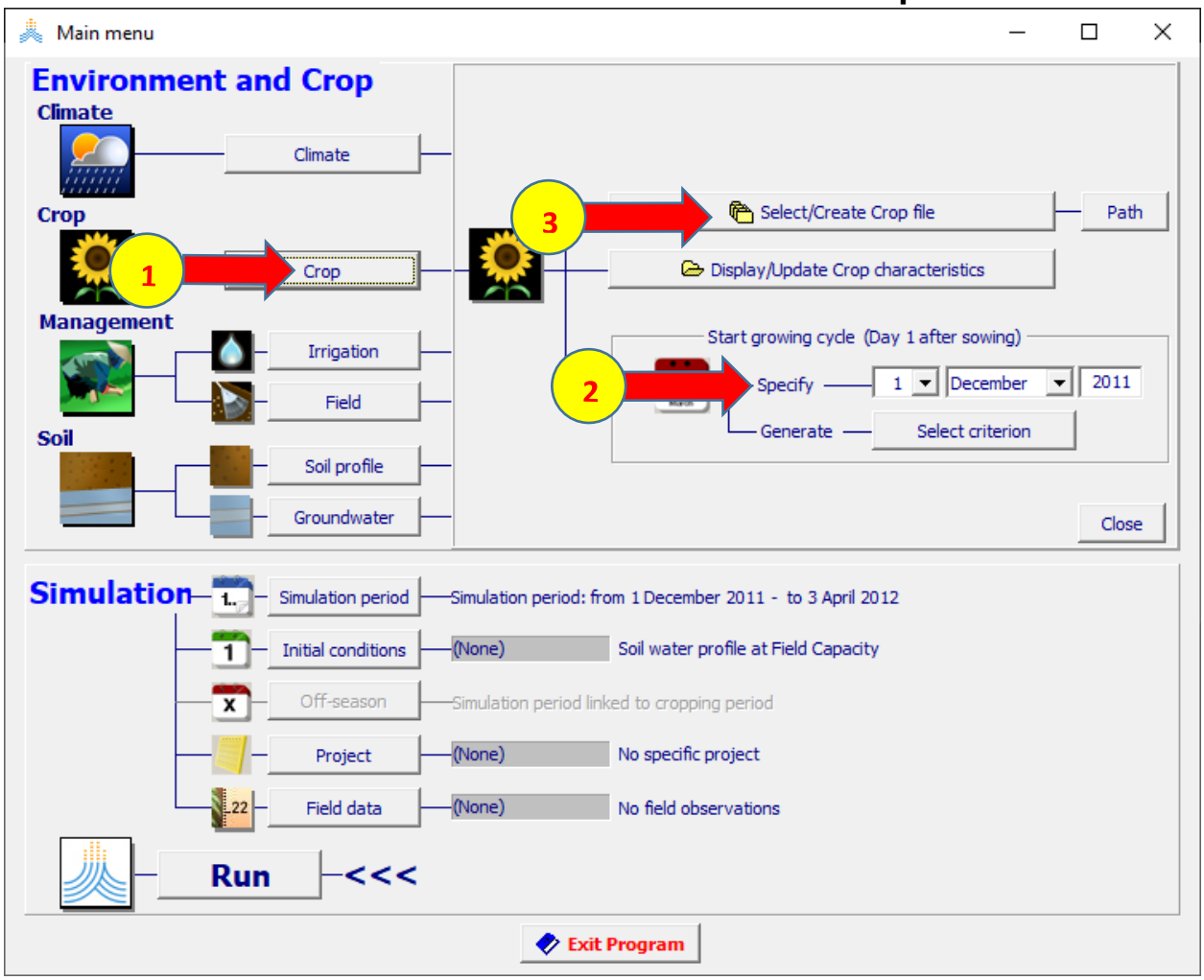


اختر الأمر Cancel للعودة إلى الواجهة Main menu

إعداد ملف المحصول للموسم الثاني 2011-2012

في الواجهة Main menu:

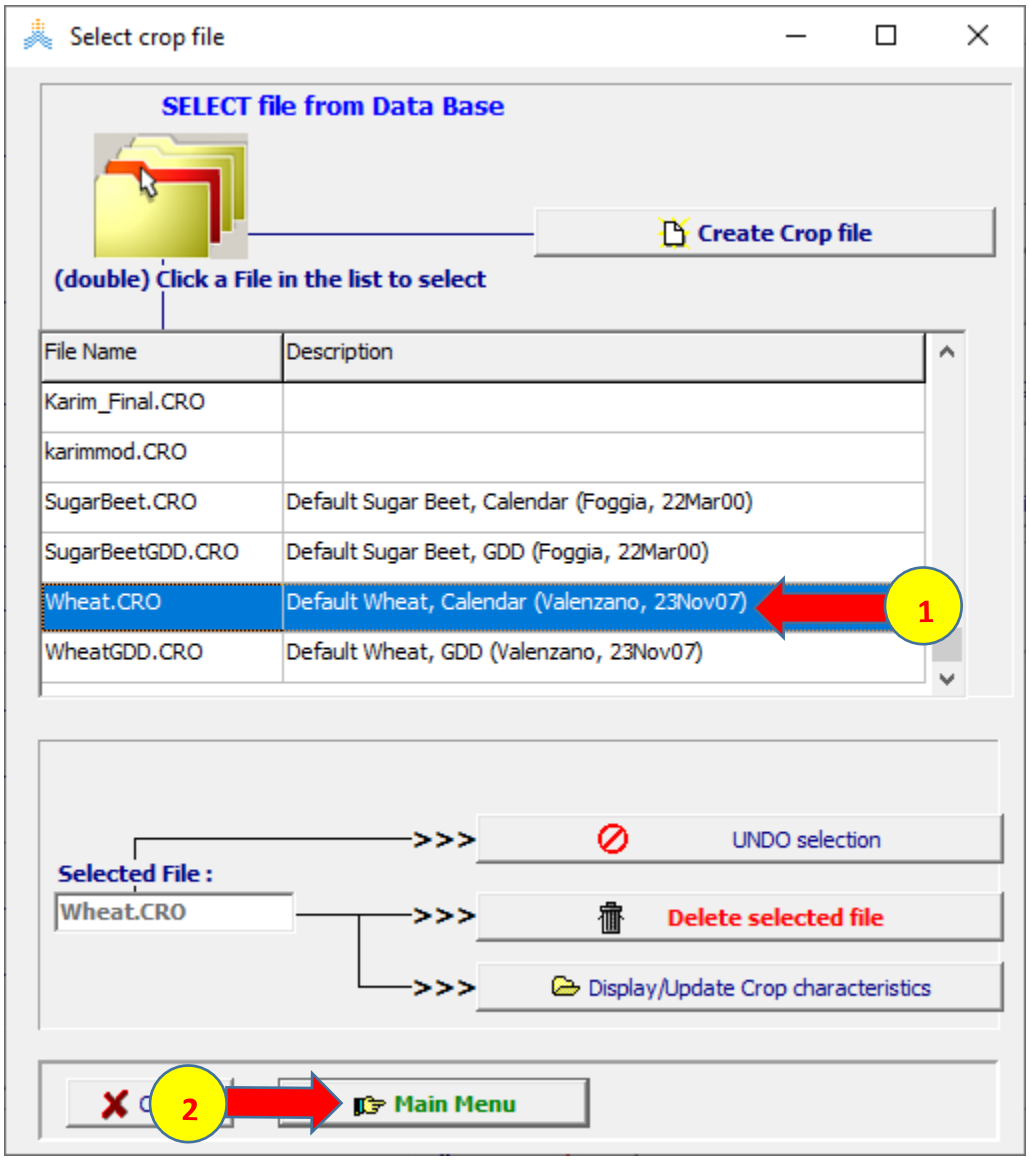
1- اختر الأمر Crop.
2- حدد تاريخ الزراعة 1 Dec 2011.
3- اختر الأمر Select/Create Crop file.



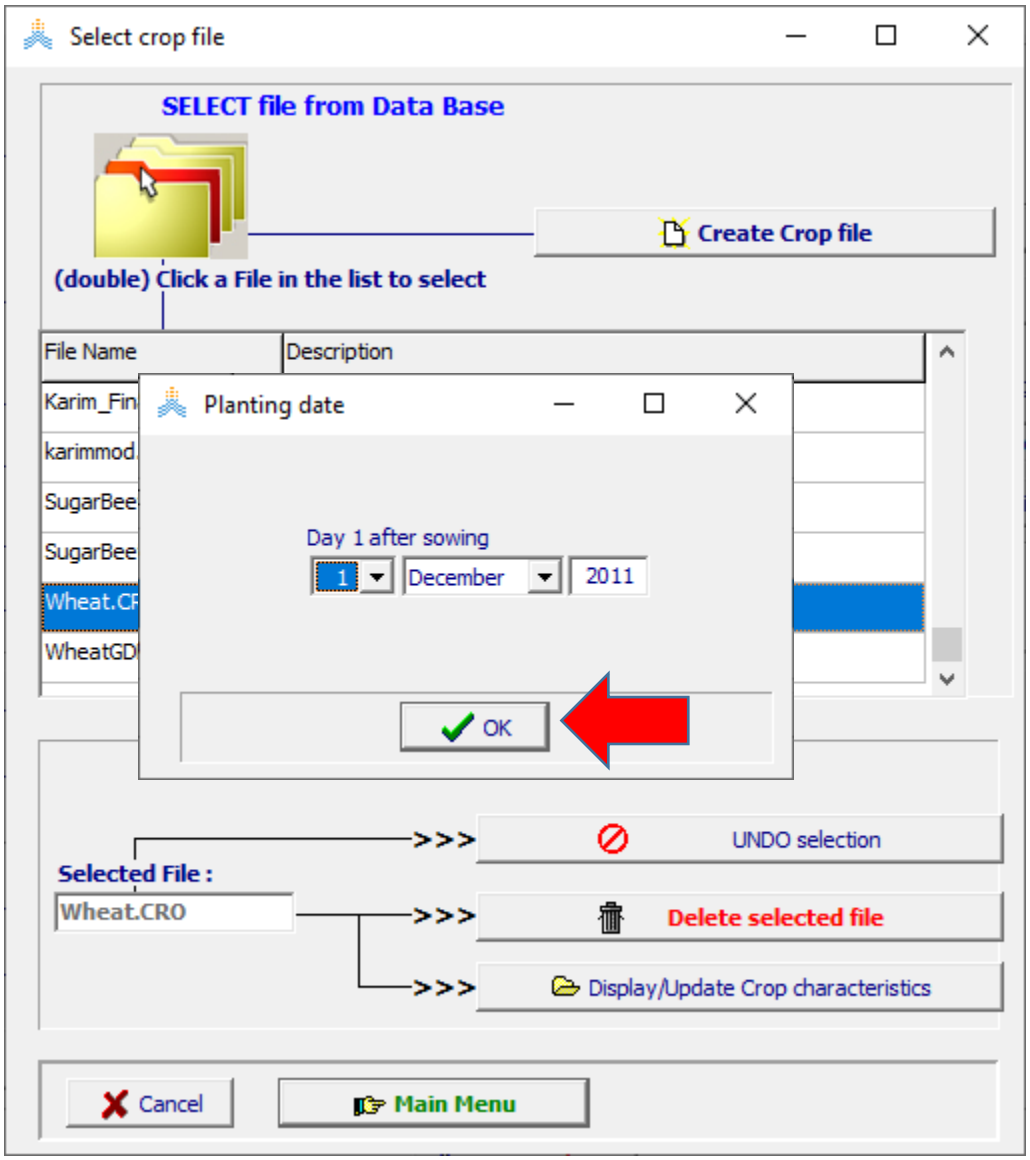
في الواجهة Select crop file:

1- اختر ملف المحصول Wheat.CRO المحفوظ بالتقويم اليومي Calendar.

2- اختر الأمر Main Menu.

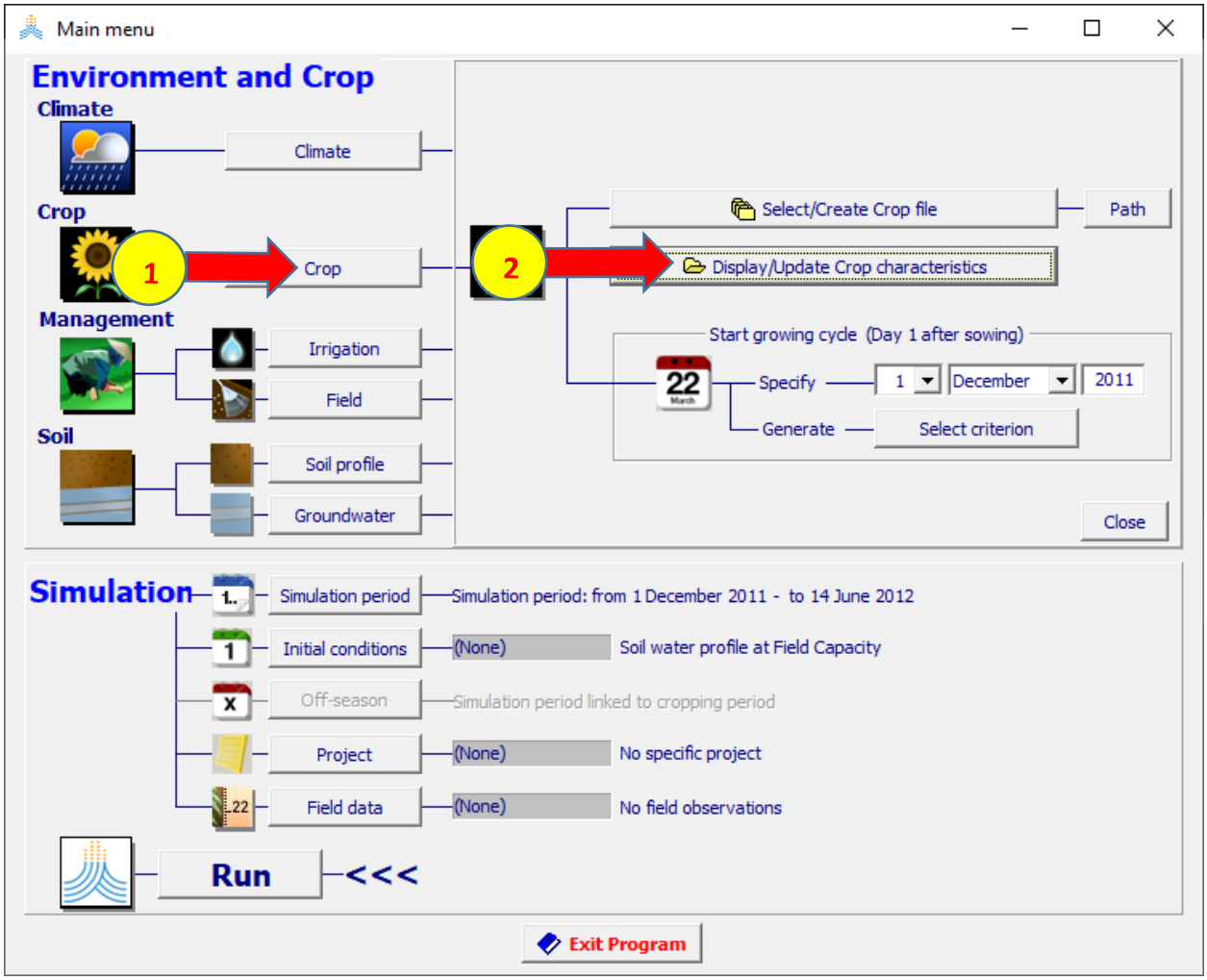


عند اختيار الأمر Main Menu تظهر نافذة Planting date اختر OK لتأكيد تاريخ الزراعة .



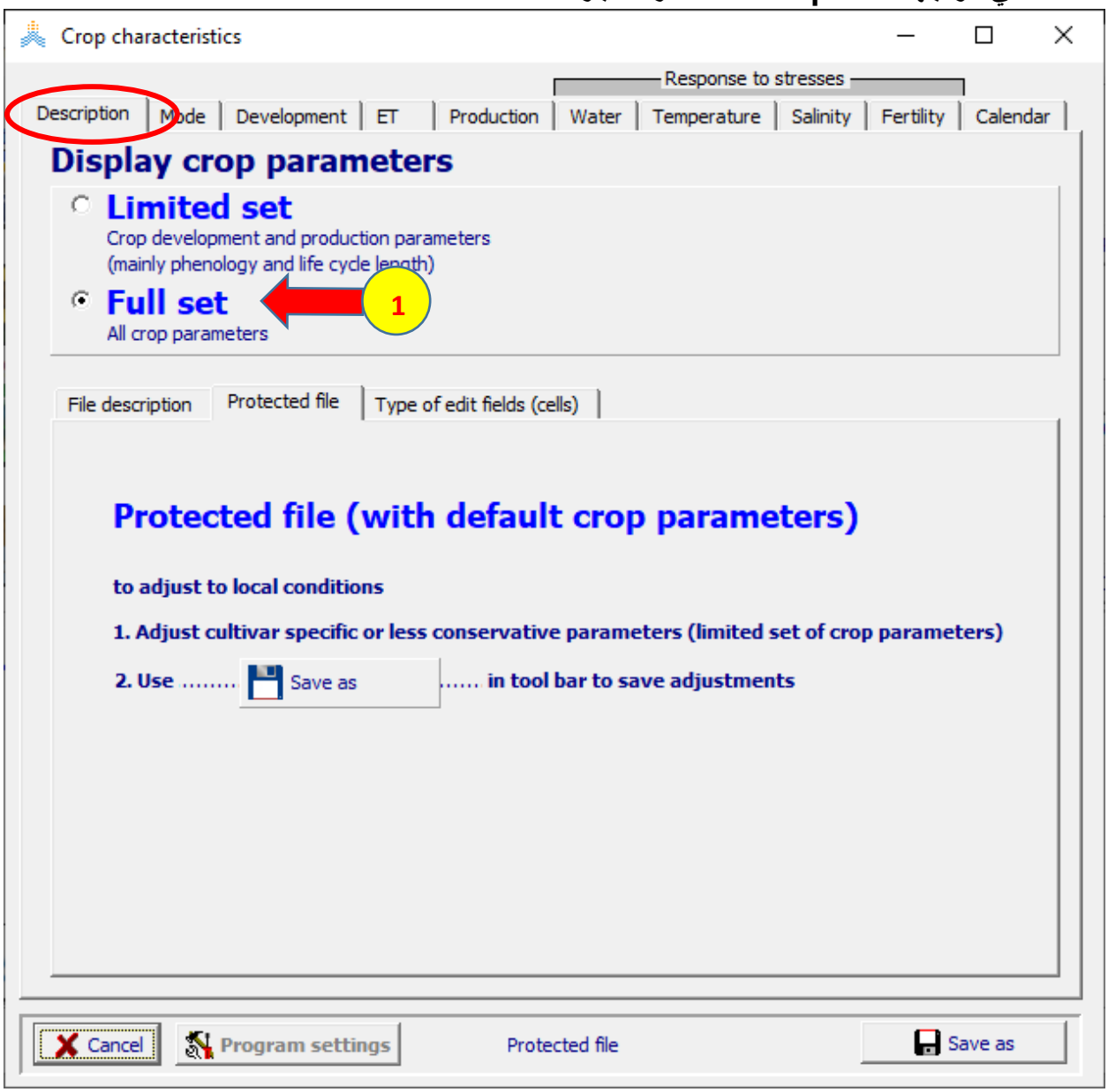
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Crop.
2- اختر الأمر Display/Update Crop characteristics.



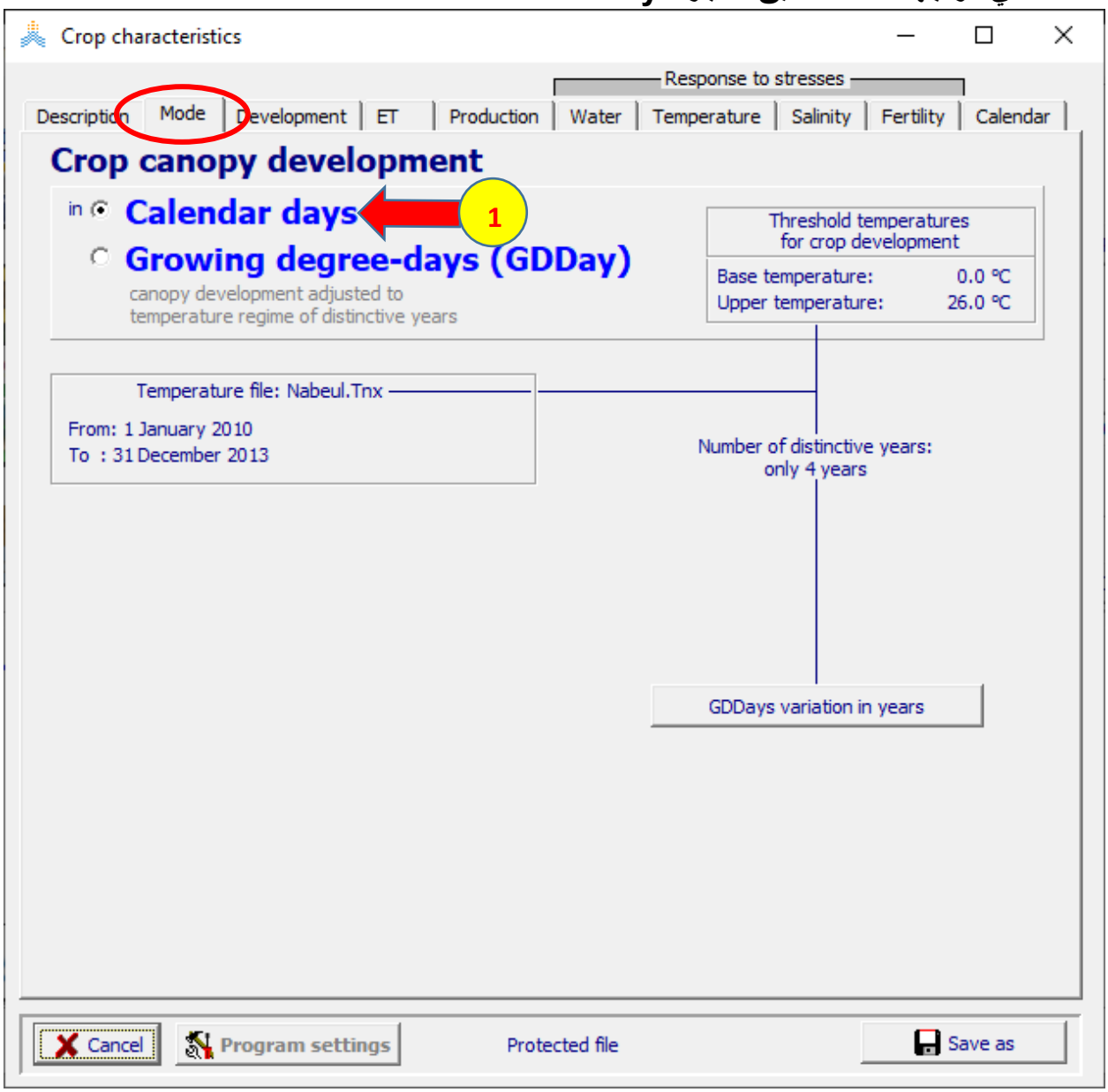
في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Description اختر الخيار Full set.

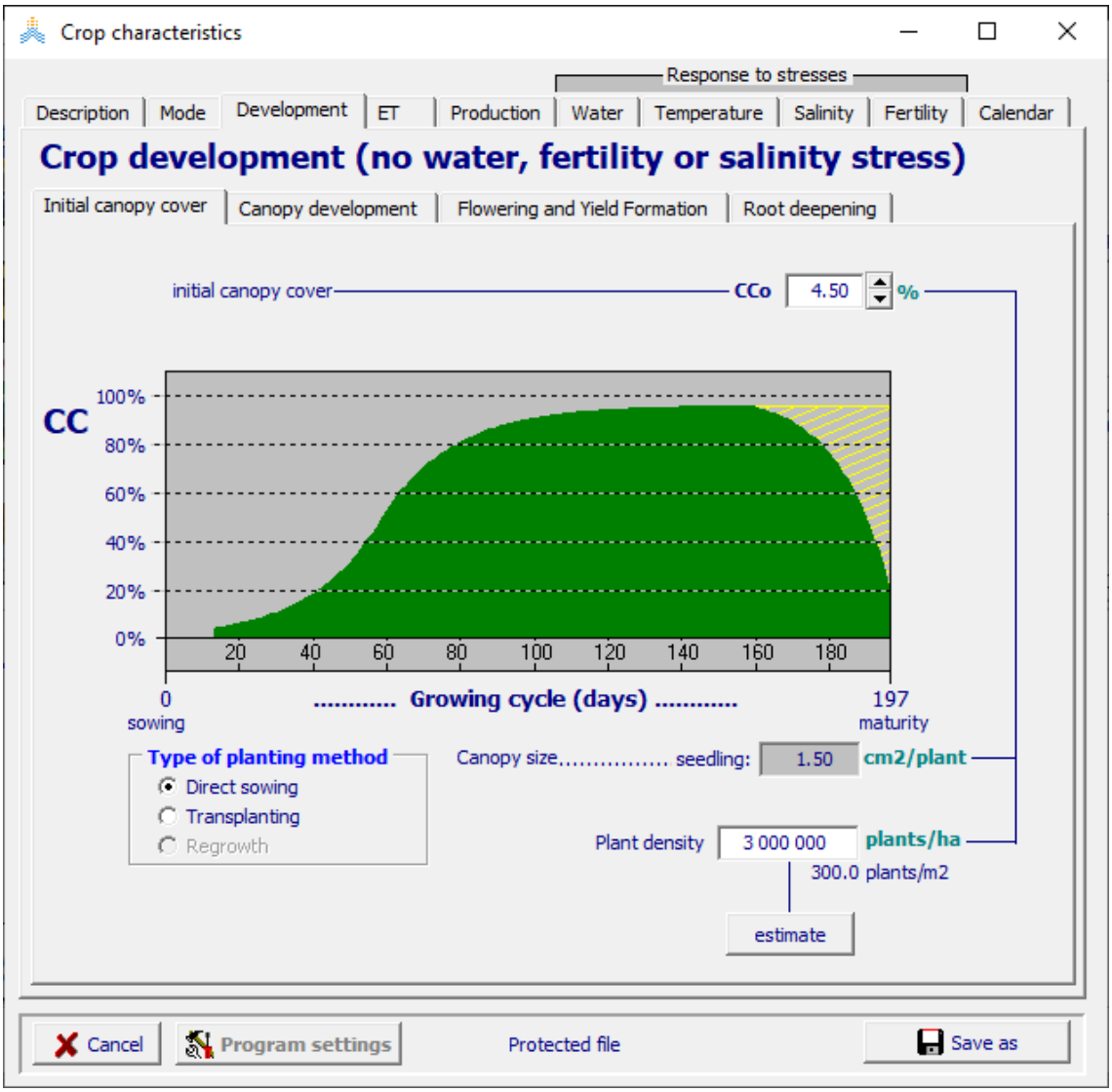


في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Mode ابق الخيار Calendar days.



في الواجهة Development:
عدل القيم في جميع الواجهات المطلوبة كما في ملف المحصول للعام 2010-2011 بالاستعانة بالبيانات الموجودة في الملف Nabuel Dataset.xlsx لمحصول القمح في موسم 2011-2012

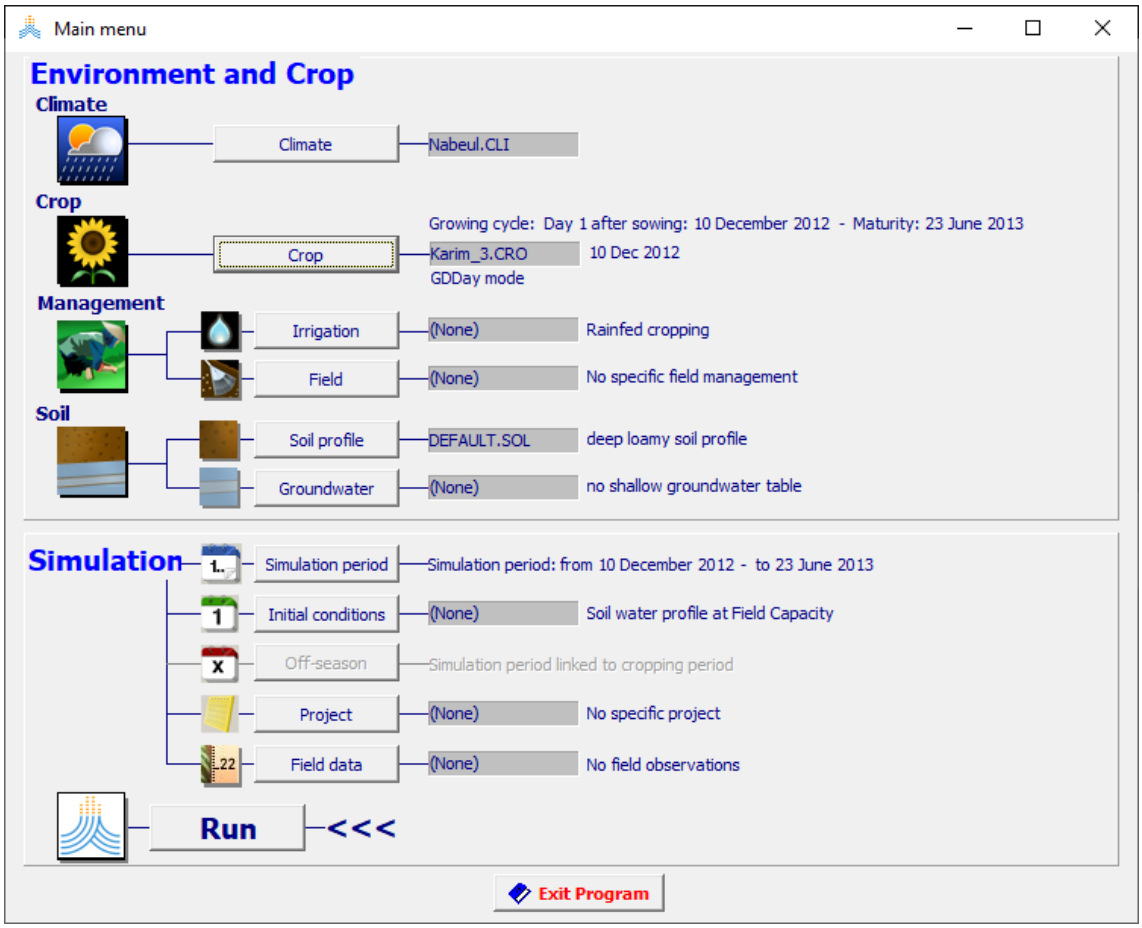


بعد تعديل جميع القيم حول النمط في الواجهة Mode إلى التقويم الحراري Growing Degree-Days واحفظ الملف باسم Karim_2، ثم قم بنقل البيانات إلى العمود الثاني في الجدول في الصفحة Parameter.

بنفس الطريقة يتم تحضير ملف المحصول للموسم الثالث 2012-2013 بتحديد تارخ أول يوم بعد الزراعة في 10 Dec 2012 و حفظه باسم Karim_3 ونقل البيانات الناتجة إلى العمود الثالث في الجدول في الصفحة Parameter ثم نحسب متوسط القيم للمواسم الثلاثة في العمود الأخير Mean وهي القيم التي ستستخدم لإعداد ملف المحصول النهائي الذي سيستخدم في المحاكاة.

	Year 1	Year 2	Year 3	Mean
CCo (%)	5	5	5	5
CCx (%)	94	93	93	93
CDC	0.325	0.37	0.322	0.339
Emergence (GDD)	130	158	145	144
Ccmax (GDD)	1194	1396	1274	1288
Zx(GDD)	1115	1111	1137	1121
Senescence (GDD)	2147	2189	2188	2175
Maturity (GDD)	3018	2984	3074	3025
Flowering (GDD)	1356	1410	1392	1386
Lenght HI (GDD)	1571	1550	1619	1580
Duration flowering (GDD)	169	165	179	171
HI	45	44	46	45

اختر الأمر Cancel في أسفل القائمة يعود AquaCrop إلى الواجهة Main menu ويبقى الملف Karim_3.CRO مختارا

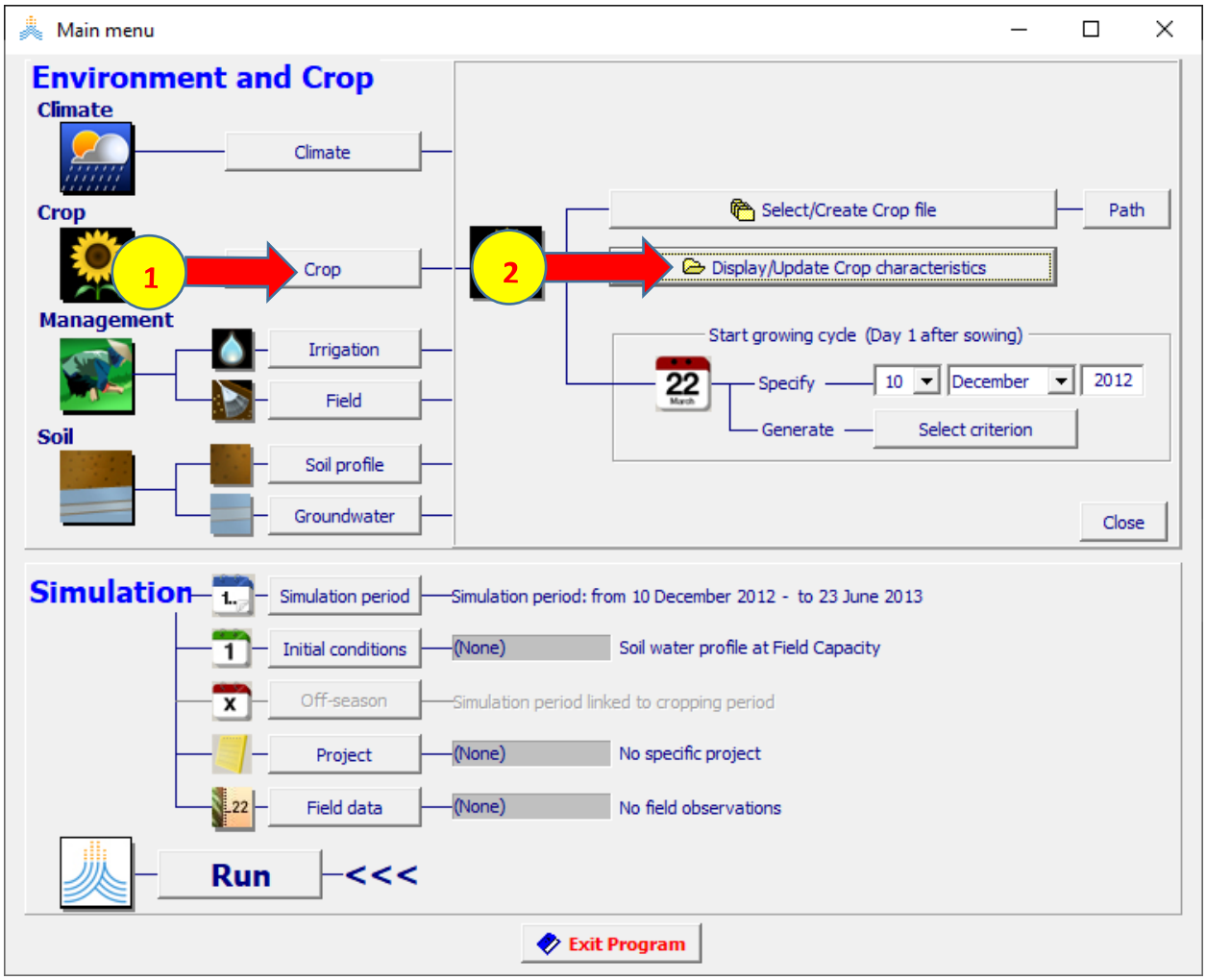


إعداد ملف المحصول النهائي للمواسم الثلاثة

وحفظه باسم Karim_Final

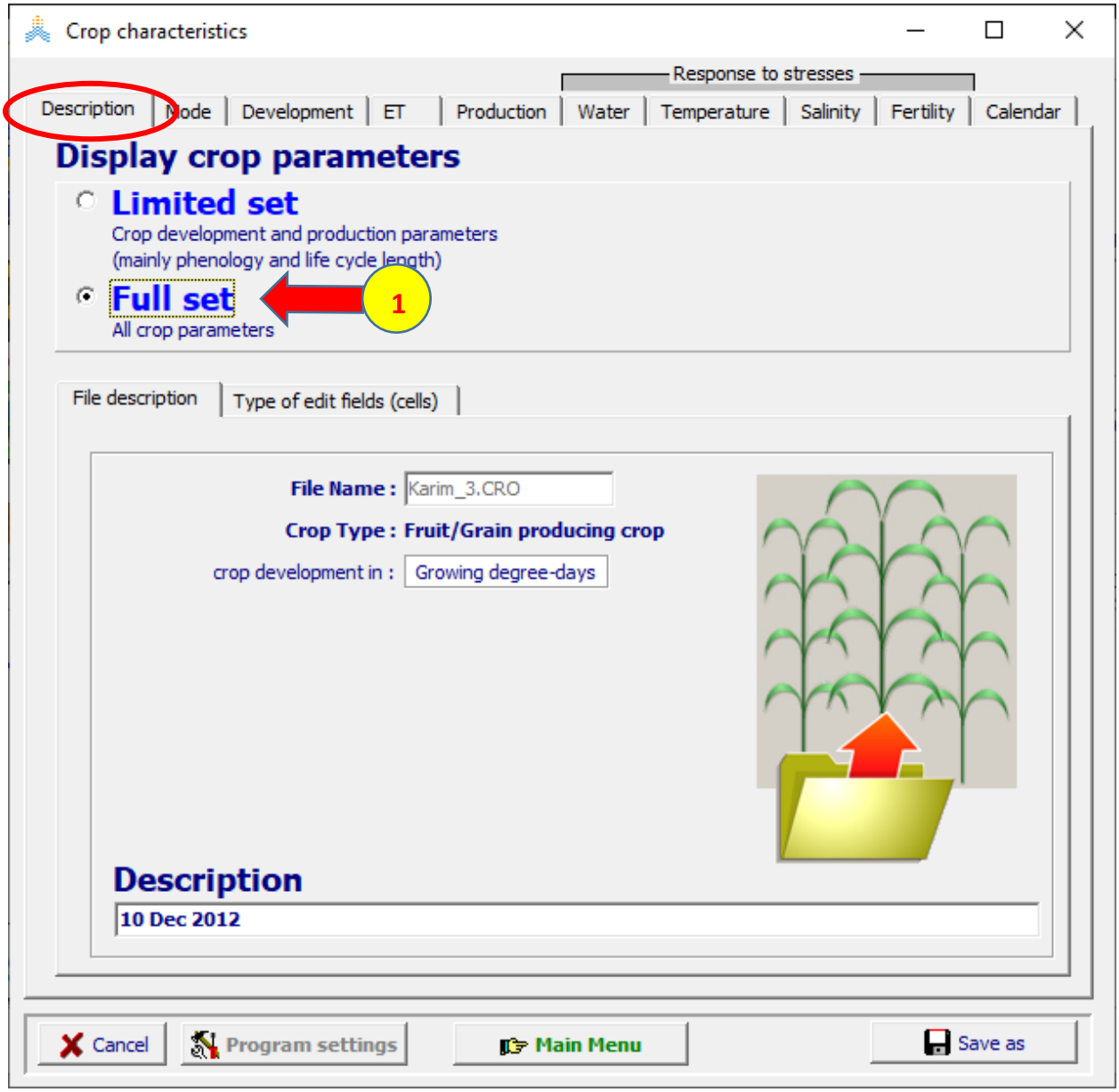
في الواجهة Main menu:

3- اختر الأمر Crop.
1- اختر الأمر Display/Update Crop characteristics.



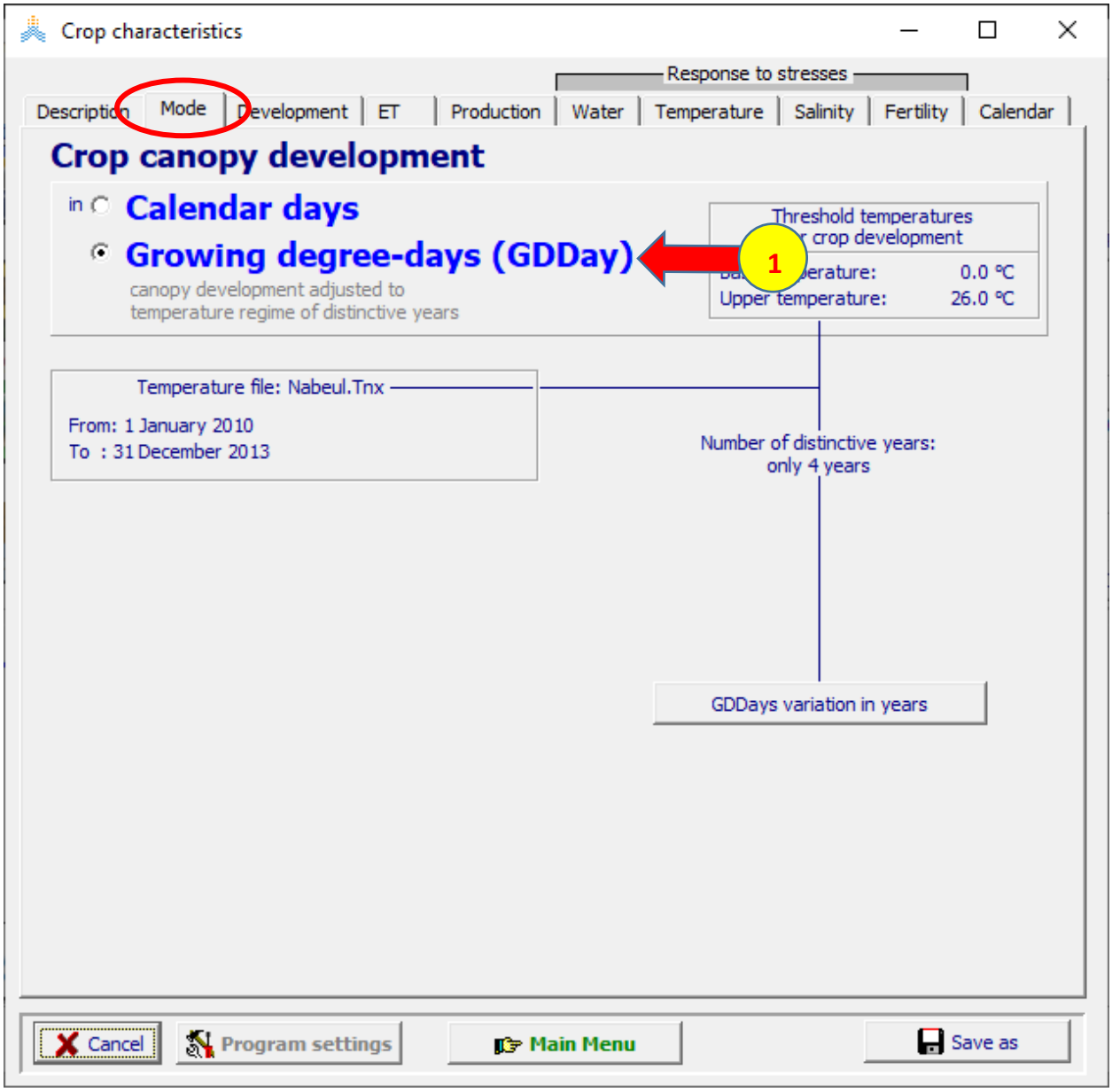
في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Description اختر الخيار Full set.



في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Mode ابق الخيار Growing degree-days(GDDay).



في الواجهة Development:

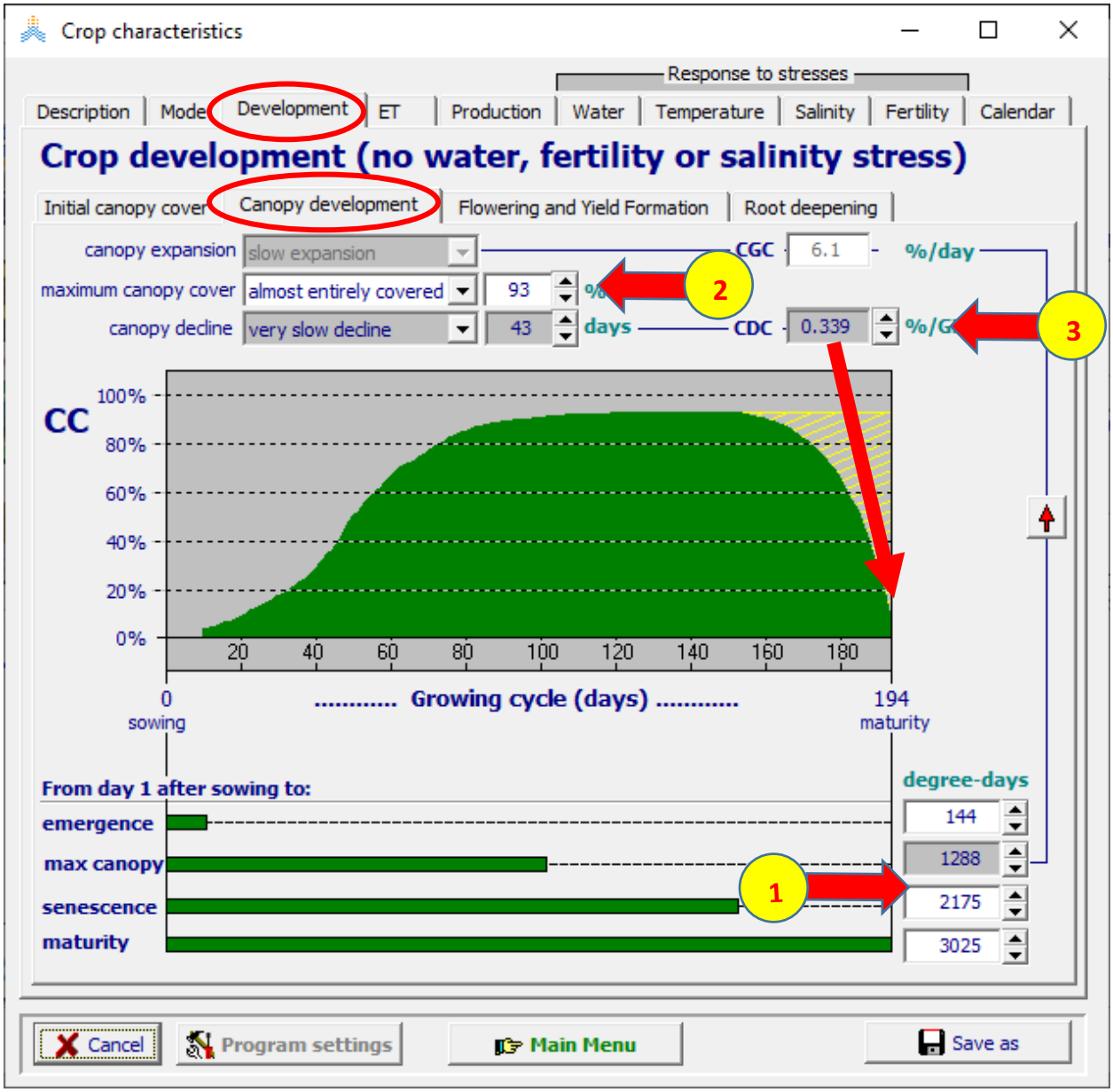
عدل القيم بالاستعانة بالبيانات الموجودة في الملف Nabuel Dataset.xlsx لمحصول القمح في العمود الأخير Mean من الجدول في الصفحة Parameters:

في الواجهة Canopy development:

1- حدد قيم emergence، max canopy، maturity, senescence (144، 1288، 2175، 3025) على التوالي.

2- حدد قيمة maximum canopy cover (93).

3- عدل قيمة CDC إلى (0.339).



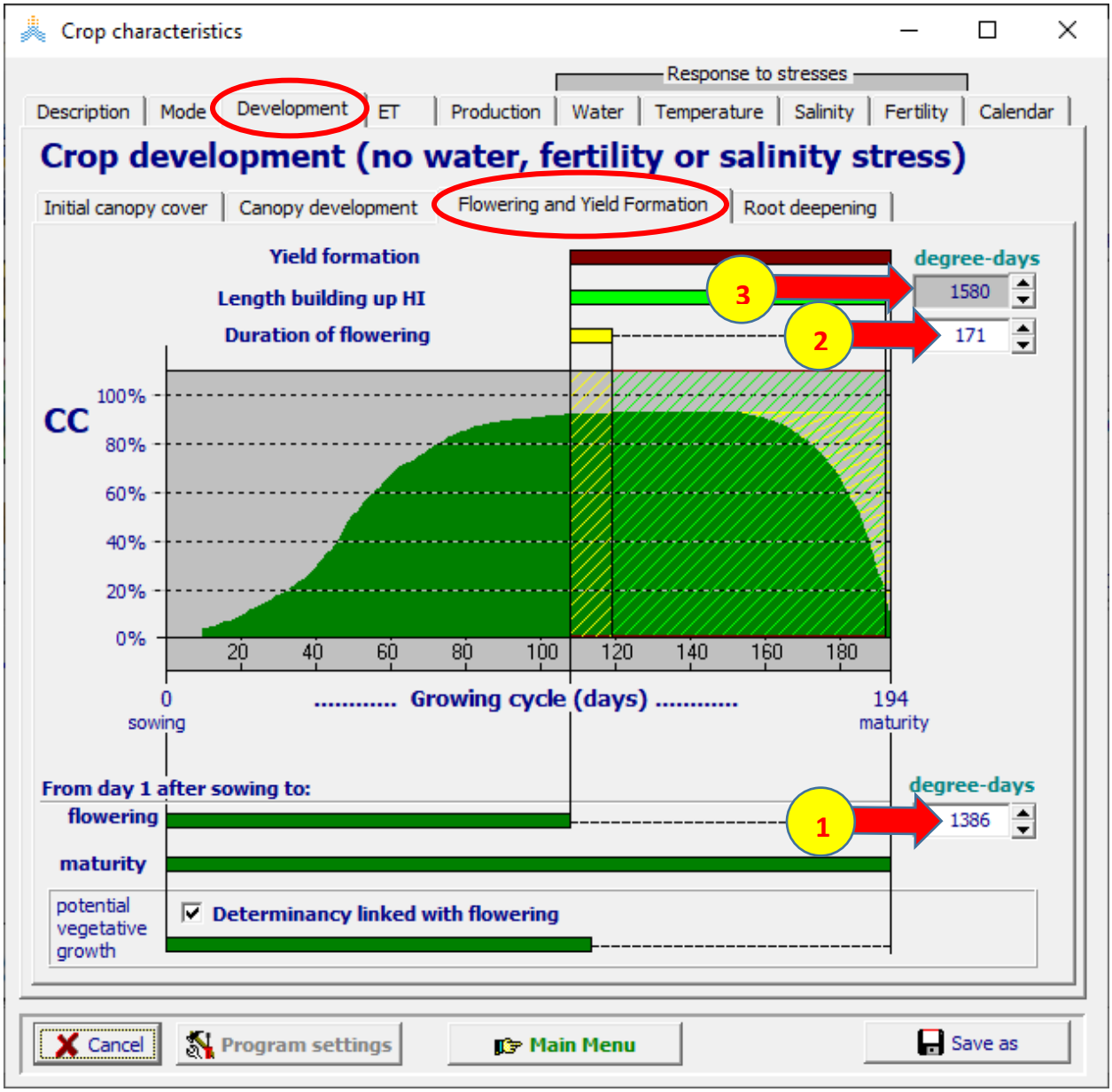
في الواجهة Development:

في الواجهة Flowering and yield formation:

1- حدد قيمة from day 1 after sowing to flowering (1386).

2- حدد قيمة duration of flowering (171).

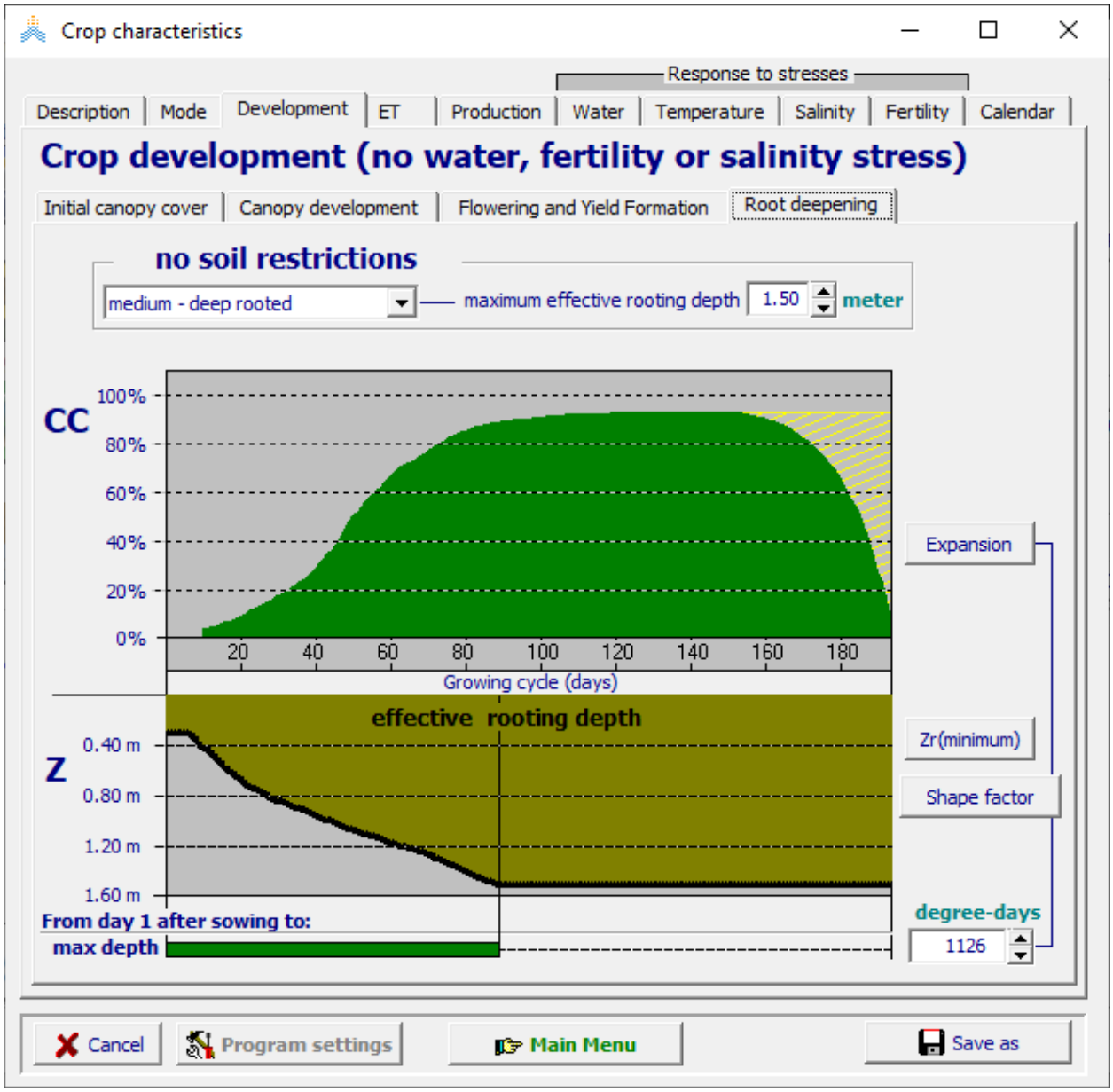
3- حدد قيمة Length building up HI (1580).



في الواجهة Development:

في الواجهة Root deepening:

1- حدد قيمة from day 1 after sowing to max depth (1126).



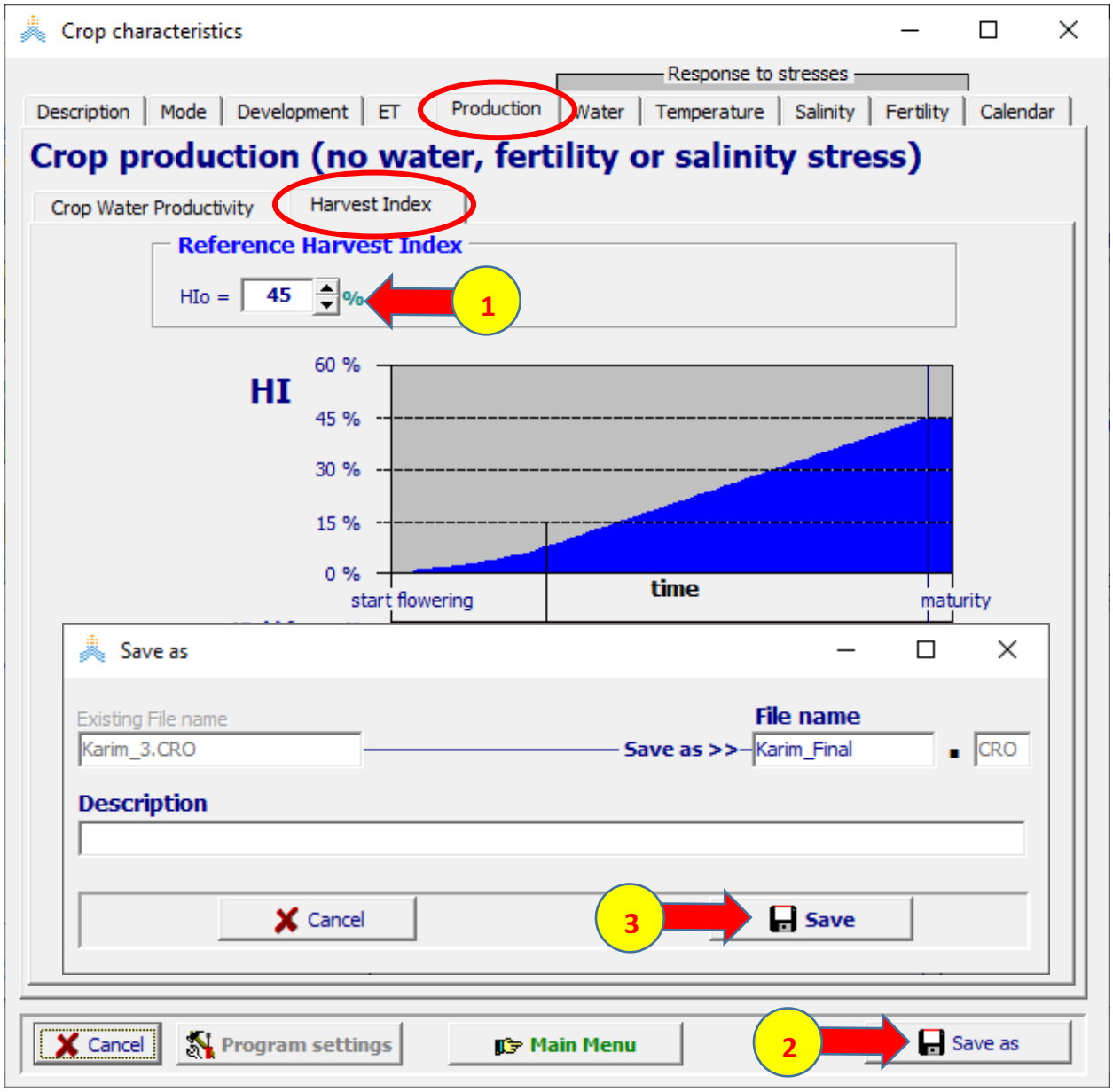
في الواجهة Production:

في الواجهة Harvest Index:

1- حدد قيمة Reference Harvest Index (45).

2- اختر الأمر Save as واحفظ الملف باسم Karim_Final .

3- اختر الأمر Save لحفظ الملف.

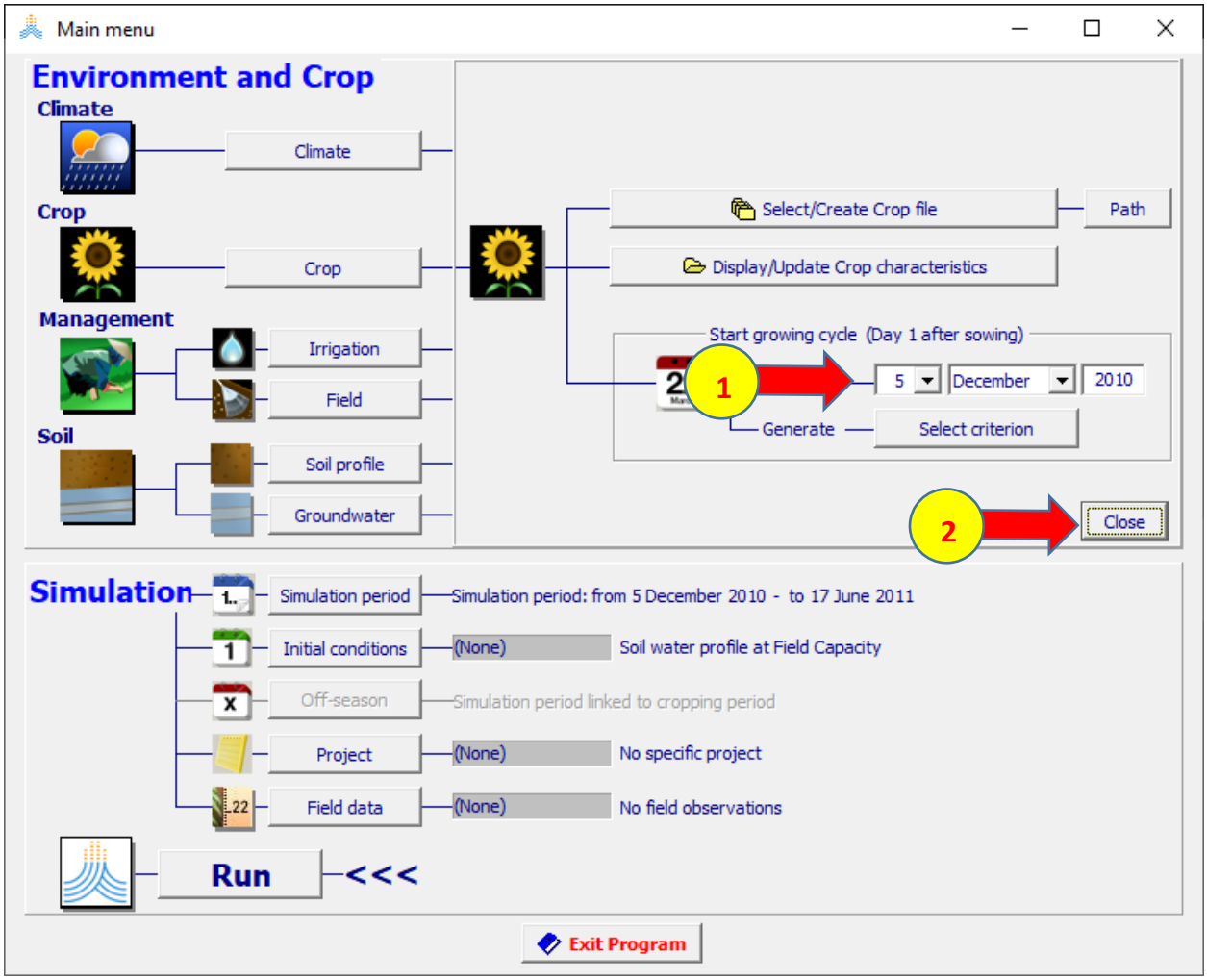


يعود AquaCrop إلى الواجهة Main menu والملف Karim_Final مختارا.

لإجراء المحاكاة للموسم الأول 2010-2011:

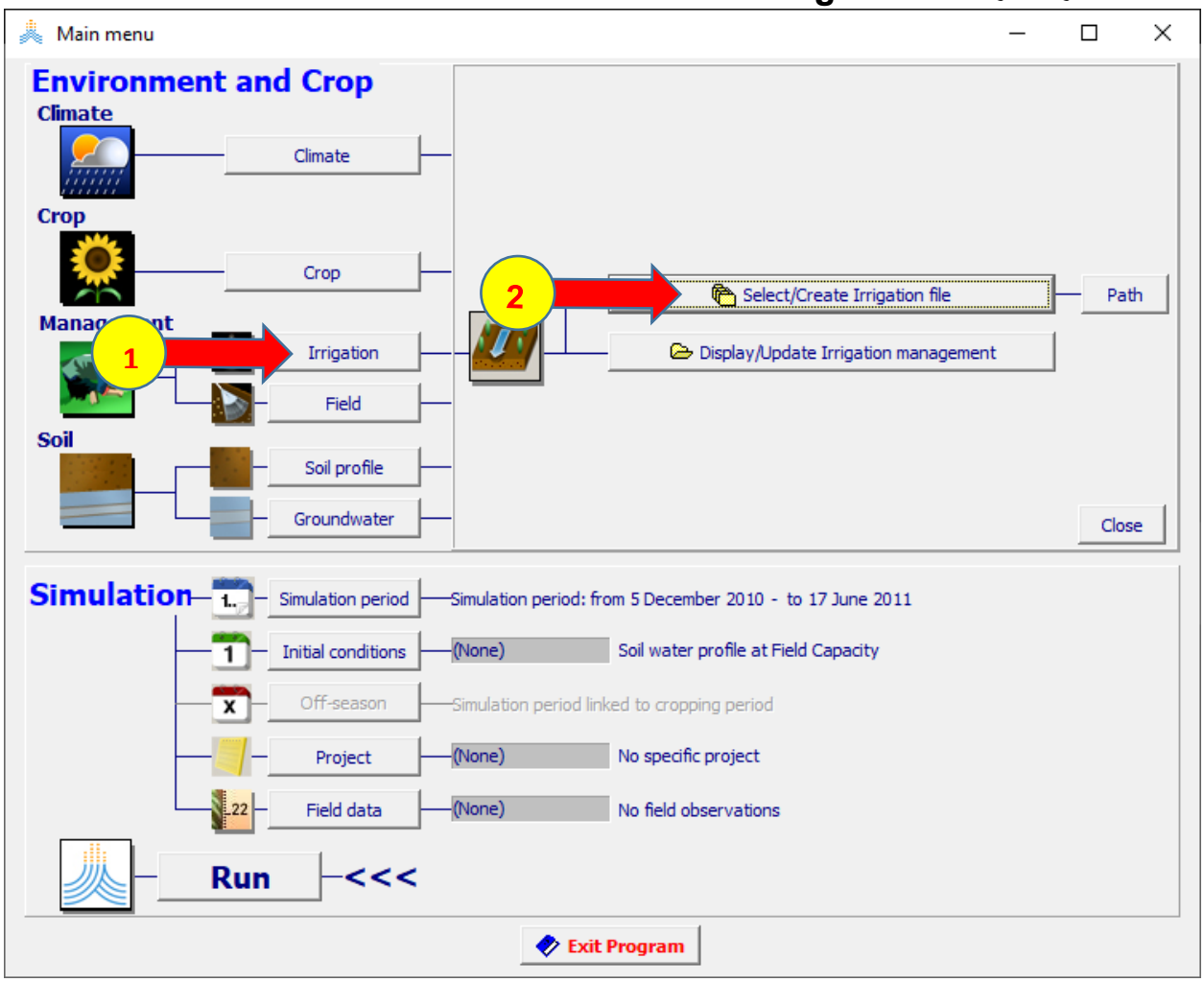
في الواجهة Main menu:

1- عدل تاريخ الزراعة Start growing cycle (Day1 after sowing) إلى 5 Dec 2010.
2- اختر الأمر Close.



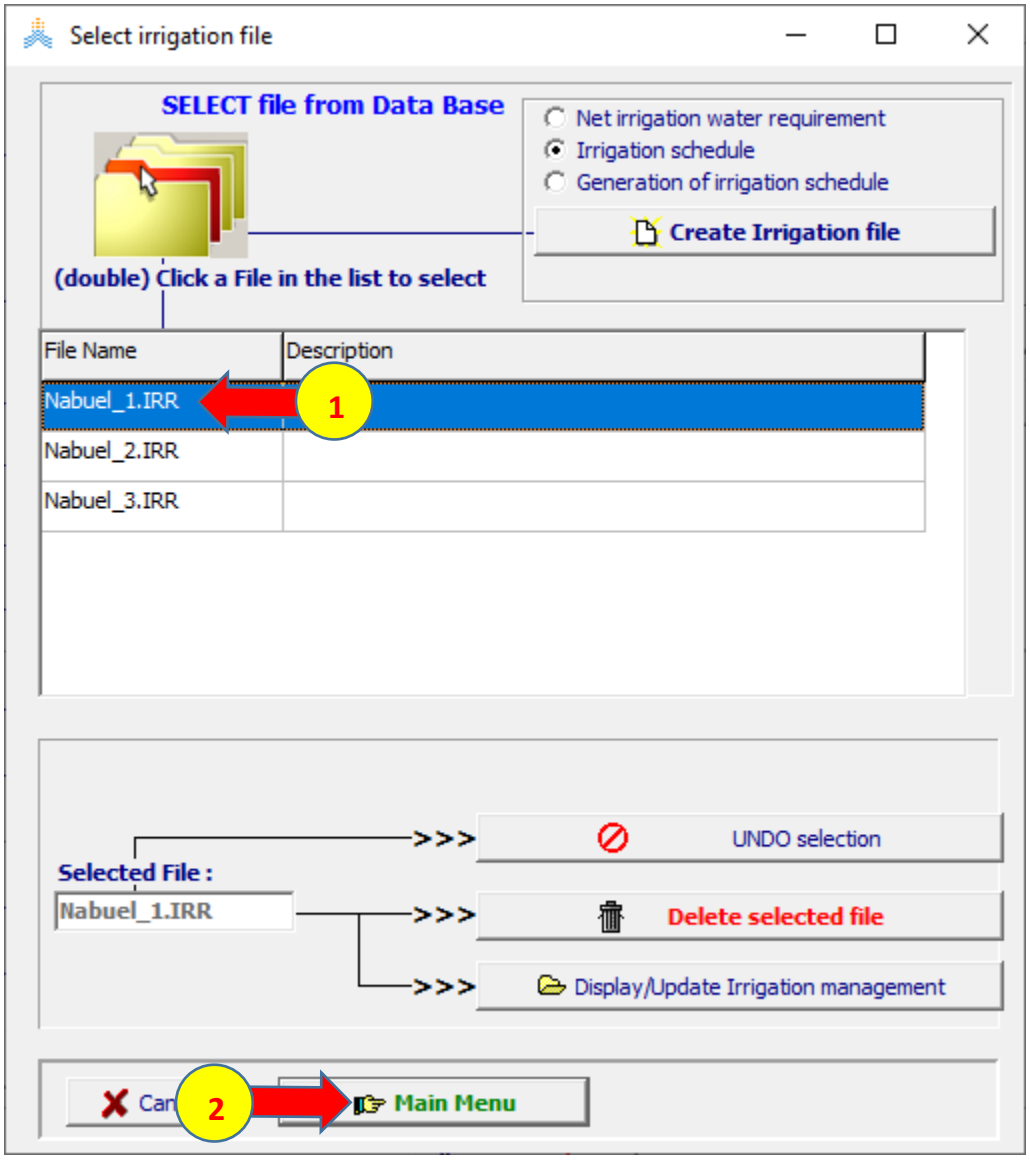
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation.
2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



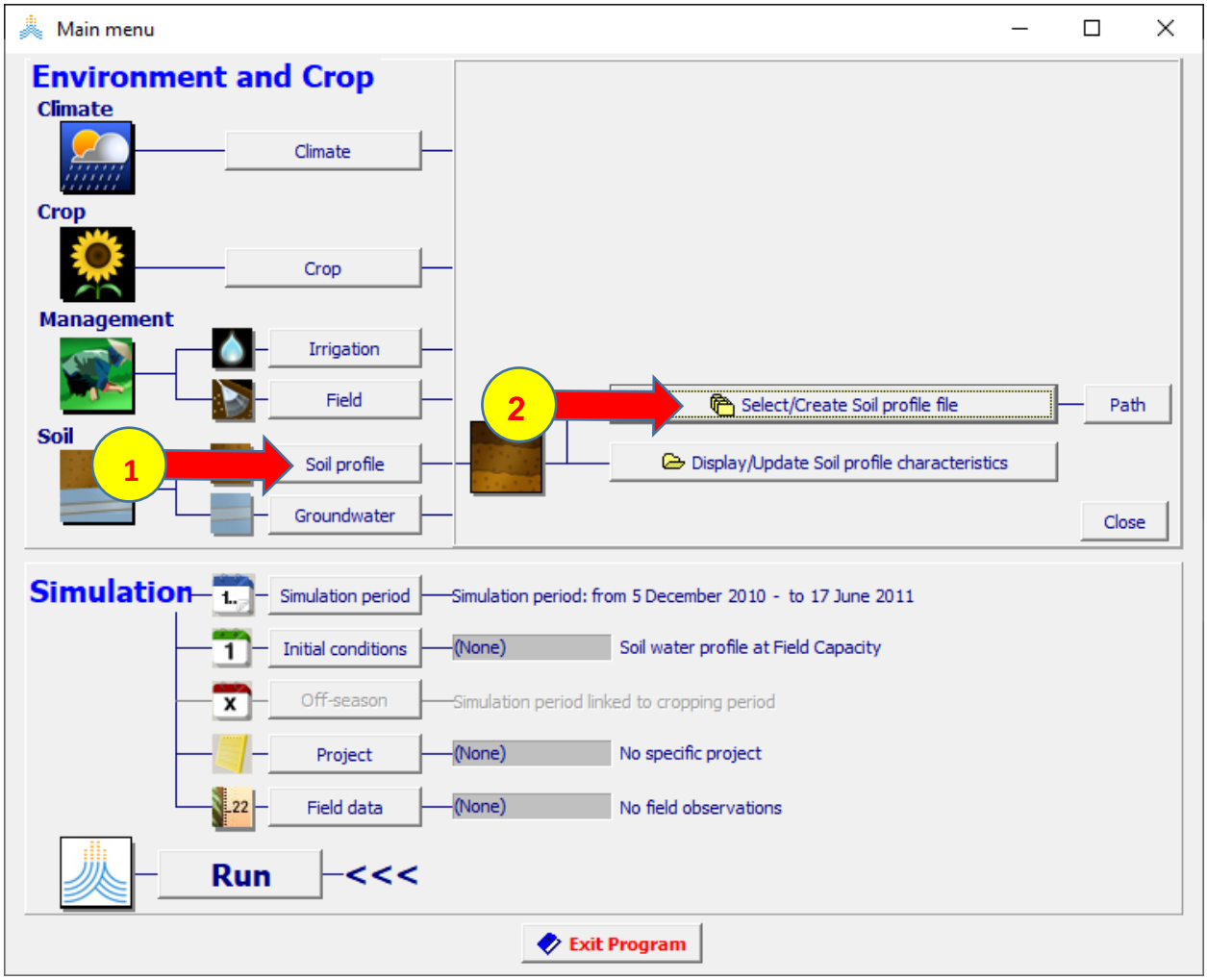
في الواجهة Select irrigation file:

1- اختر الملف Nabuel_1.IRR.
2- اختر الأمر Main Menu.



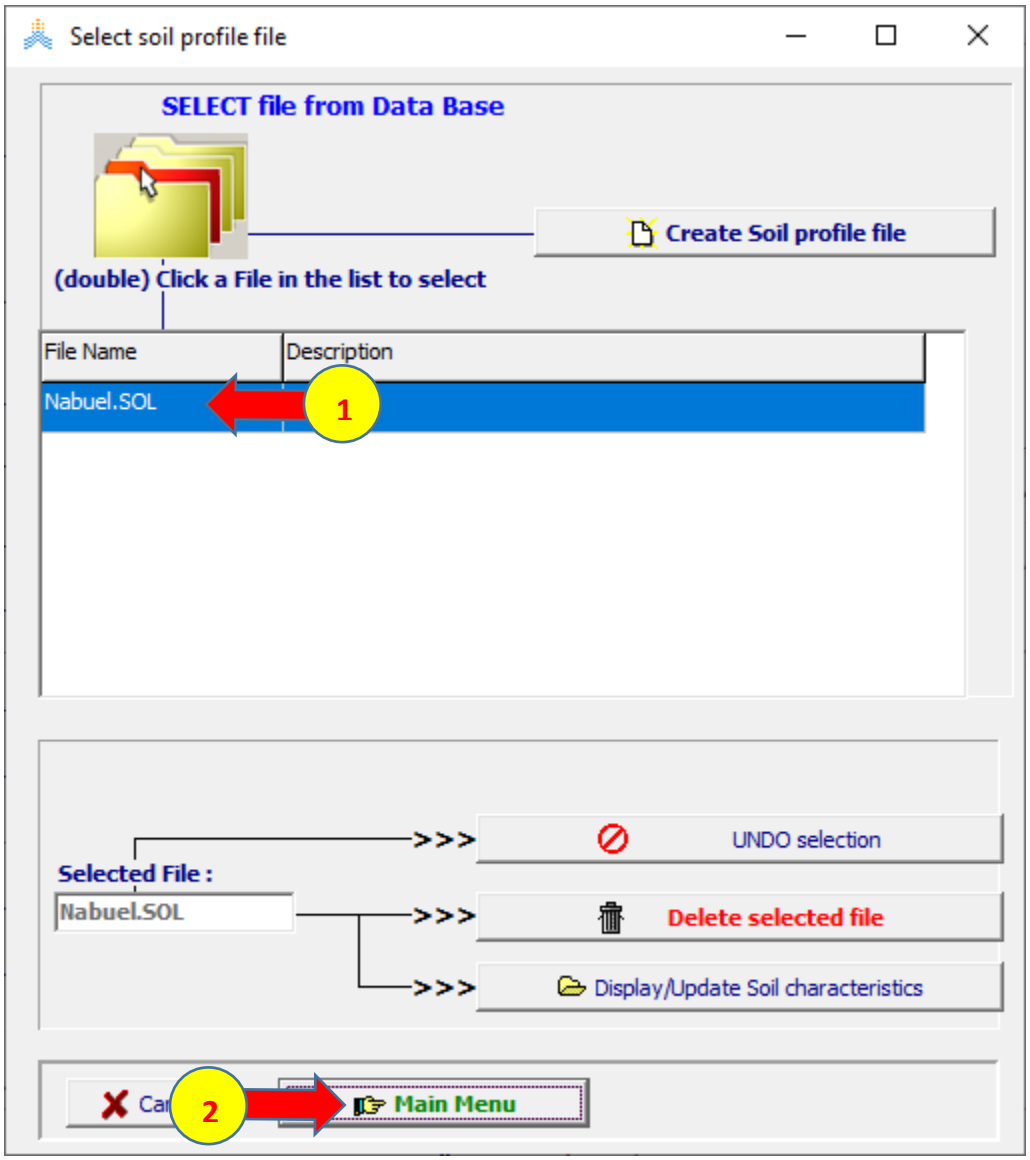
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Soil Profile.
2- اختر الأمر Select/Create Soil profile file.



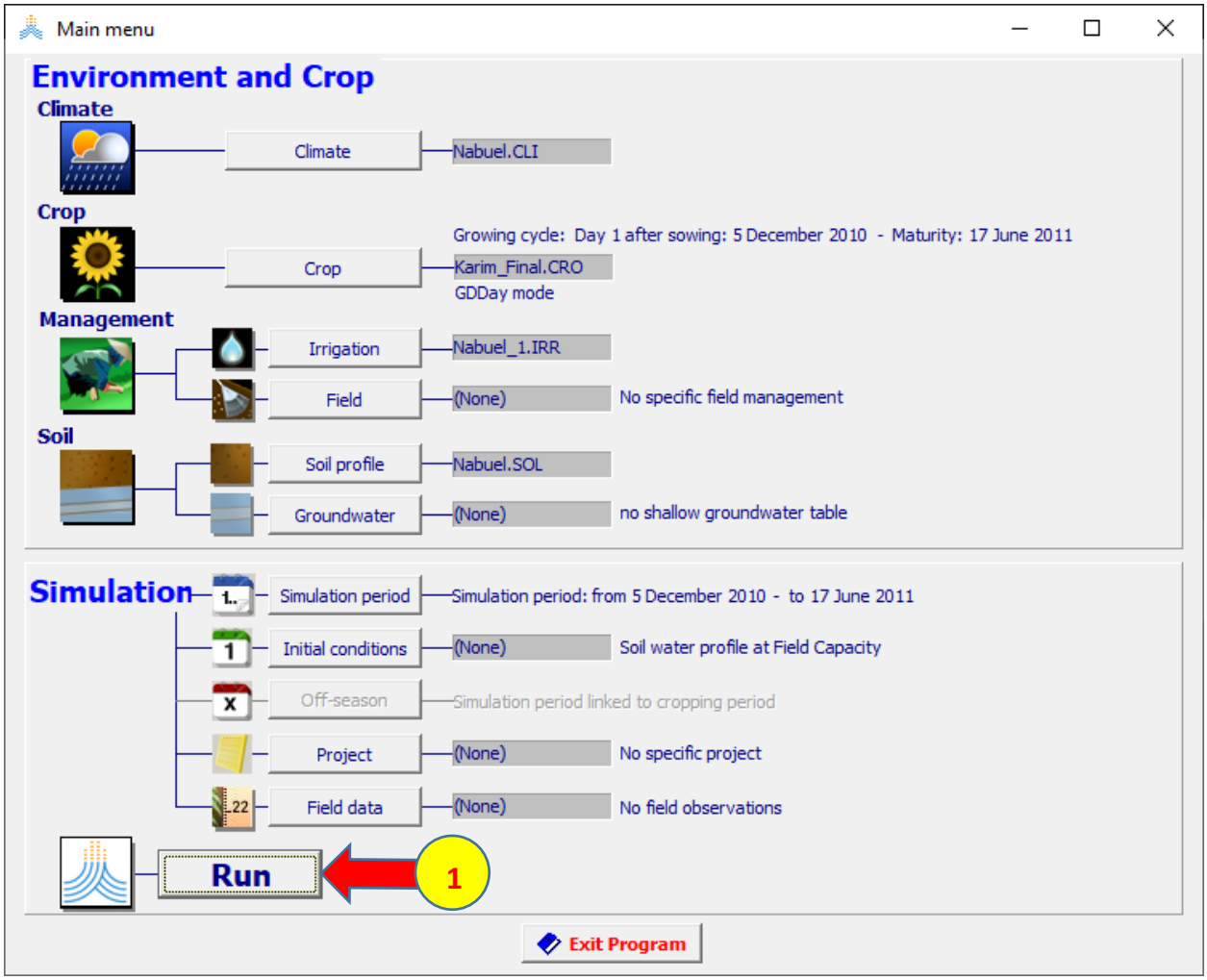
في الواجهة Select soil profile file:

1- اختر الملف Nabuel.SOL.
2- اختر الأمر Main Menu.



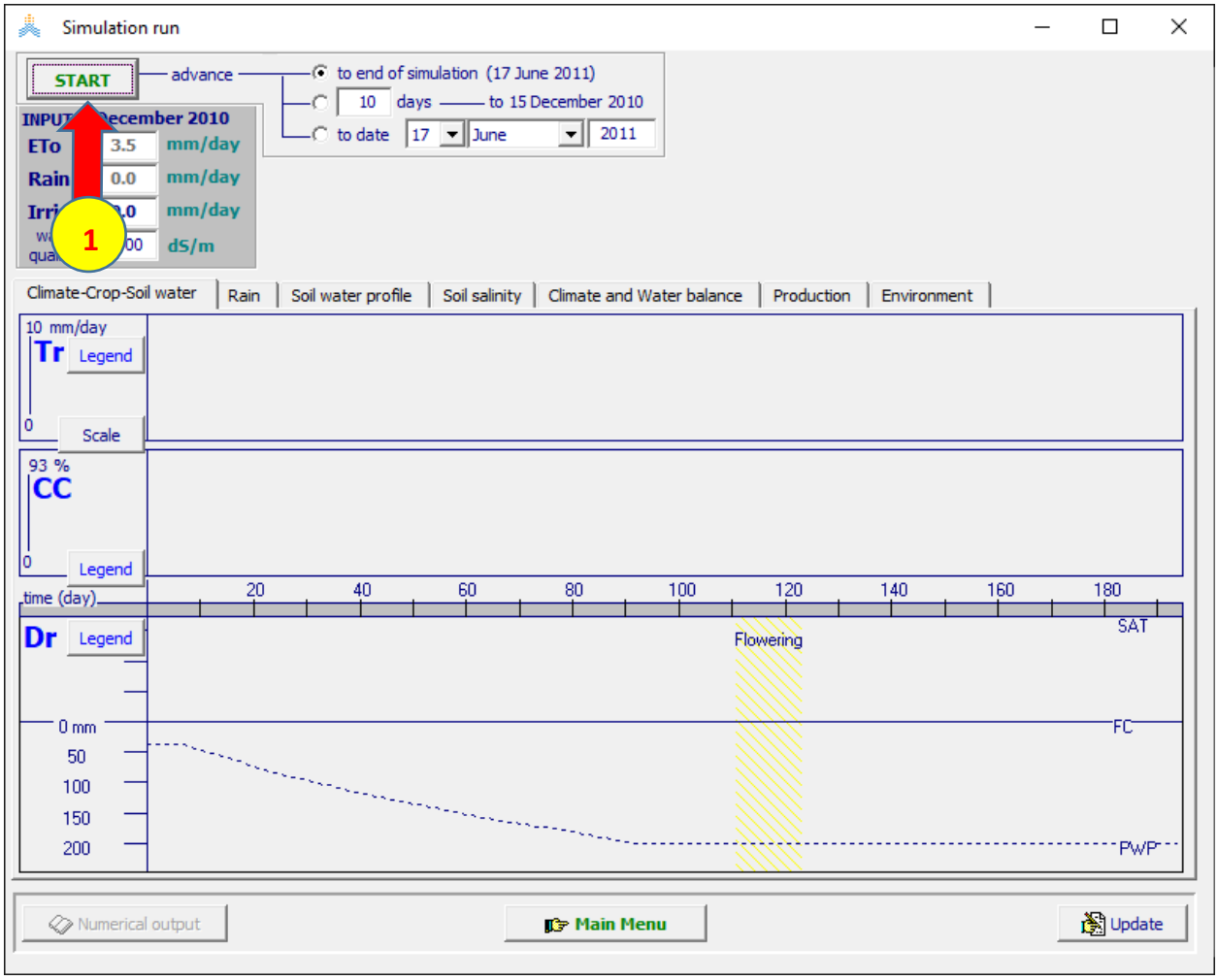
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Run.



في الواجهة Simulation run

1- اختر الأمر START.

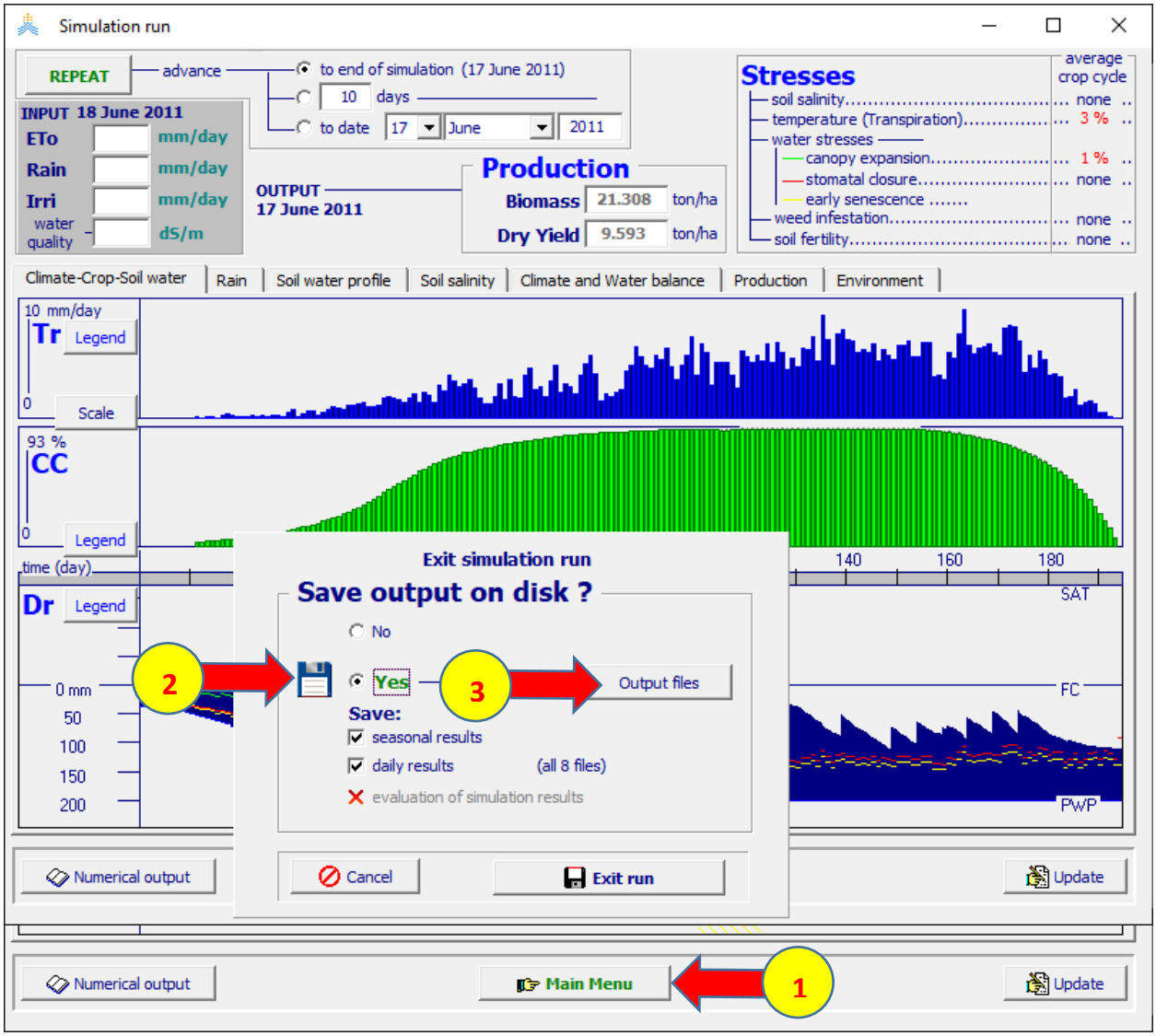


عند انتهاء المحاكاة:

1- اختر الأمر Main Menu في أسفل الواجهة Simulation run.

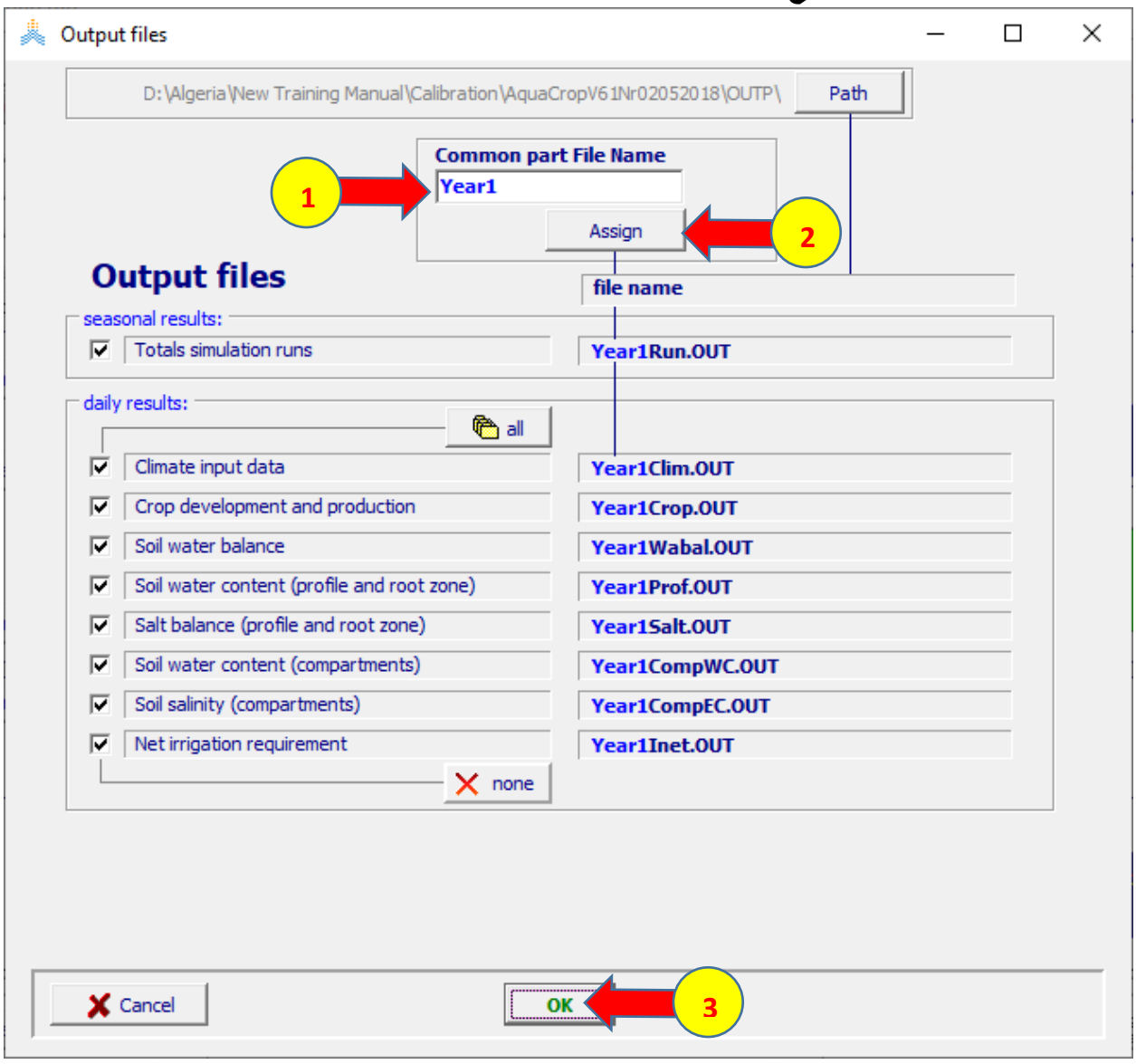
2- تظهر نافذة Exit simulation run، اختر Yes وتأكد من تفعيل الخيارين Save seasonal results و Save daily results (all 8 files).

3- اختر الأمر Output files.

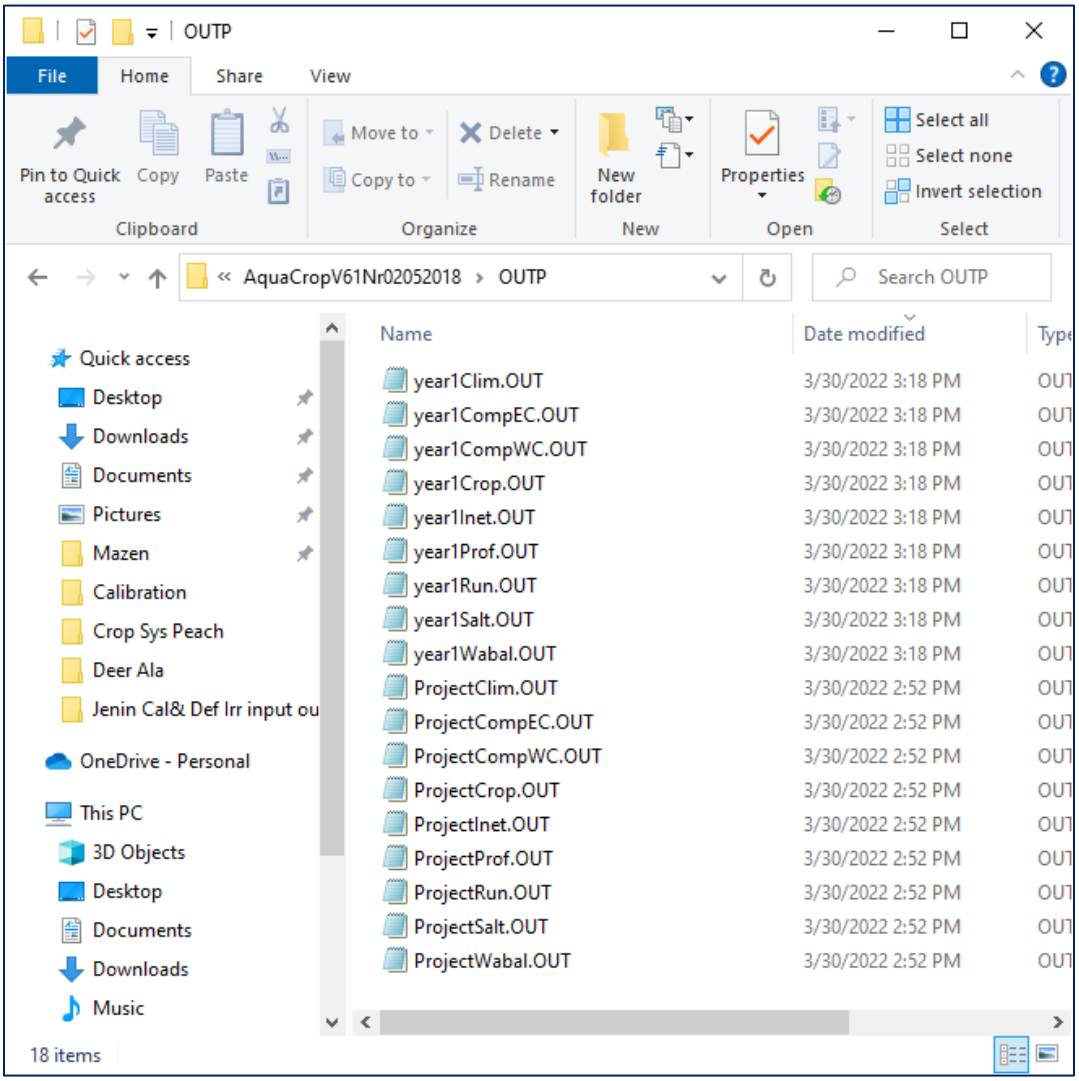


في الواجهة Output files:

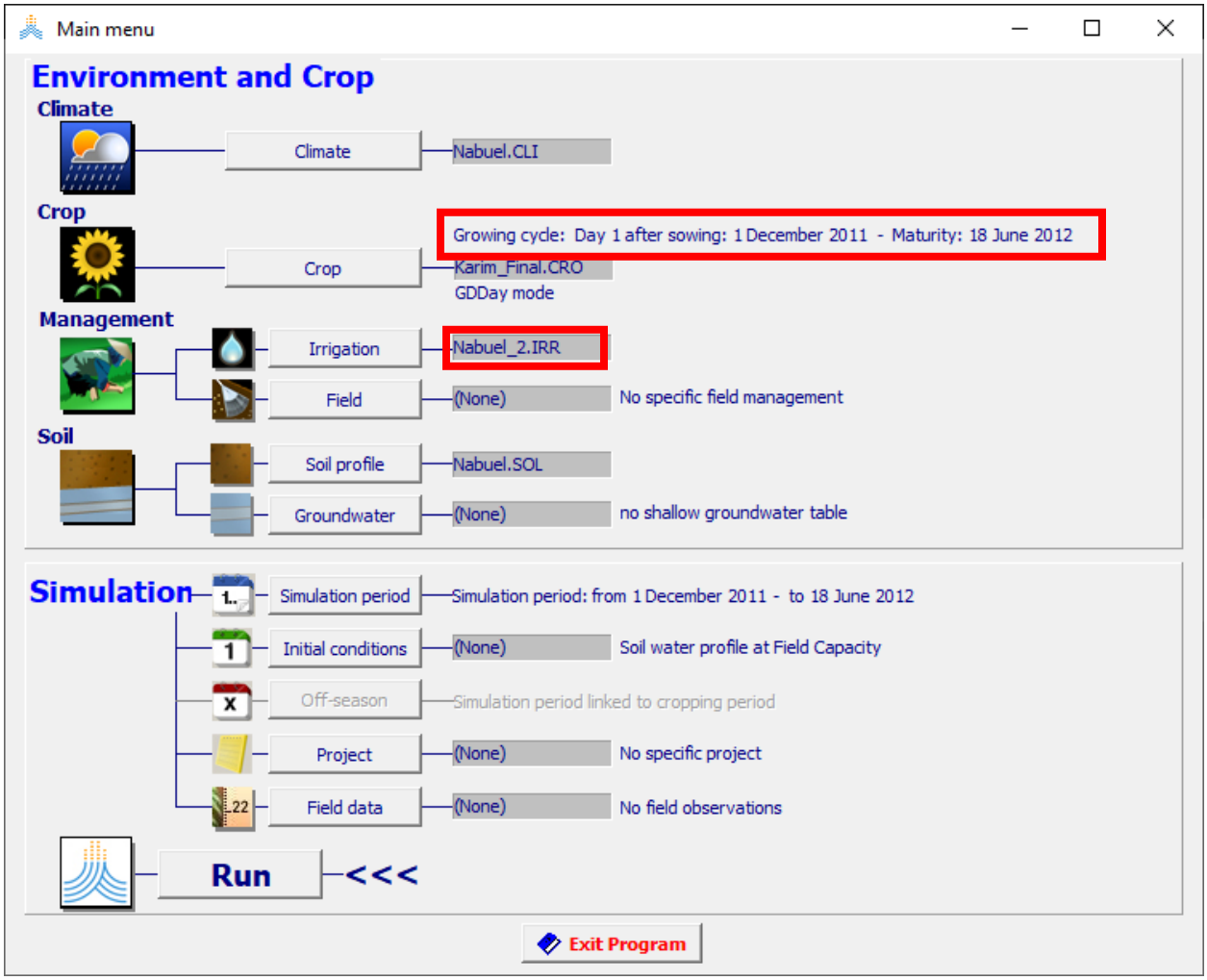
1- في النافذة Common part File Name اكتب Year1.
2- اختر الأمر Assign.
3- اختر OK لحفظ النتائج.



تحفظ نتائج المحاكاة في المجلد OUTP في مجلد AquaCropV61Nr02052018 في ملف موسمي هو Year1Run.OUT يتضمن خلاصة الموسم وقيم الكتلة الحيوية والإنتاجية المحاكاة، وثمانية ملفات يومية سنستخدم منها الملف Year1Crop.OUT الذي يحتوي تطور الغطاء النباتي يوميا خلال موسم النمو لتقييم المحاكاة.



لإجراء المحاكاة للموسم الثاني 2012-2011 نغير تاريخ اليوم الأول بعد الزراعة إلى 1 Dec 2011 ونستبدل ملف الري Nabuel_1.IRR بالملف Nabuel_2.IRR

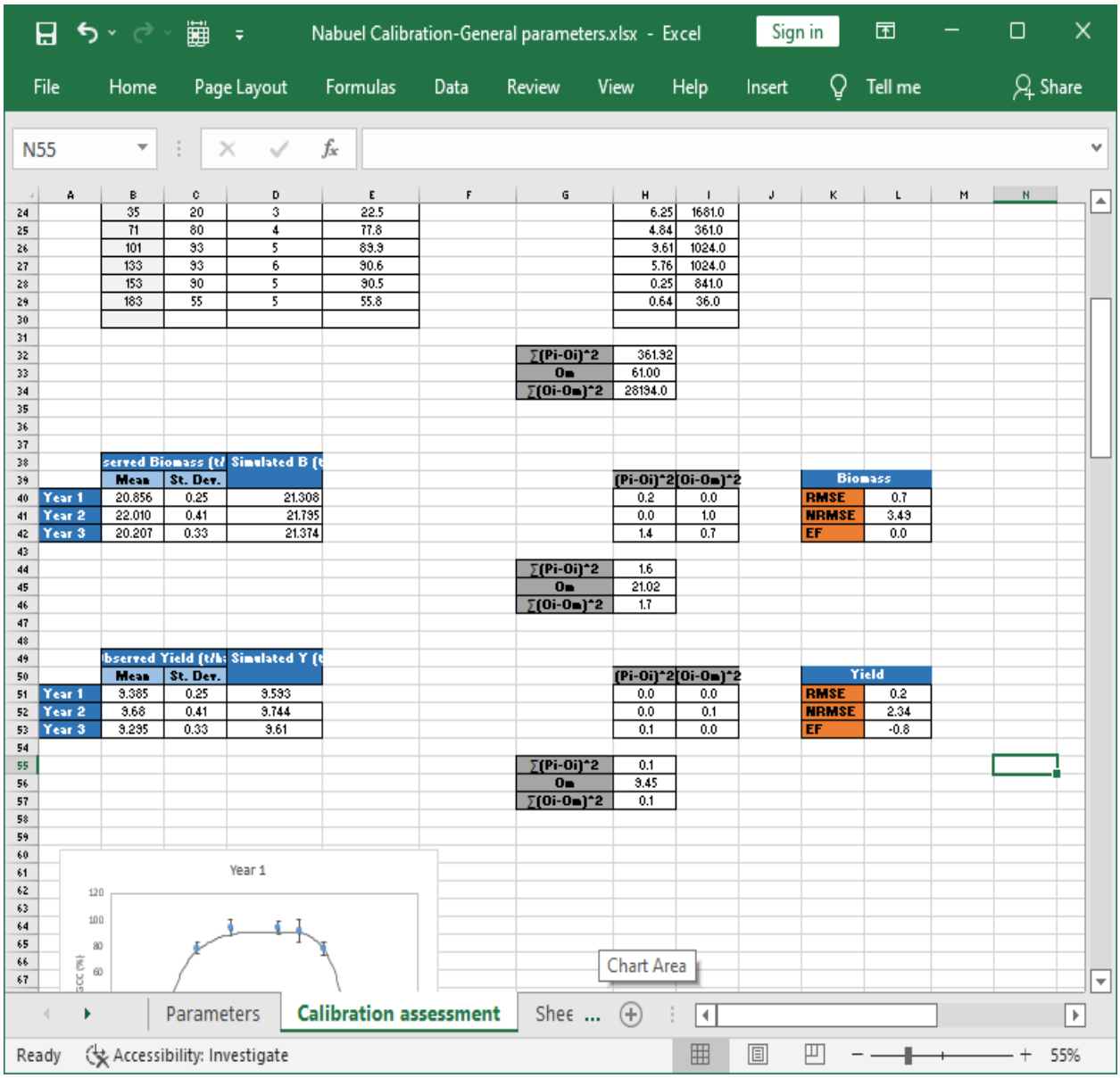


باتباع نفس الخطوات لحفظ نتائج محاكاة الموسم الأول نحفظ نتائج المحاكاة للموسم الثاني باسم Year2.

لإجراء المحاكاة للموسم الثالث 2013-2012 نغير تاريخ اليوم الأول بعد الزراعة إلى 10 Dec 2012 ونستبدل ملف الري Nabuel_2.IRR بالملف Nabuel_3.IRR ونحفظ النتائج للموسم الثالث باسم Year3.

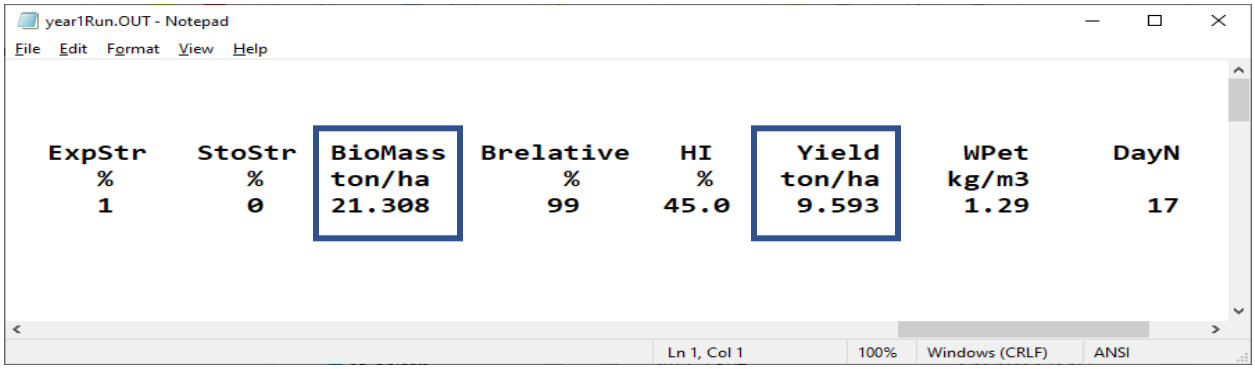
تقييم نتائج المحاكاة

يتم تقييم نتائج المحاكاة باستخدام الجداول في الصفحة Calibration assessment في الملف المرفق Nabuel Calibration-General parameters.xlsx.

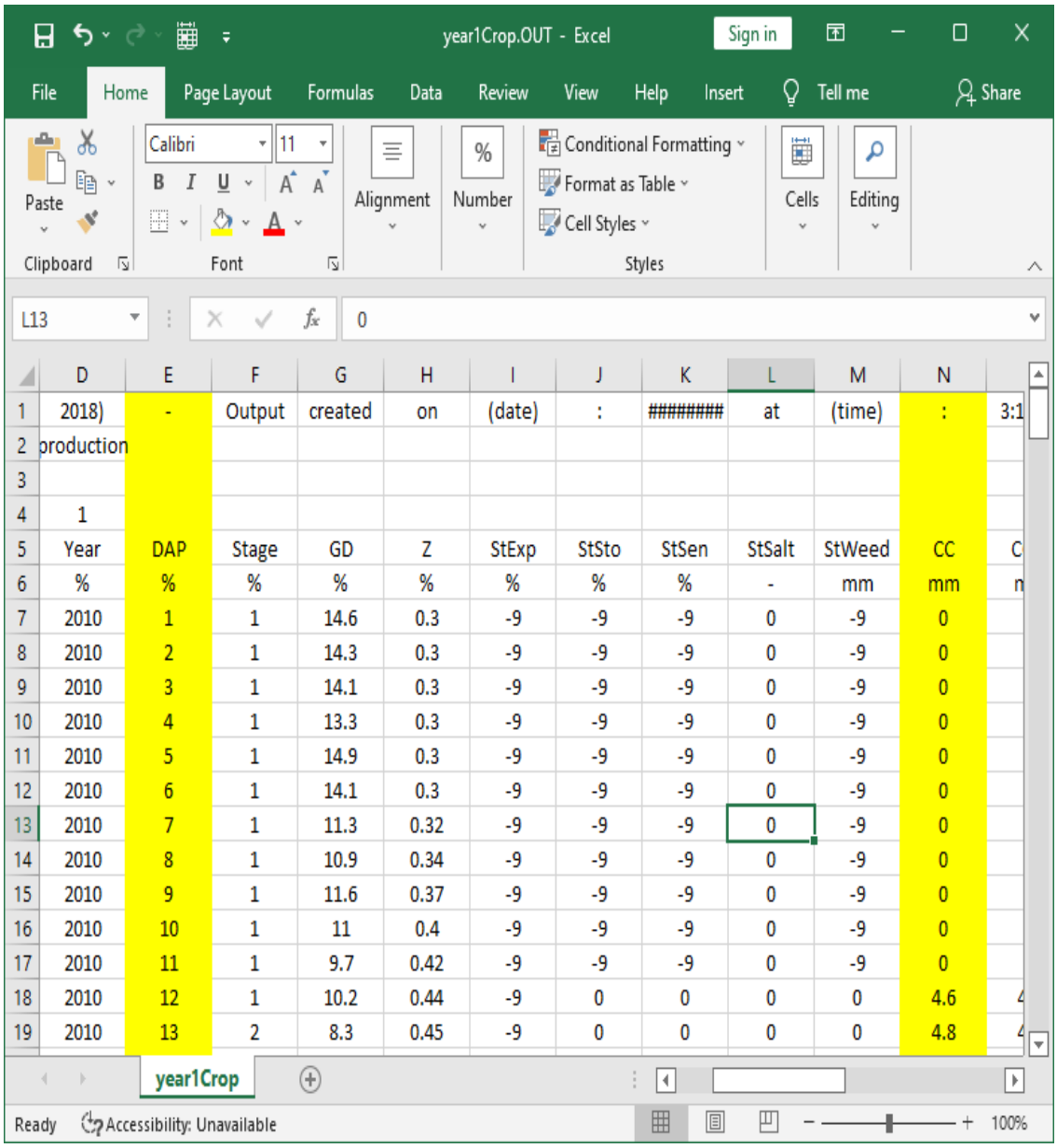


يتم تقييم جودة المحاكاة بمقارنة القيم المحسوبة بالنموذج Green canopy cover (GCC) وYield و Biomass مع القيم المقاسة لنفس البارامترات في الحقل المرجعي خلال المواسم الثلاثة وحساب المؤشرات الإحصائية للمقارنة.

يمكن الحصول على قيم Biomass و Yield المحسوبة للمواسم الثلاثة من الملفات الموسمية كما هو مبين في الملف year1run. OUT للموسم الأول.

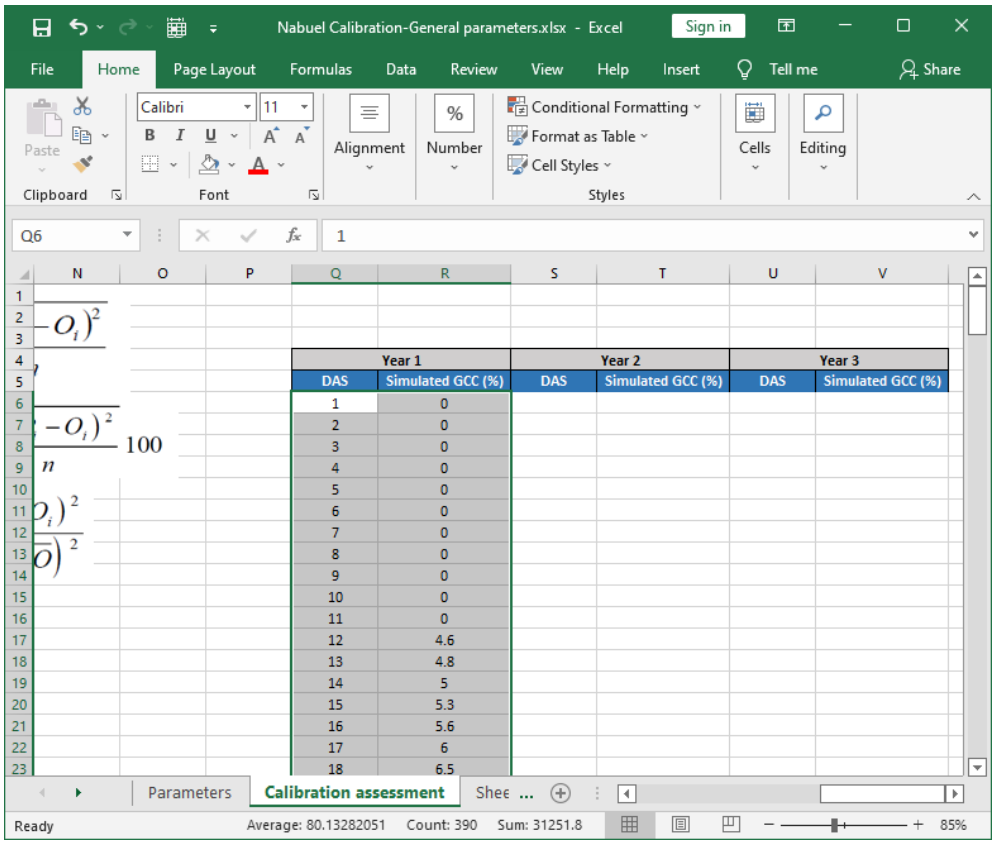


أما قيم Green canopy cover (GCC) فيتم الحصول عليها من الملفات Year1Crop.OUT بعد فتحها باستخدام برنامج Ecxel.

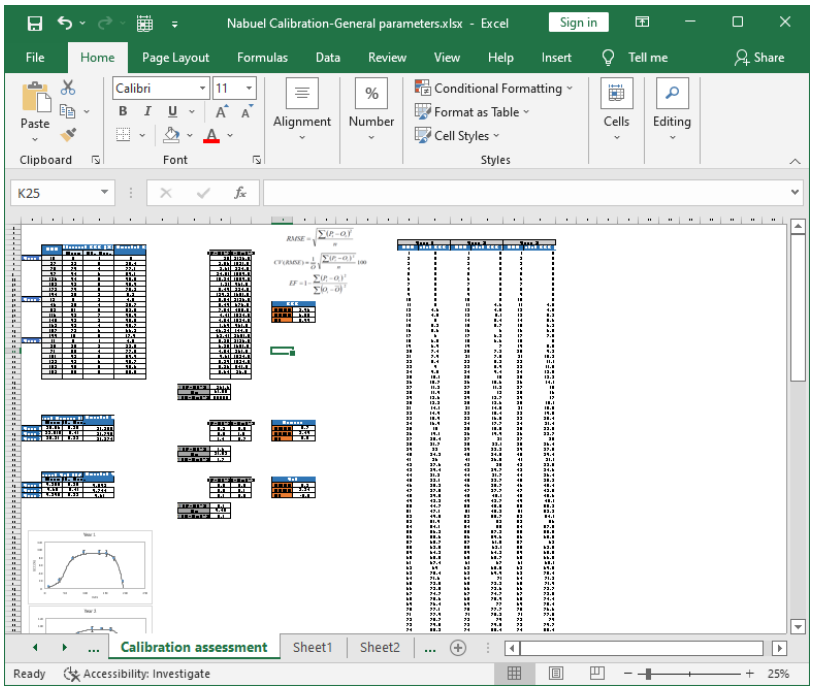


	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	2018)	-	Output	created	on	(date)	:	########	at	(time)	:	3:1
2	production											
3												
4	1											
5	Year	DAP	Stage	GD	Z	StExp	StSto	StSen	StSalt	StWeed	CC	C
6	%	%	%	%	%	%	%	%	-	mm	mm	n
7	2010	1	1	14.6	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0	
8	2010	2	1	14.3	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0	
9	2010	3	1	14.1	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0	
10	2010	4	1	13.3	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0	
11	2010	5	1	14.9	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0	
12	2010	6	1	14.1	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0	
13	2010	7	1	11.3	0.32	-9	-9	-9	0	-9	0	
14	2010	8	1	10.9	0.34	-9	-9	-9	0	-9	0	
15	2010	9	1	11.6	0.37	-9	-9	-9	0	-9	0	
16	2010	10	1	11	0.4	-9	-9	-9	0	-9	0	
17	2010	11	1	9.7	0.42	-9	-9	-9	0	-9	0	
18	2010	12	1	10.2	0.44	-9	0	0	0	0	4.6	4
19	2010	13	2	8.3	0.45	-9	0	0	0	0	4.8	4

انسخ العمودين DAP و CC وقم بلصقها في المكان المخصص للموسم الأول

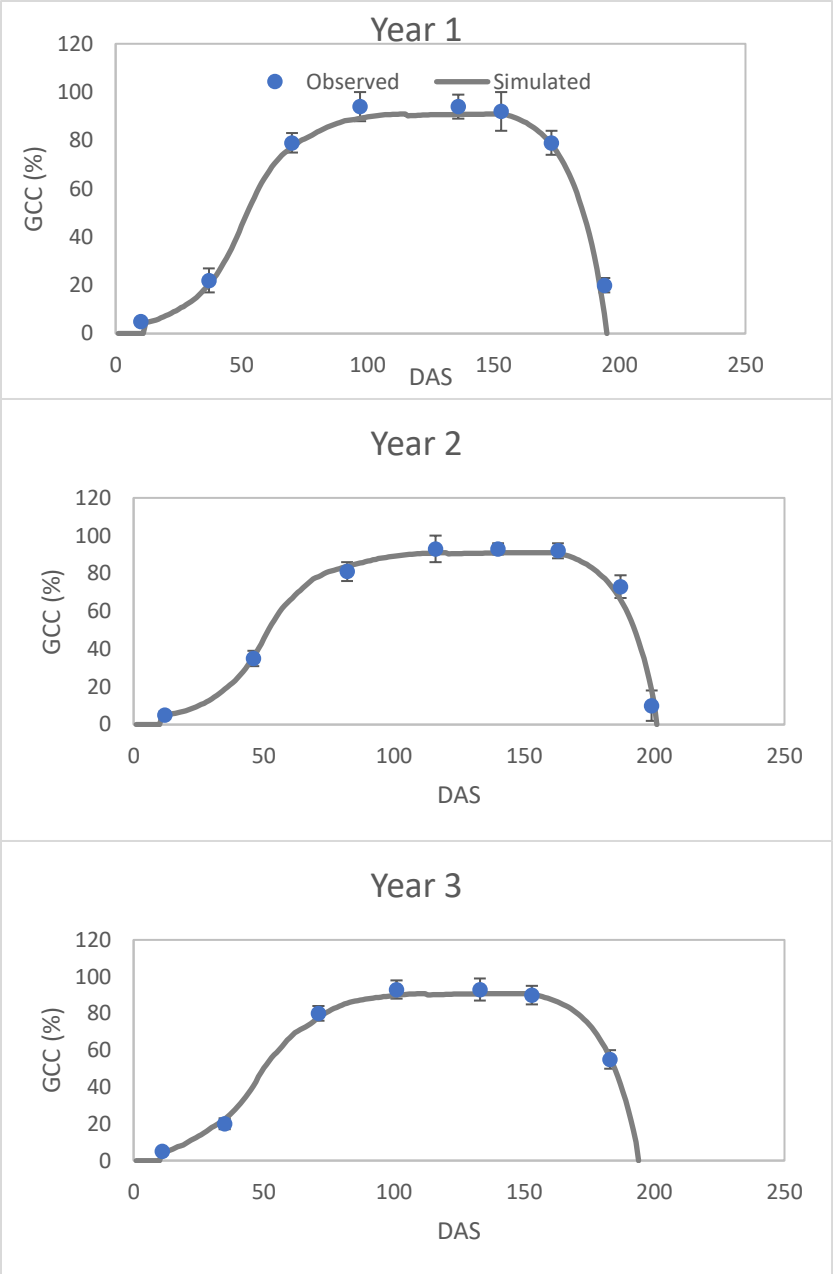


بتكرار الخطوات نفسها ننسخ نتائج المحاكاة للمواسم الثلاث إلى ملف الإكسل ونحصل على المؤشرات الإحصائية والمخططات البيانية لتقييم نتائج المحاكاة.



تظهر المخططات تطابقا ممتازا بين تطورالغطاء النباتي المقاس في الحقل المرجعي والمحسوب بالنموذج ,وكذلك المؤشرات الإحصائية الموجودة في الجدول أدناه

GCC	
RMSE	3.96
NRMSE	6.50
EF	0.99



كذلك تظهر المؤشرات الإحصائية للكتلة الحيوية والإنتاجية قيما جيدة جدا للمؤشر NRMSE كما هو مبين في الجدولين أدناه، بينما تكون قيم المؤشر EF غير مرضية وذلك لأن بيانات الإنتاجية والكتلة الحيوية التي تتم محاكاتها تم الحصول عليها من ظروف نمو مثالية في الحقل المرجعي ولايوجد تباين واضح في ظروف المحاكاة و قيم الإنتاجية والكتلة الحيوية المقاسة ليتم تقييم كفاءة النموذج EF.

	Observed Biomass (t/ha)		Simulated B (t/ha)	Biomass	
	Mean	St. Dev.			
Year 1	20.856	0.25	21.308	RMSE	0.7
Year 2	22.010	0.41	21.795	NRMSE	3.49
Year 3	20.207	0.33	21.374	EF	0.0

	Observed Yield (t/ha)		Simulated Y (t/ha)	Yield	
	Mean	St. Dev.			
Year 1	9.385	0.25	9.593	RMSE	0.2
Year 2	9.68	0.41	9.744	NRMSE	2.34
Year 3	9.295	0.33	9.61	EF	-0.8

المجالات المقبولة لقيم المؤشرات

المؤشر الإحصائي	R^2	NRMSE	EF	d
	0 - 1	0 - 100%	−∞ - 1.0	0 - 1
جيد جدا	≥0.90	≤ 5%	≥0.80	≥ 0.9
جيد	0.80-0.89	6 – 15%	0.60 – 0.79	0.80 – 0.89
مرض	0.70-0.79	16 – 25%	0.40 – 0.59	0.65 – 0.79
غير مرض	< 0.70	>25%	<0.40	<0.65

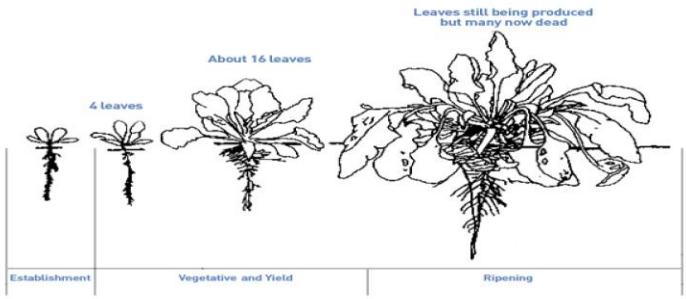
التمرين السادس: معايرة البارامترات المحافظة لمحصول الشوندر في الجيزة في مصر

إعداد وتشغيل مشروع لمحاكاة تطور الغطاء النباتي ونتح المحصول (من خلال تتبع رطوبة التربة) والإنتاجية لمحصول الشوندر المروي في الجيزة في مصر ثم معايرة ملف المحصول باستخدام بيانات لموسم 2014-2015 من حقل مرجعي ينمو فيه محصول الشوندر في ظروف مثالية من حيث إجهاد الخصوبة والإجهاد الحيوي والإجهاد المائي في معاملة الري الكامل T1 ويتعرض لإجهاد مائي في بداية موسم النمو في معاملة الري الناقص T2 و في نهايته في المعاملة T3 المبينتين في الجدول أدناه.

الموقع: الجيزة - مصر

المحصول: شوندر سكري الصنف : Xanadu

موسم 2015 / 2014



T1	ري كامل	
T2	ري كامل	ري ناقص
T3	ري كامل	ري ناقص

المعطيات:

كل المعطيات المتوفرة للموقع موجودة في الملف المرفق Giza-Dataset.xlsx:

البيانات المناخية:
بيانات مناخية يومية (حرارة صغرى , حرارة عظمى, هطول مطري، إشعاع شمسي، سرعة رياح، ضغط بخارالماء الفعلي) من بداية 2014 حتى نهاية 2015, وقد تم تحضير ملفات المدخلات المناخية لبرنامج AquaCrop بالأسماء التالية:
الملف المناخي العام Giza.CLI,و ملفات البيانات المناخية اليومية Giza.TNX, Giza.PLU،Giza.ETo .
البيانات المناخية في الملفات المذكورة أعلاه يومية تغطي الفترة من 1 كانون الثاني/ Jan 2014 حتى 31 كانون الأول/ Dec 2015 .

خصائص التربة:
ملف التربة Giza.SOL المؤلفة من طبقة واحدة قوامها clay loam وسماكتها 1.2 م.

إدارة الري:
ثلاثة ملفات ري، واحد لكل معاملة موجودة في الملفات Giza , Giza _T2.IRR Giza _T1.IRR و Giza _T3.IRR

خصائص المحصول:
موجودة في الصفحتين Crop و Green Canopy cover في الملف المرفق Giza-Dataset.xlsx للمعاملات الثلاثة حيث ستستخدم هذه البيانات لإنشاء ملف محصول من بيانات معاملة الري الكامل ثم معايرته باستخدام بيانات معاملتي الري الكامل.

رطوبة التربة:
موجودة في الصفحة SWC بيانات رطوبة التربة خلال موسم النمو للمعاملات الثلاثة.
بيانات الإنتاجية:
القيم المقاسة للكتلة الحيوية والإنتاجية للمعاملات الثلاثة في الصفحة Biomass and Yield لحساب مؤشر الحصاد HI0.

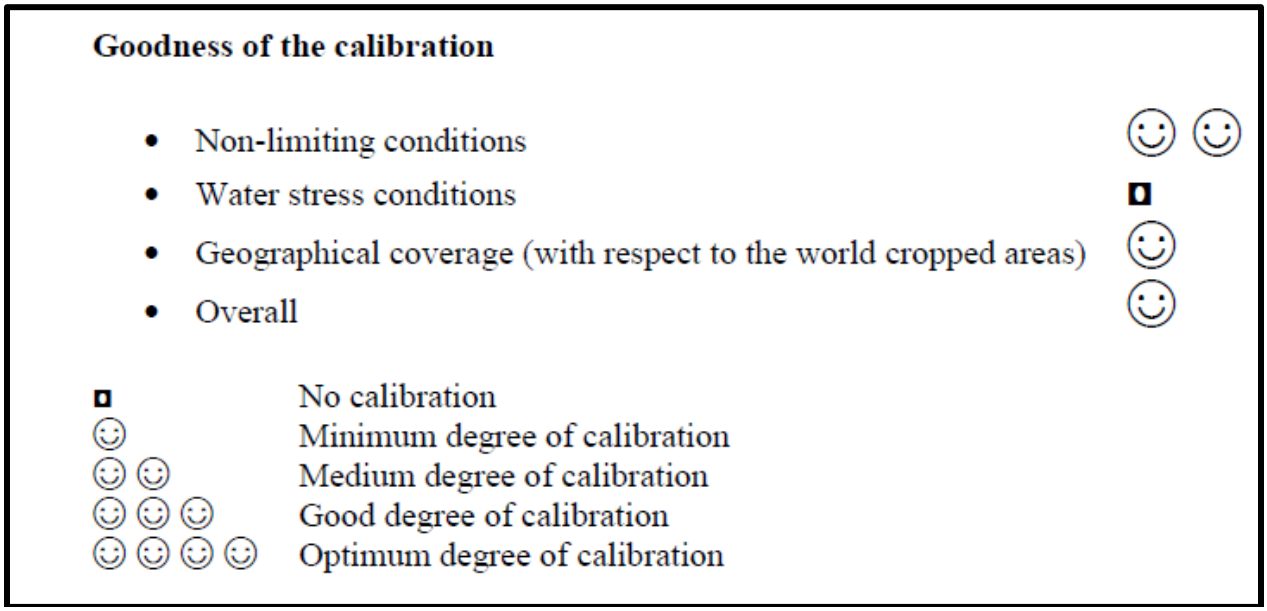
شروط إدارة الحقل:
ملف إدارة الحقل الافتراضي DEFUALT.MAN حيث خصوبة التربة ومكافحة الأعشاب الضارة في الحقل المرجعي مثالية.

الشروط الابتدائية: الملف الافتراضي None والذي تكون فيه رطوبة التربة مساوية للسعة الحقلية FC لتربة الحقل المرجعي.

يشير الدليل المرجعي لبرنامج AquaCrop في ملاحقه إلى جودة المعايرة لكل محصول من المحاصيل الموجودة في قاعدة بيانات البرنامج.

الشكل أدناه يبين أن معايرة محصول الشوندر الموجود في قاعدة بيانات البرنامج:

- لحالة شروط النمو المثالية متوسط الجودة.
- وأن المحصول غير معاير إطلاقا لشروط الإجهاد المائي.
- وأن معايرته للمواقع الجغرافية المختلفة ضعيفة.



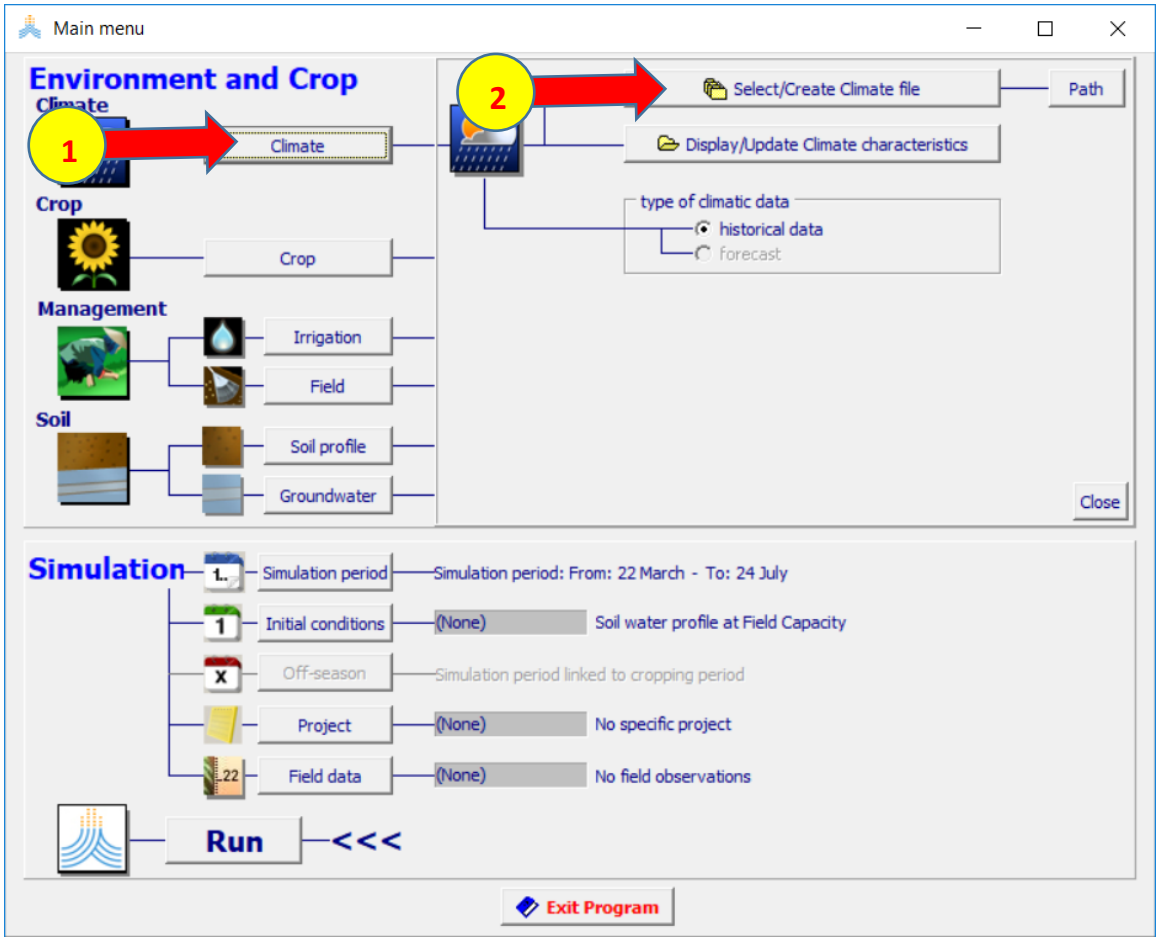
وبالتالي يجب معايرة المحصول لكل موقع جغرافي وباستخدام بيانات لحقل مرجعي وحقل مجهد لمعايرة المعاملات غير المحافظة المتعلقة بفينولوجيا المحصول والمعاملات المحافظة المتعلقة بالإجهاد المائي والإنتاجية المائية.

إعداد ملف محصول الشوندر صنف Xanadu من بيانات معاملة الري الكامل T1

في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Climate.

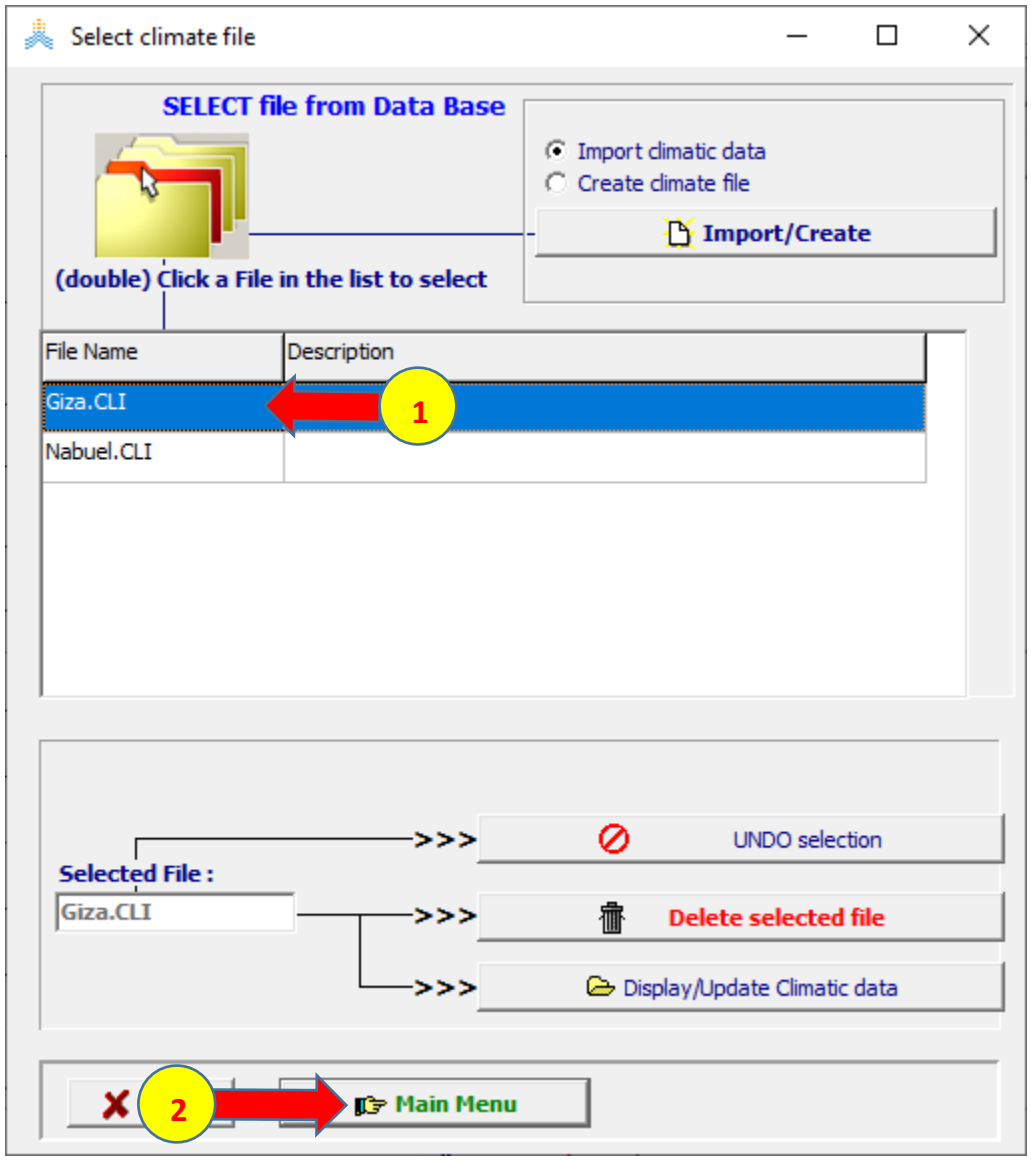
2- اختر الأمر Select/Create Climate file.



في الواجهة Select climate file:

1- اختر الملف Giza.CLI.

2- اختر الأمر Main Menu.

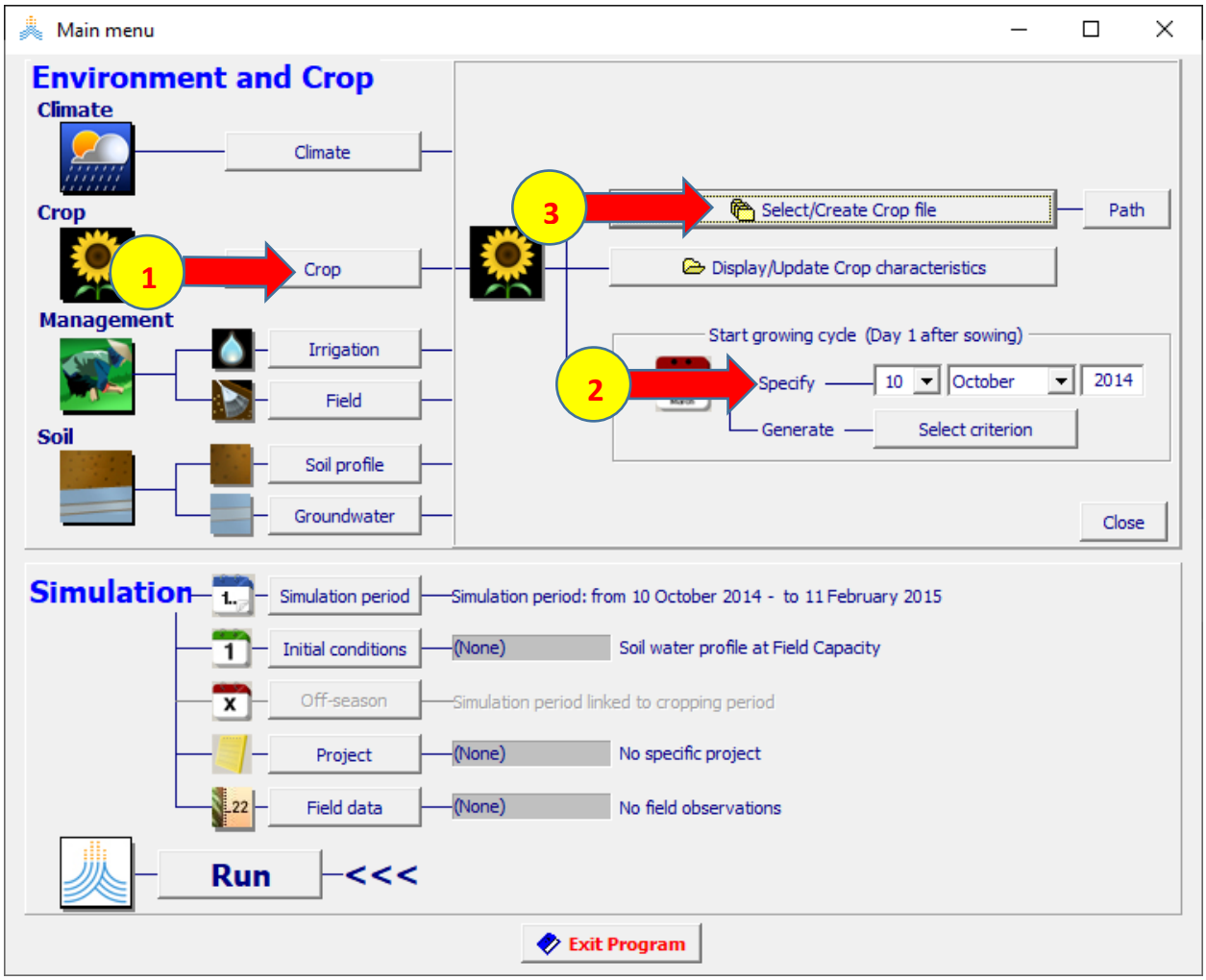


إعداد ملف المحصول للشوندر باستخدام بيانات المحصول

لمعاملة الري الكامل T1

في الواجهة Main menu:

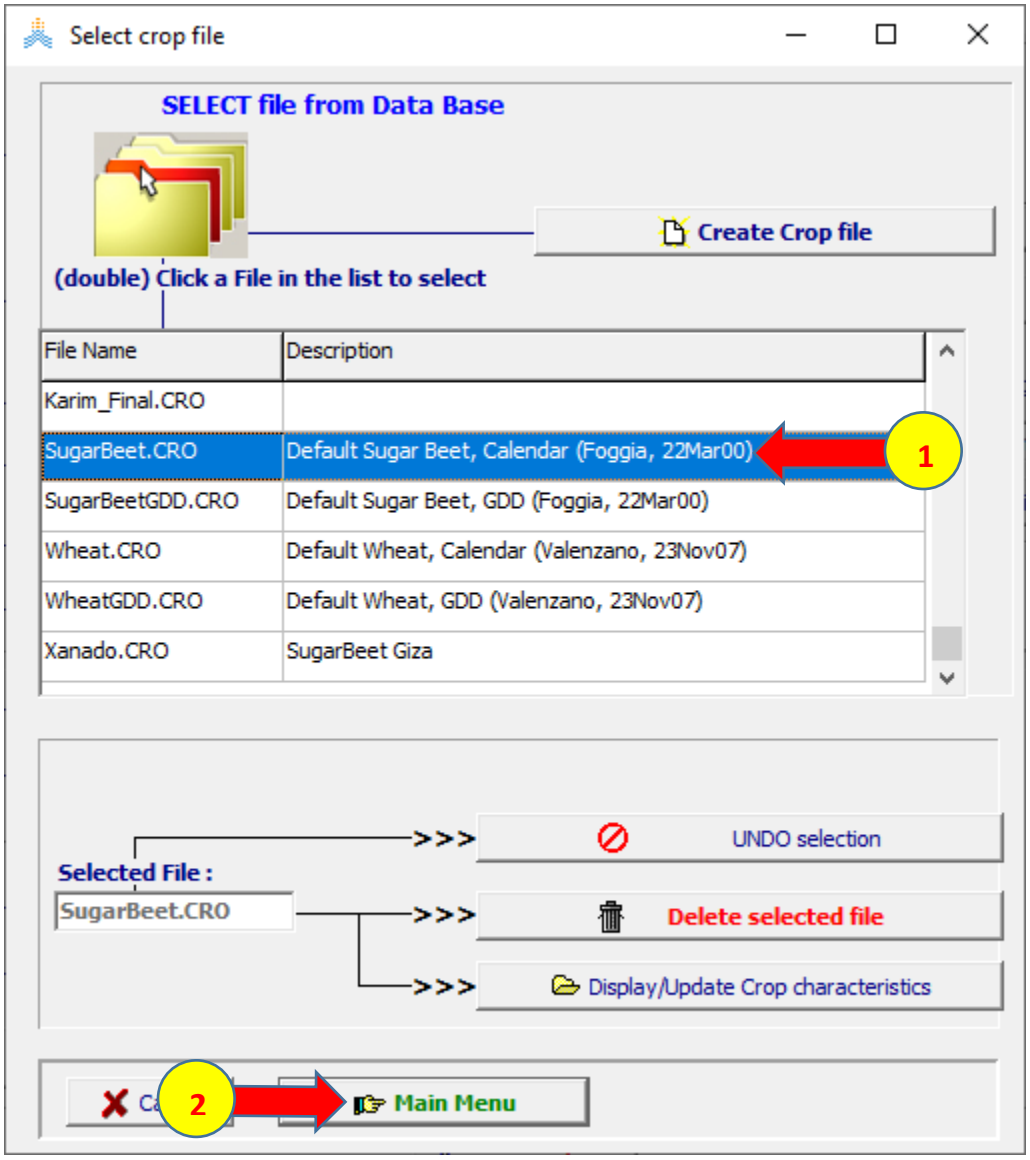
1- اختر الأمر Crop.
2- حدد تاريخ الزراعة 10 Oct 2014.
3- اختر الأمر Select/Create Crop file.



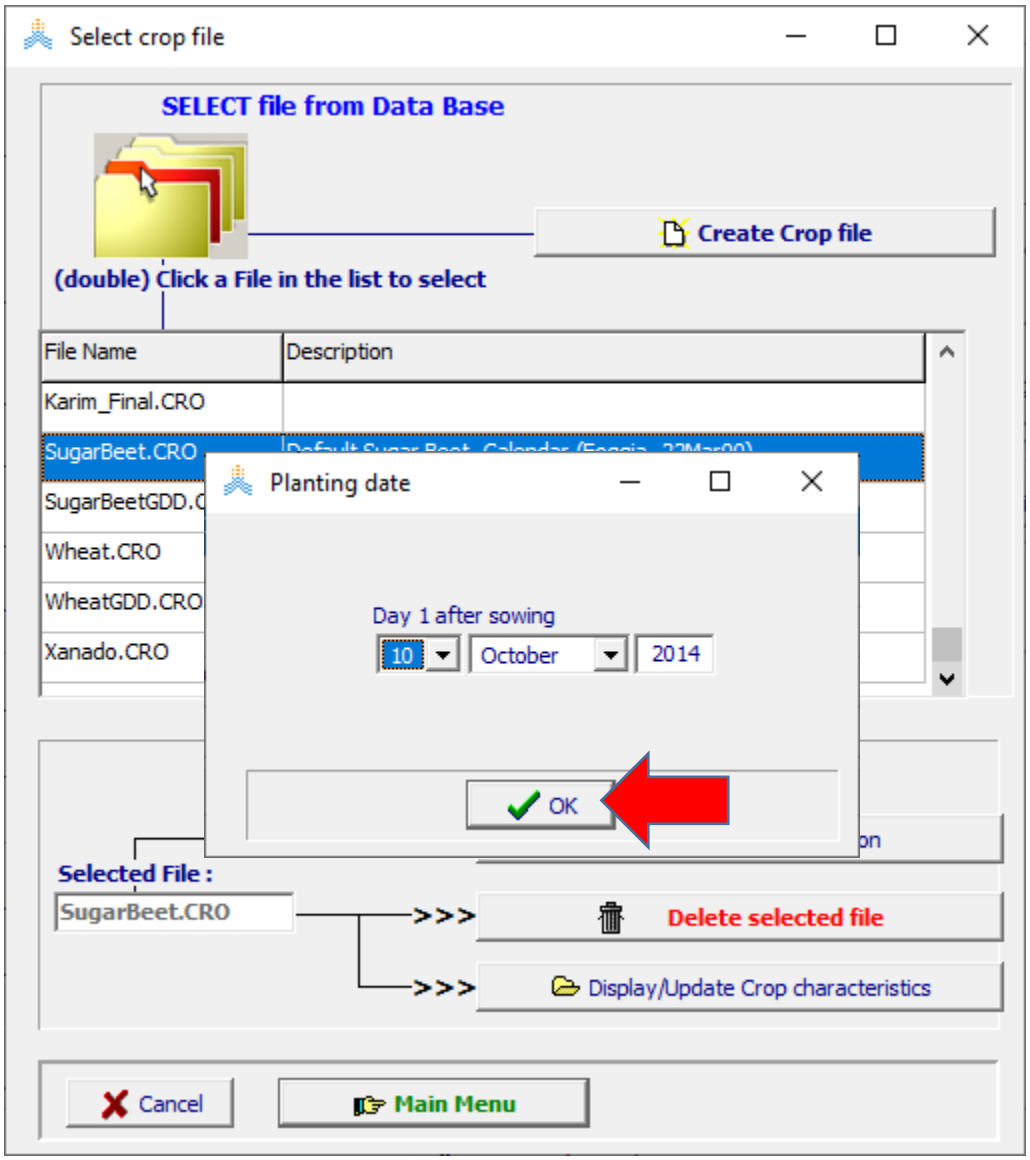
في الواجهة Select crop file:

1- اختر ملف المحصول SugarBeet.CRO المحفوظ بالتقويم اليومي Calendar.

2- اختر الأمر Main Menu.

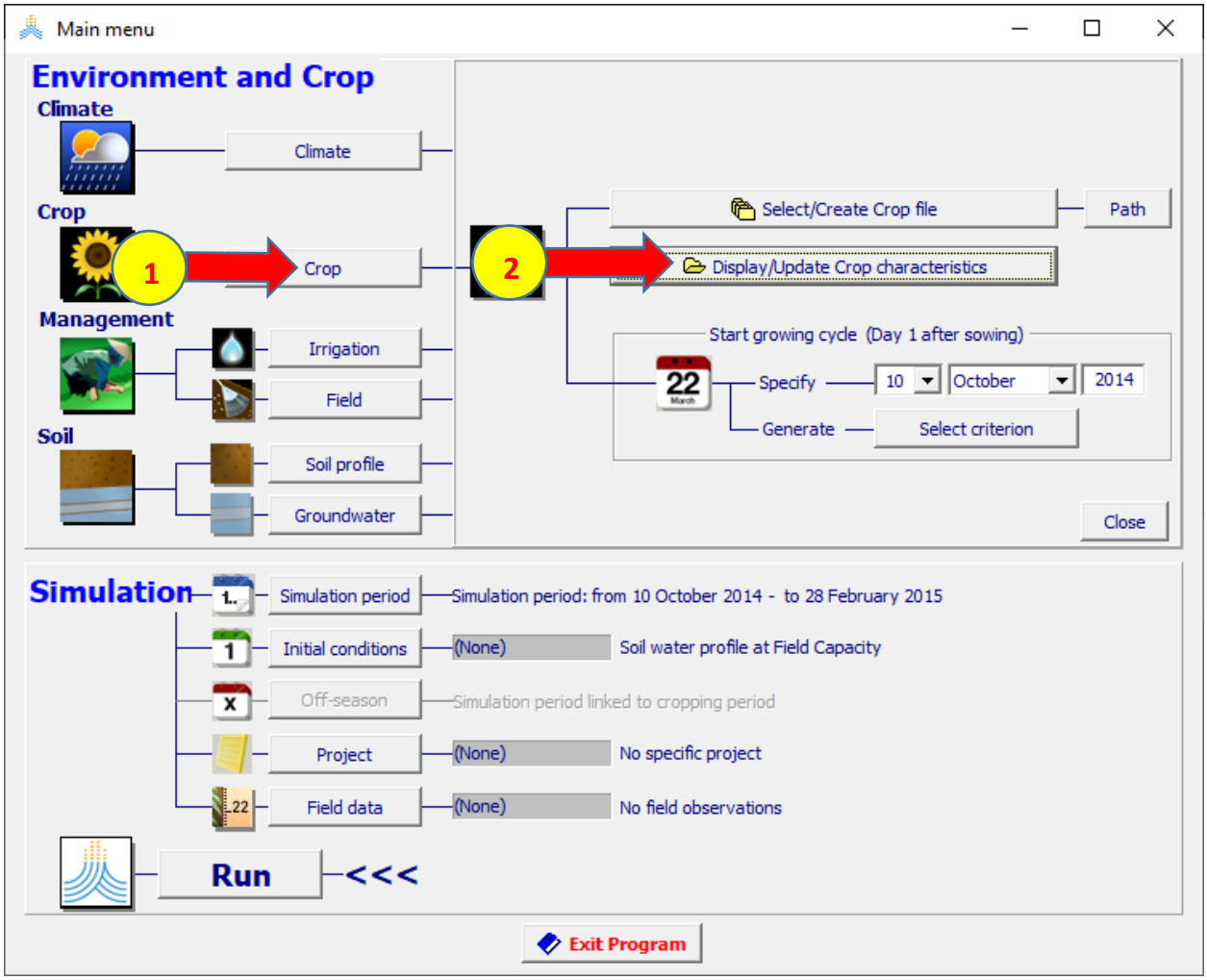


عند اختيار الأمر Main Menu تظهر نافذة Planting date اختر OK لتأكيد تاريخ الزراعة .



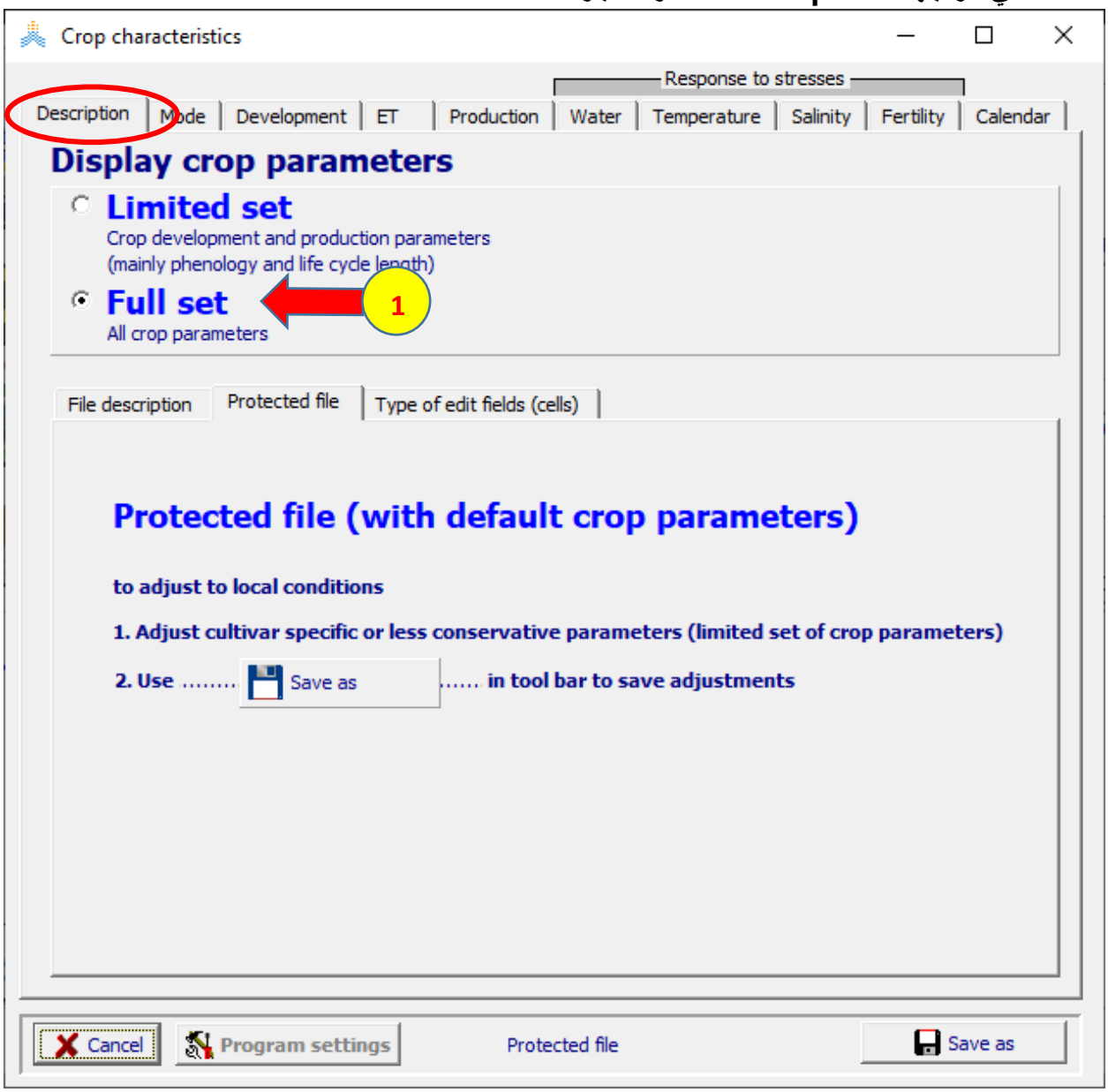
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Crop.
2- اختر الأمر Display/Update Crop characteristics.



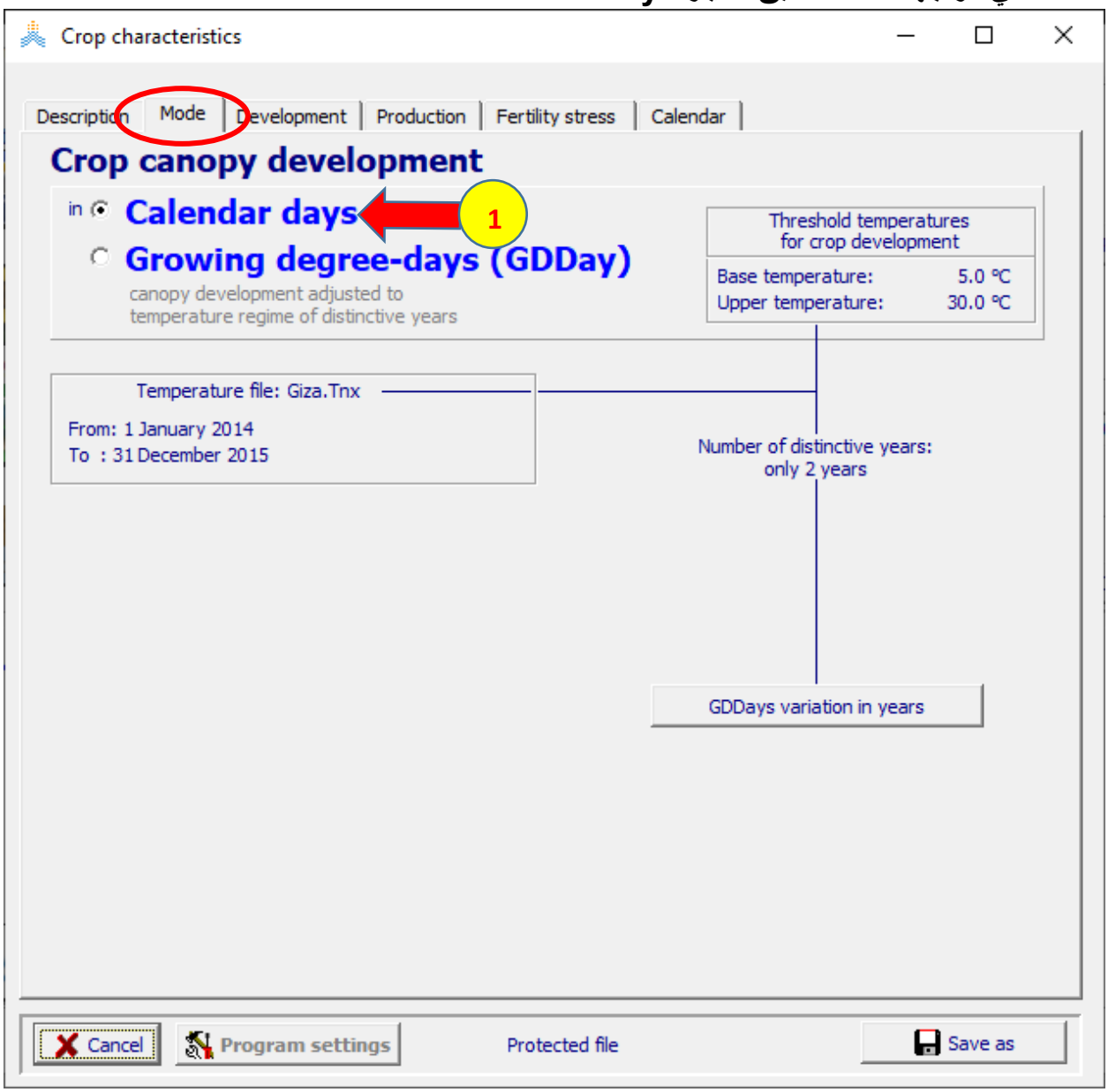
في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Description اختر الخيار Full set.



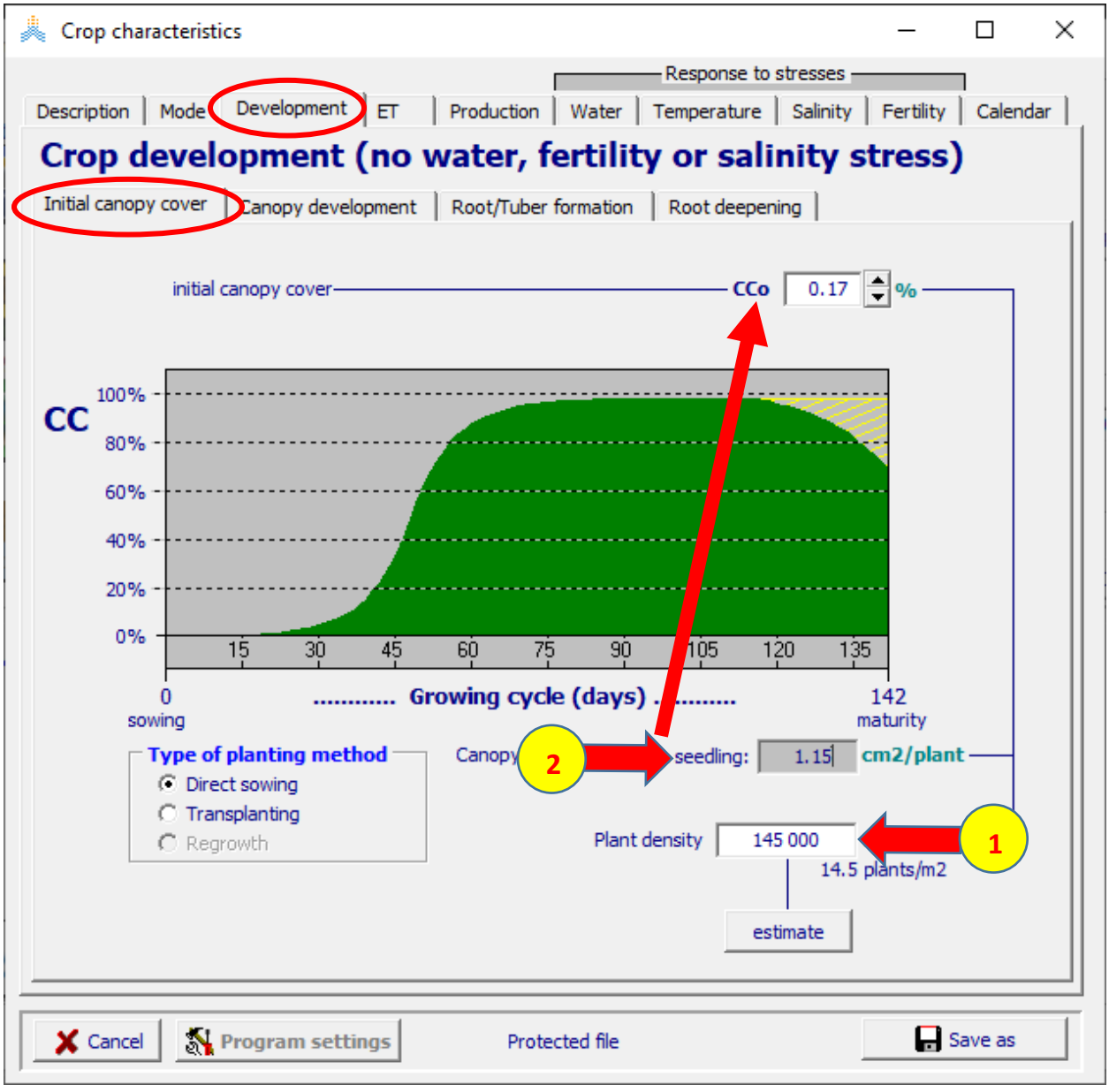
في الواجهة Crop characteristics:

1- في الواجهة Mode ابق الخيار Calendar days.



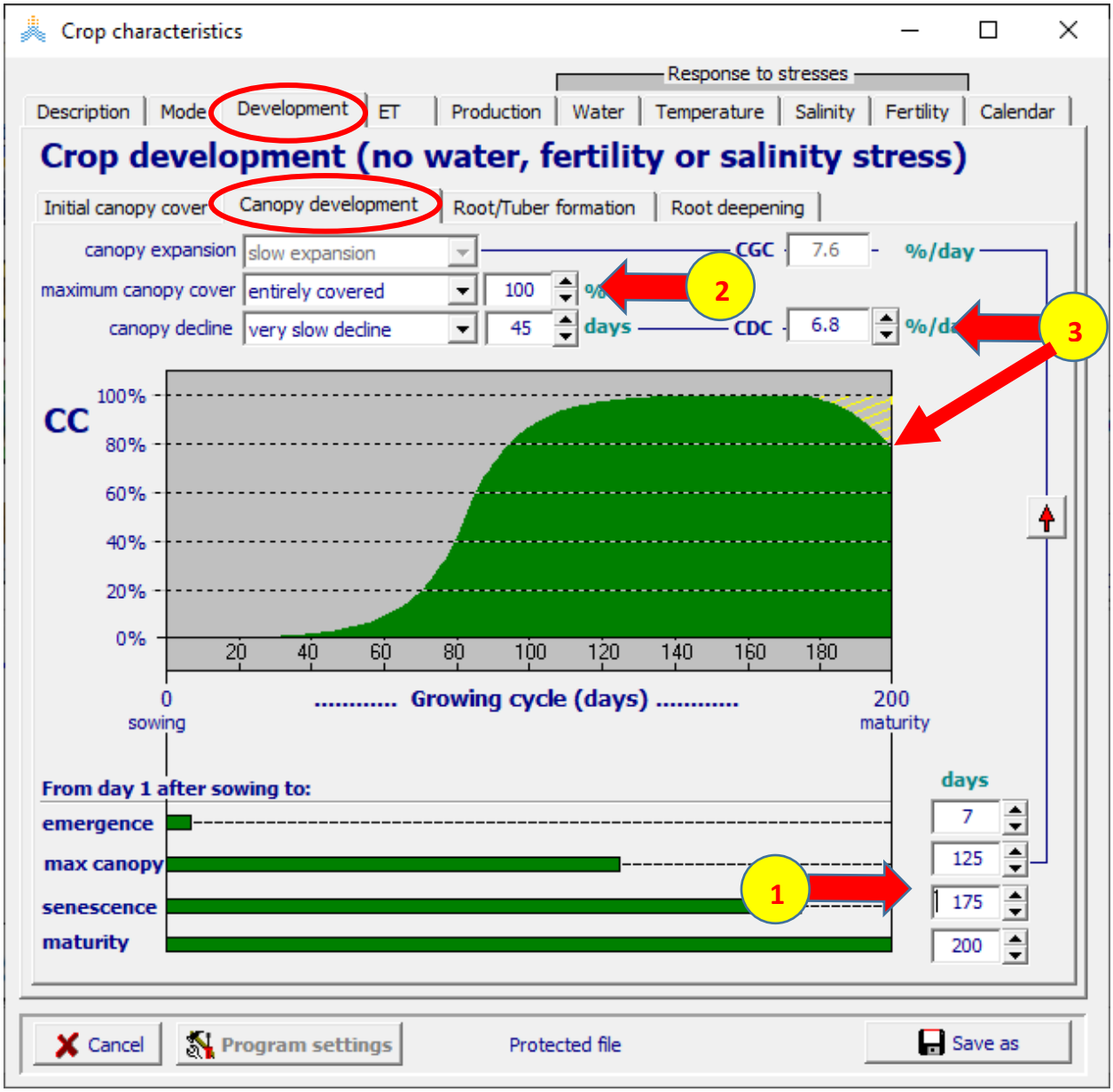
في الواجهة Development:
في الواجهة Initial canopy cover:

1- عدل Plant density إلى 145000.
2- عدل قيمة Seedling: إلى 1.15 لتصبح قيمة CC0 0.17%.



في الواجهة Development:
في الواجهة Canopy development:

1- حدد قيم emergence، max canopy، maturity, senescence (7، 125، 175، 200) يوما على التوالي.
2- حدد قيمة maximum canopy cover (100).
3- عدل قيمة CDC حتى يصبح الغطاء النباتي عند النضج 80%.

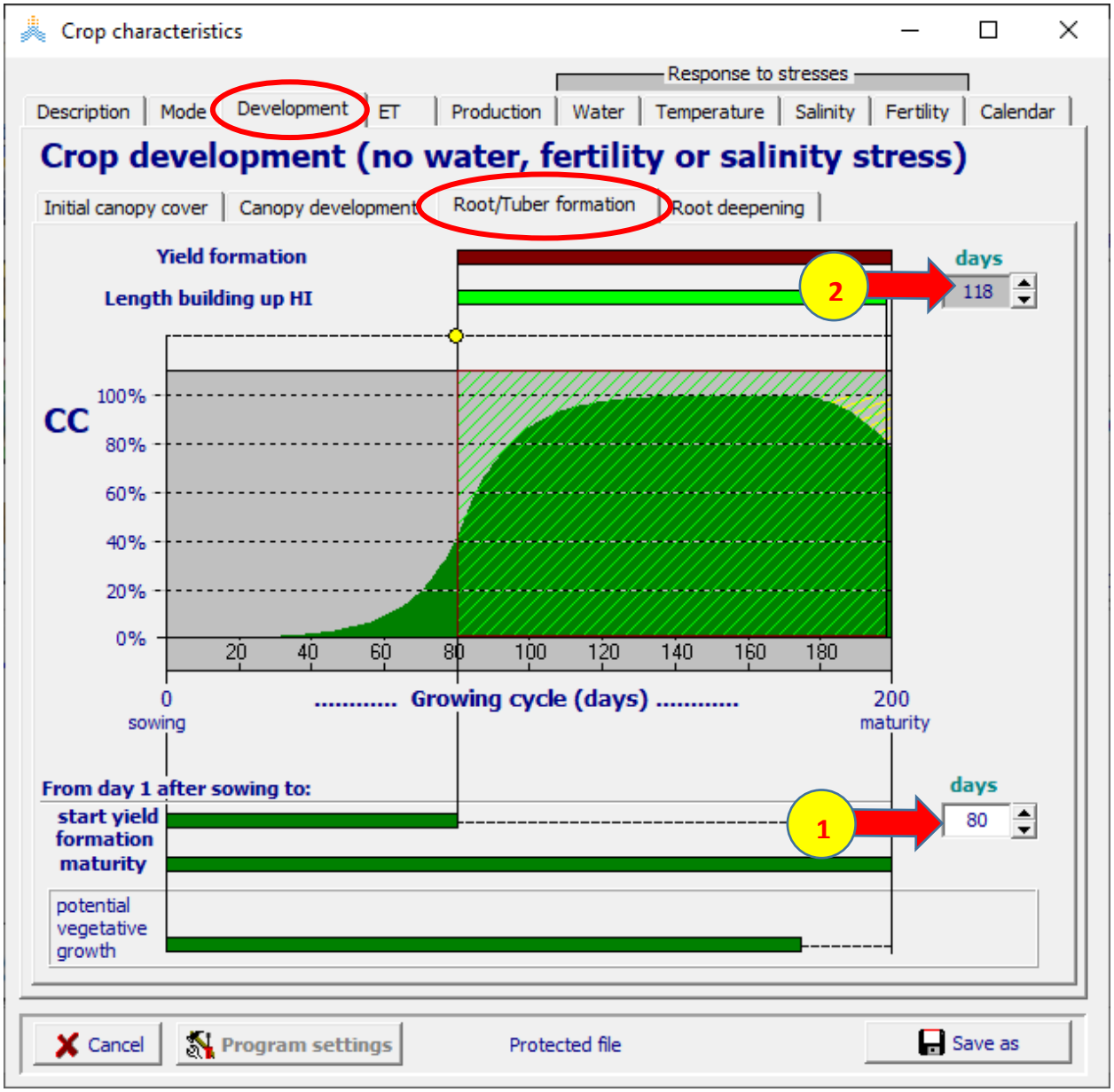


في الواجهة Development:

في الواجهة Root/Tuber formation:

1- حدد قيمة (80) from day 1 after sowing to start yield formation يوما.

2- حدد قيمة Length building up HI (118) يوما

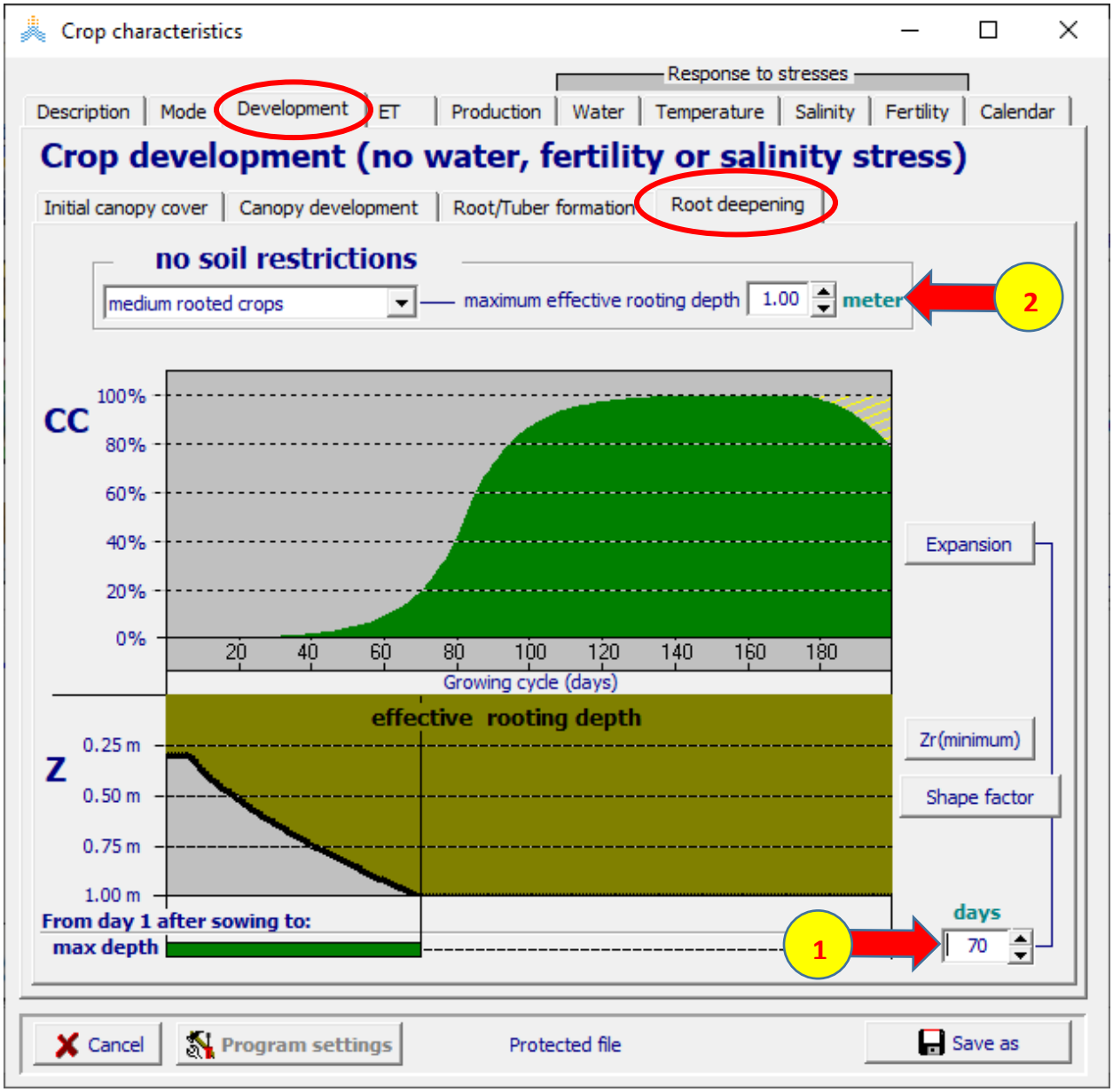


في الواجهة Development:

في الواجهة Root deepening:

1- حدد قيمة from day 1 after sowing to max depth (70) يوما.

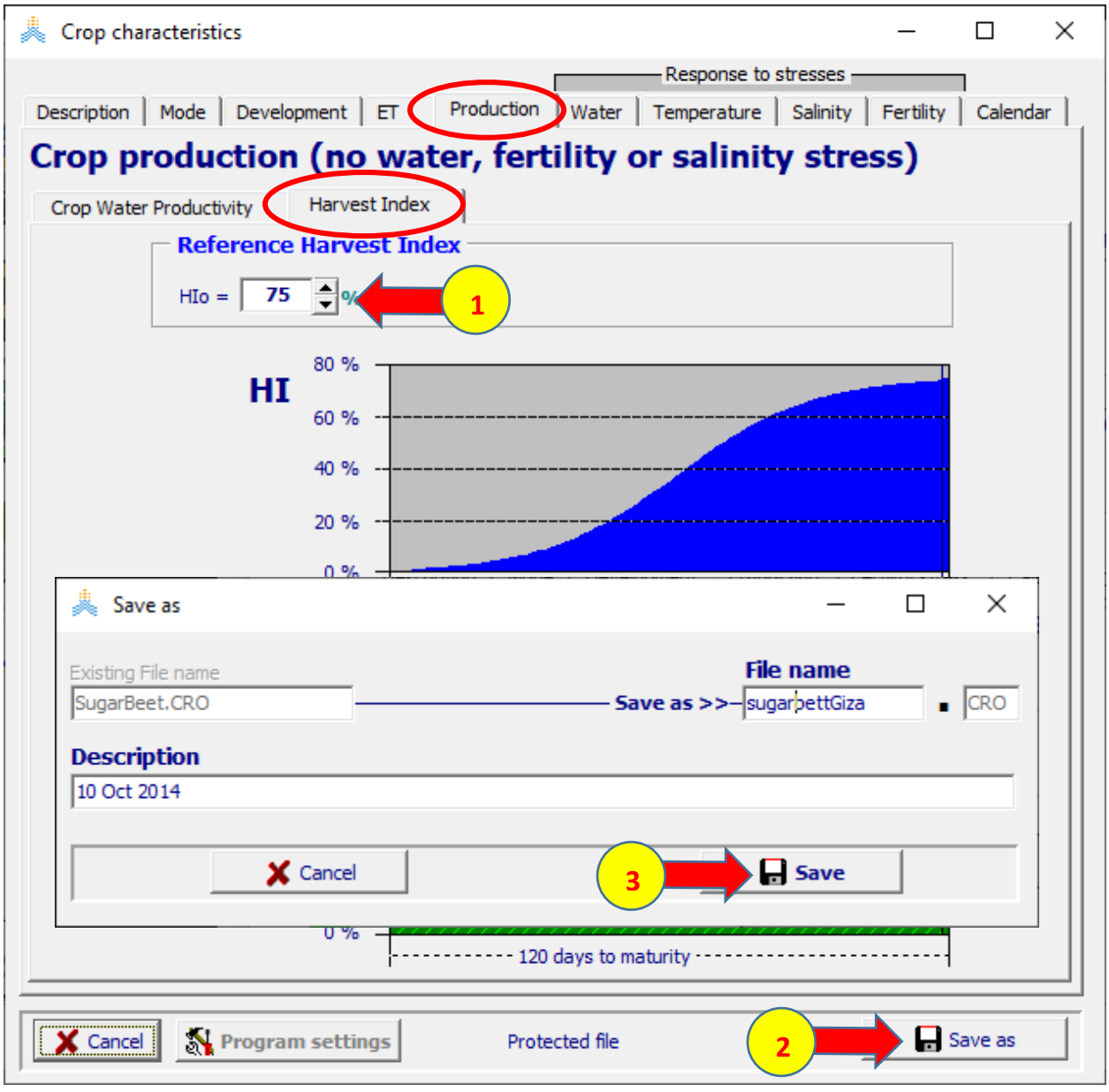
2- وحدد قيمة maximum effective rooting depth (1) م



في الواجهة production:

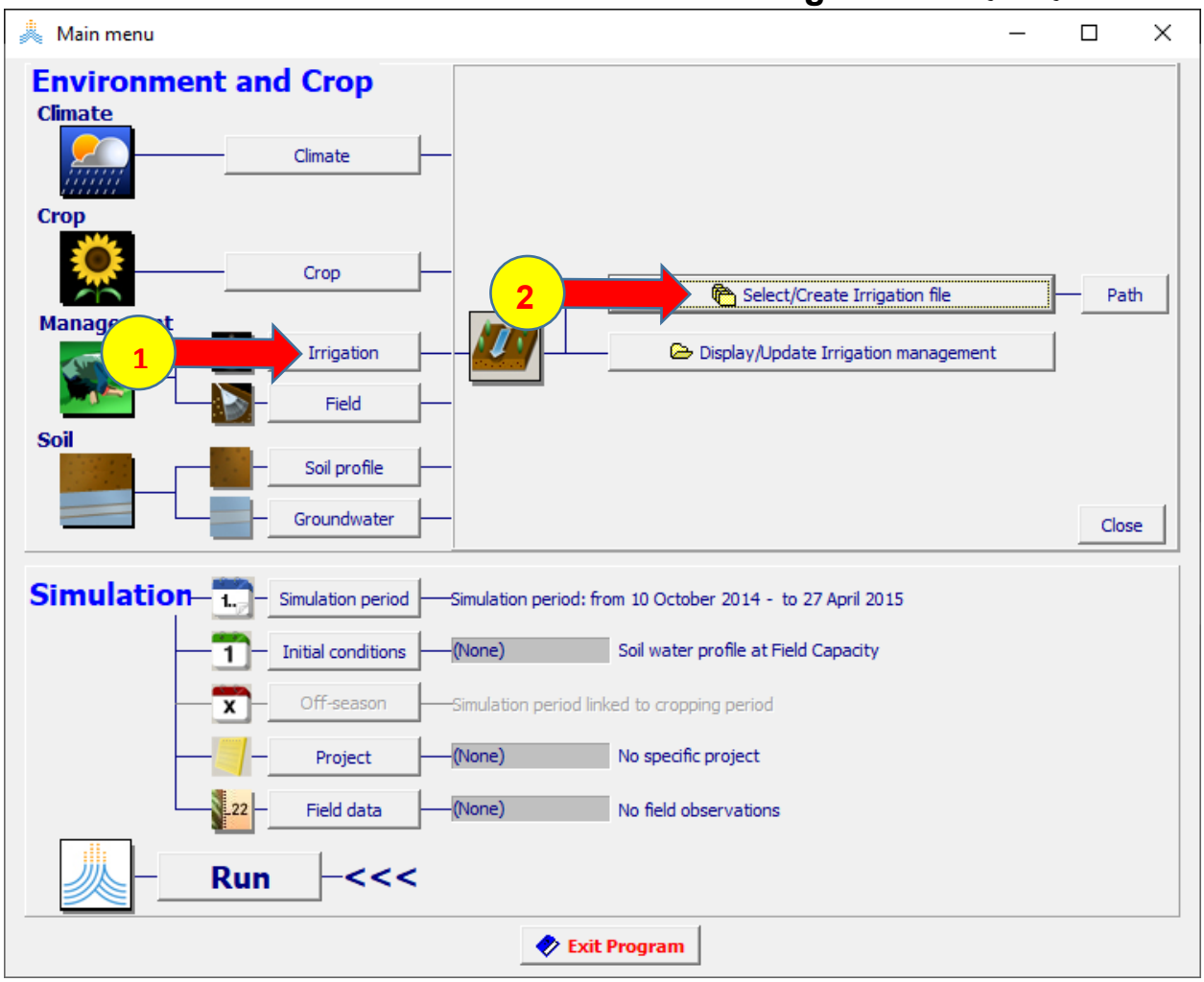
في الواجهة Harvest index:

1- حدد قيمة Reference harvest index (75).
2- اختر الأمر save as في أسفل القائمة واحفظ الملف باسم SugarbeetGiza و ضع في Description تاريخ الزراعة 10 Oct.
3- اختر الأمر Save لحفظ الملف.



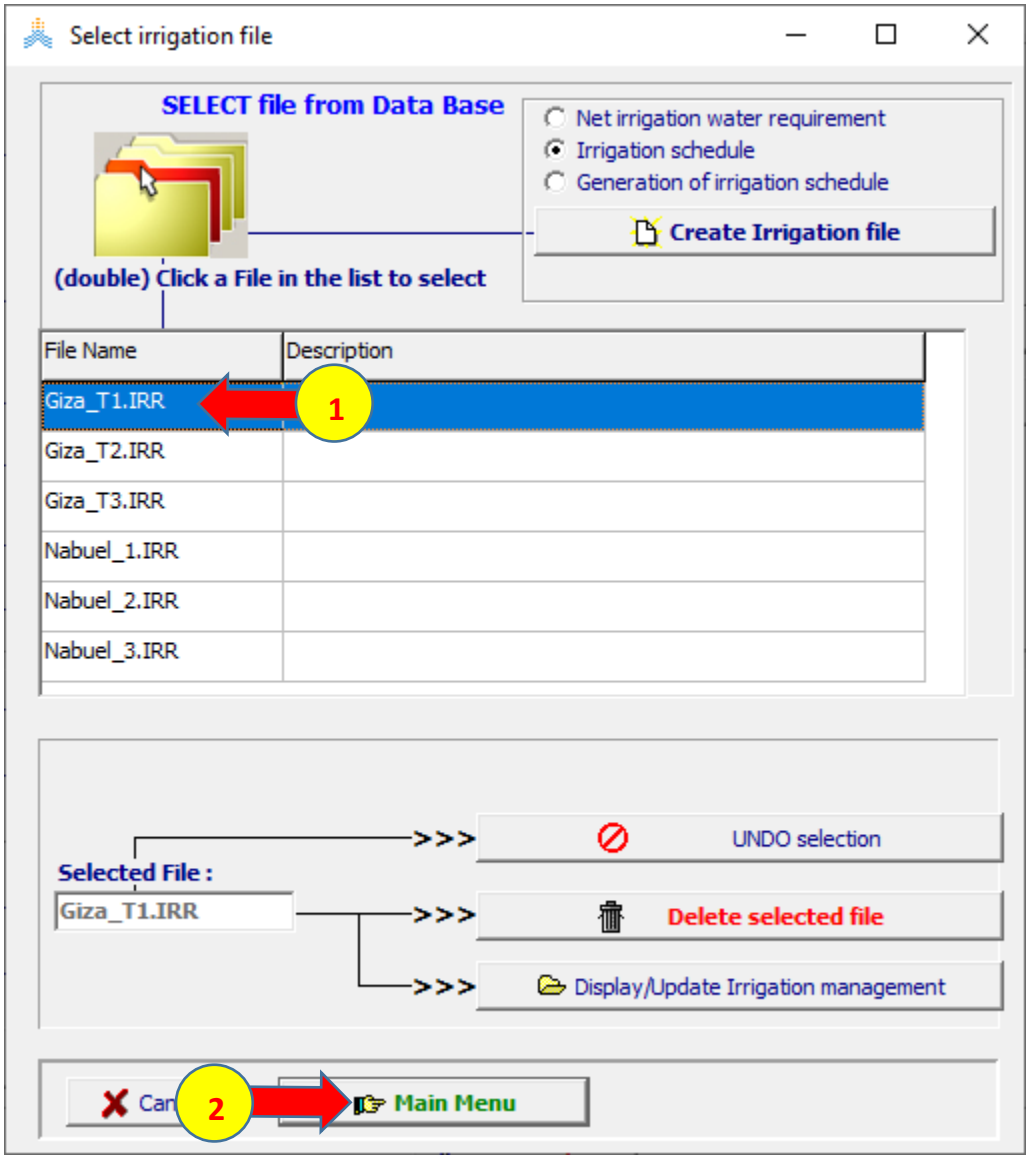
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation.
2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



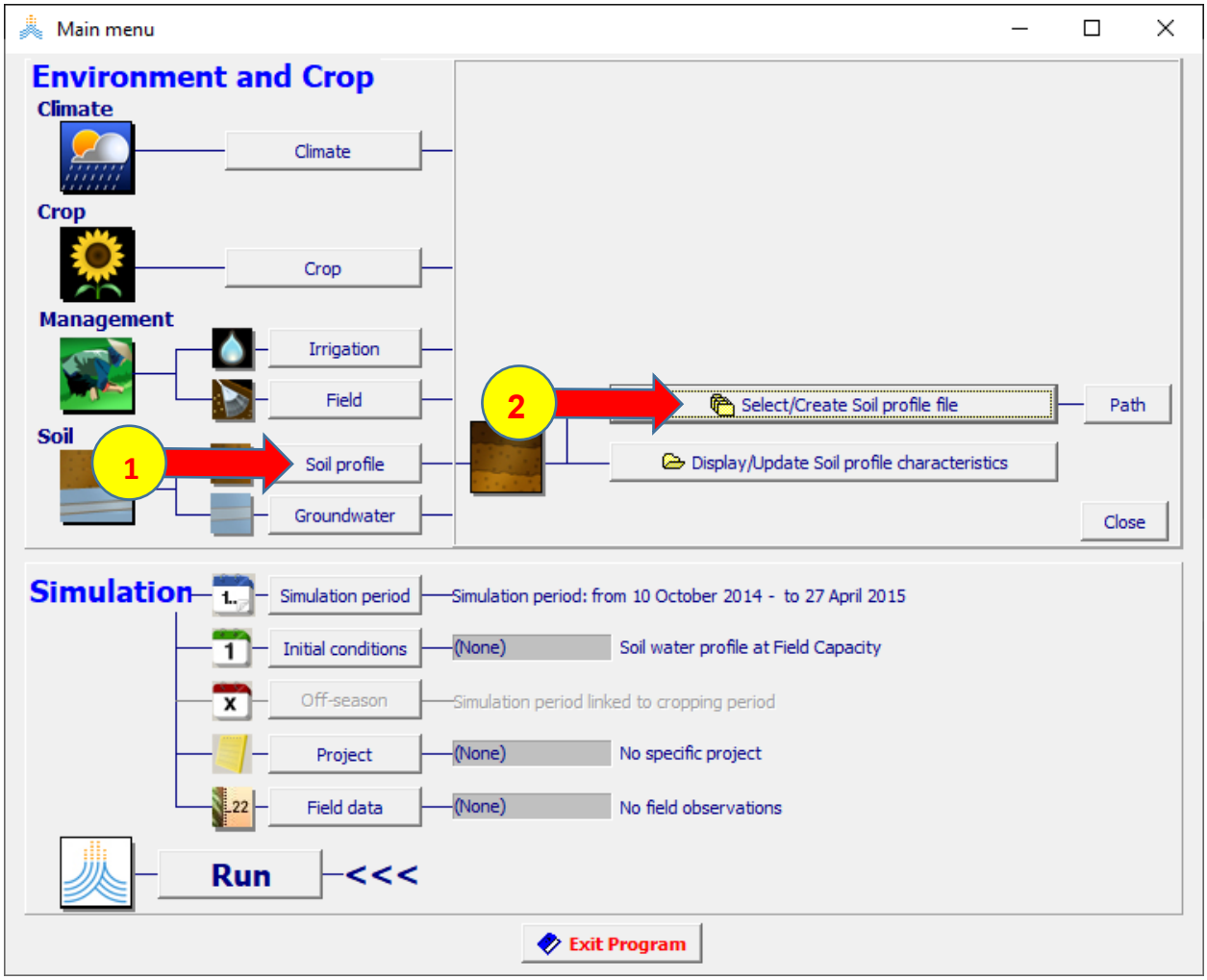
في الواجهة Select irrigation file:

1- اختر الملف Giza_T1.IRR.
2- اختر الأمر Main Menu.



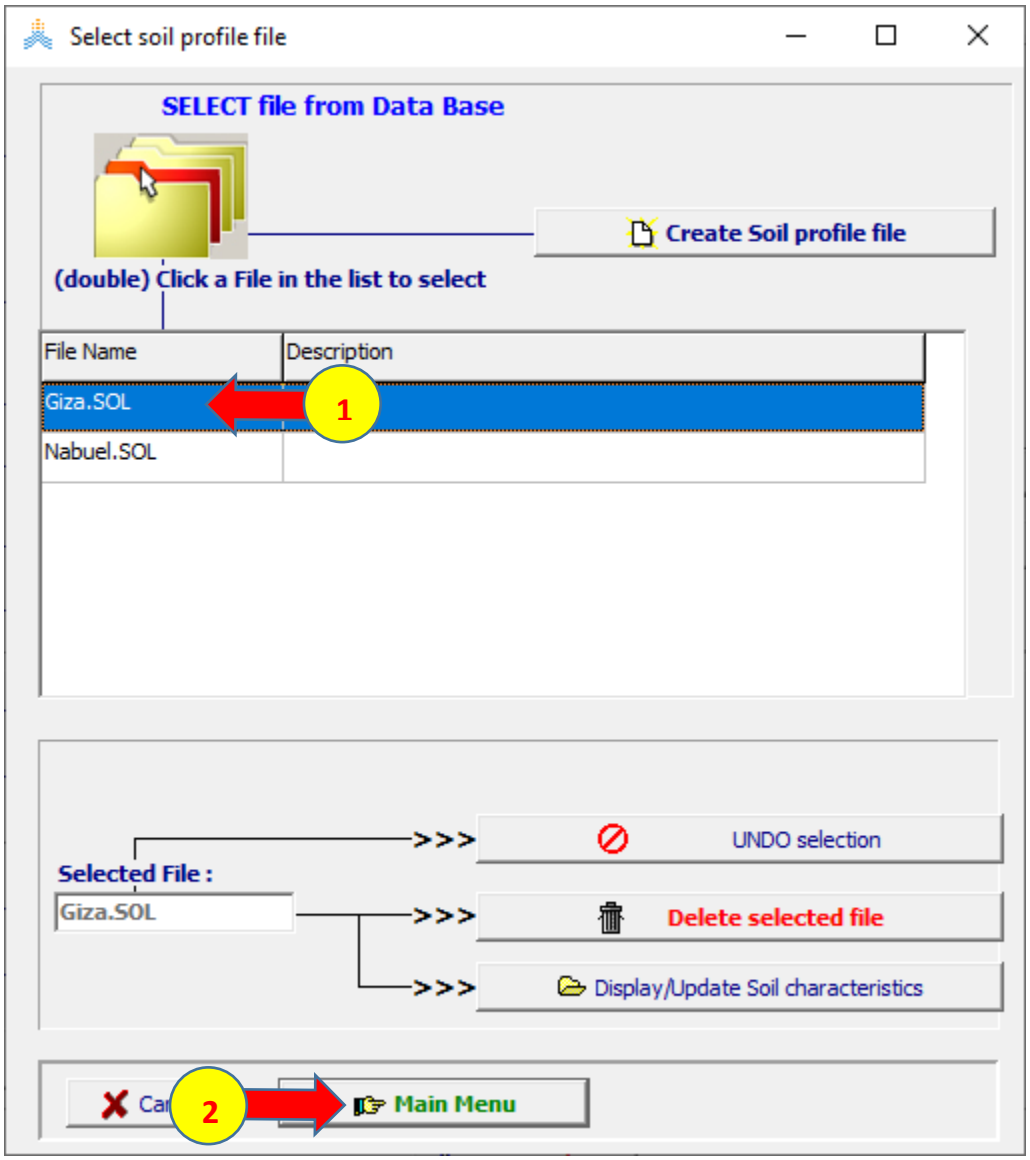
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Soil Profile.
2- اختر الأمر Select/Create Soil profile file.



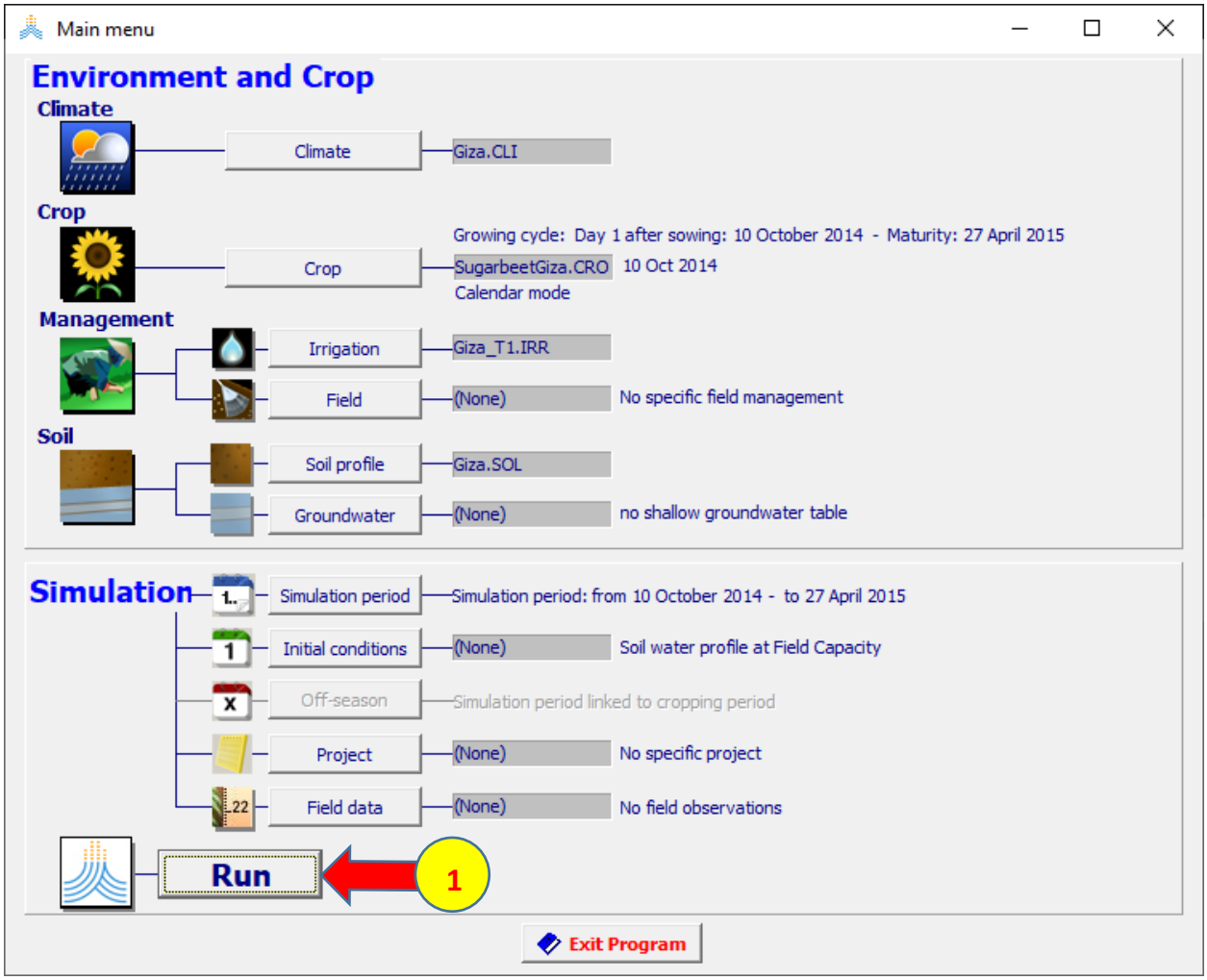
في الواجهة Select soil profile file:

1- اختر الملف Giza.SOL.
2- اختر الأمر Main Menu.



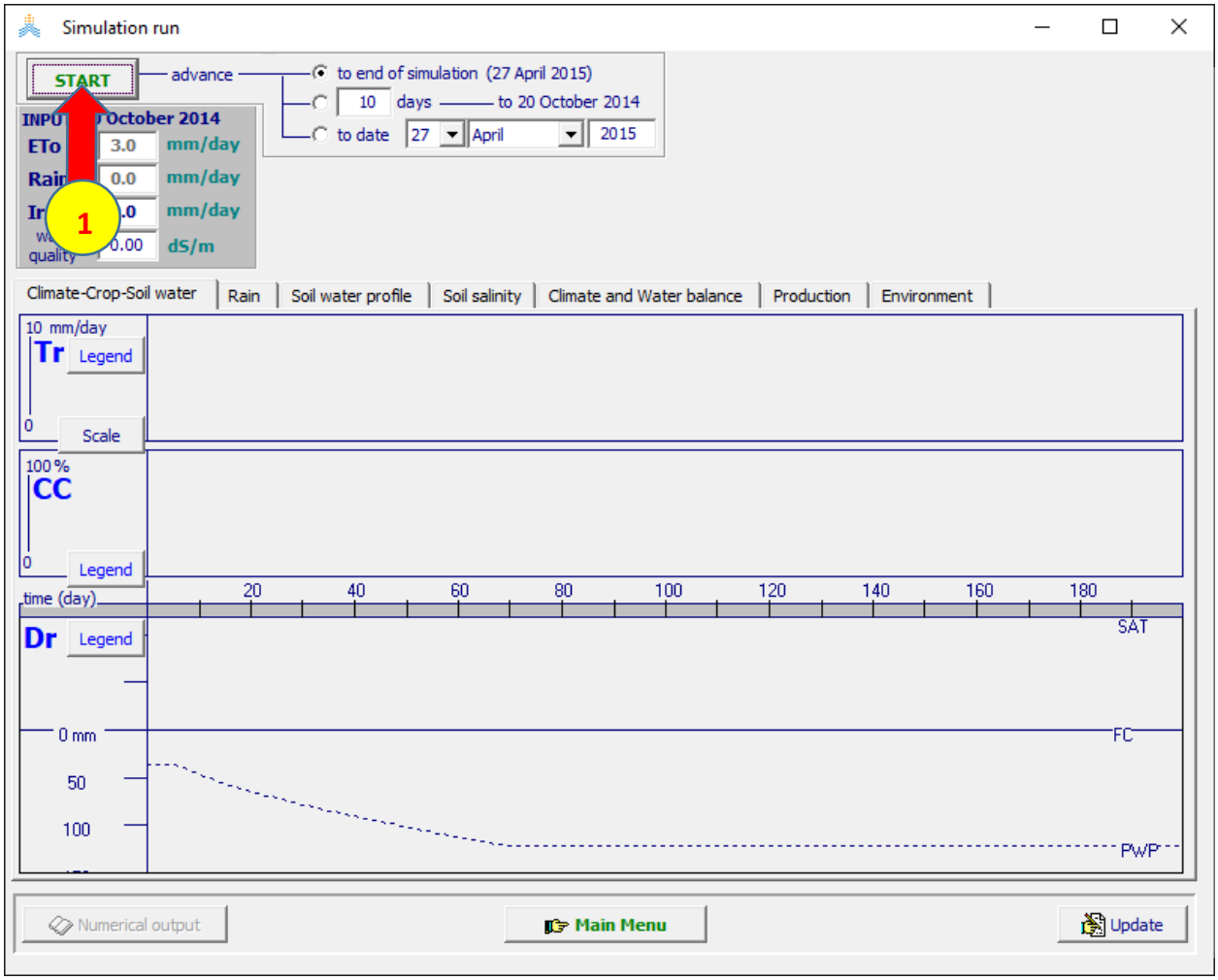
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Run.



في الواجهة Simulation run

1- اختر الأمر START.

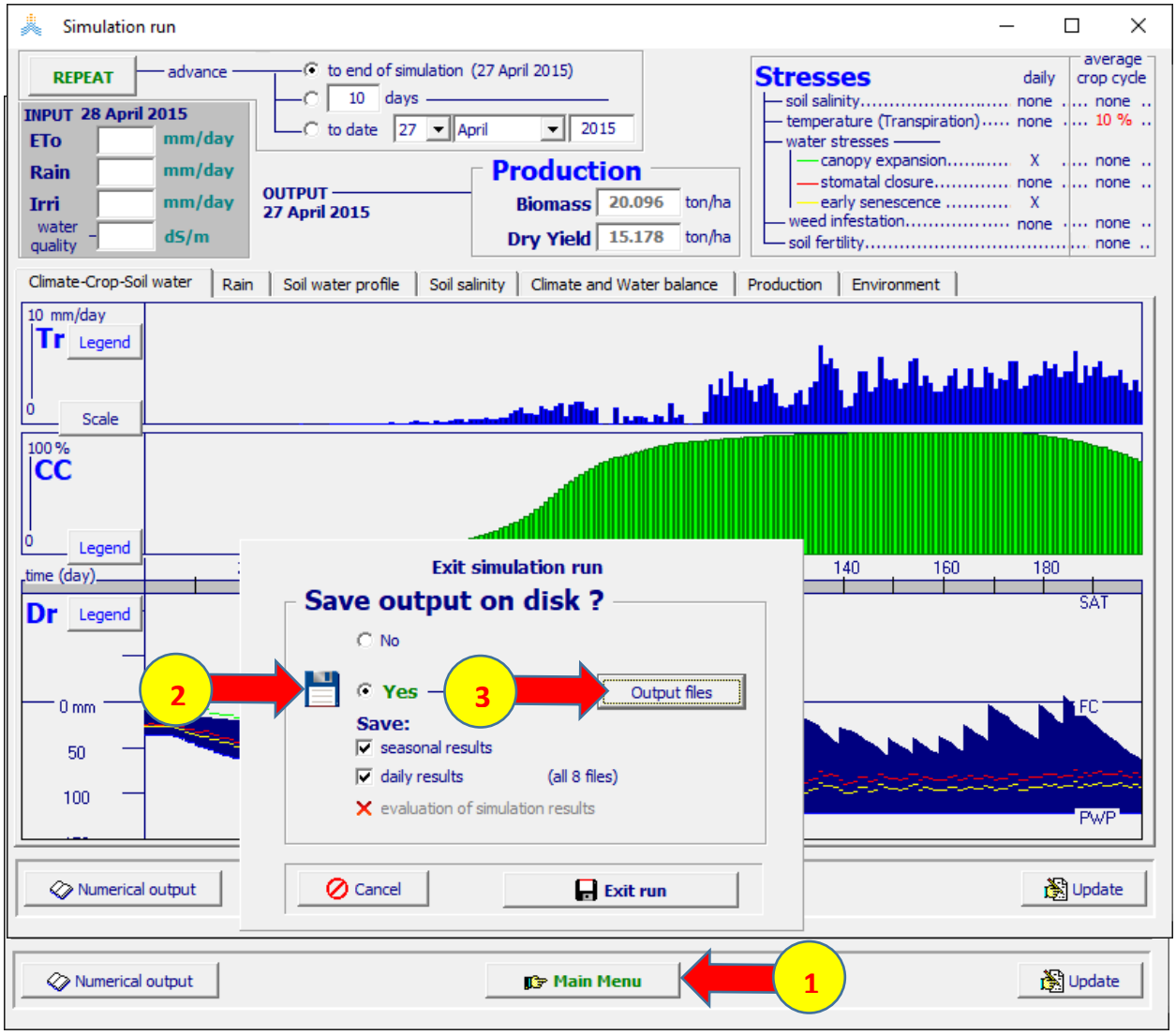


عند انتهاء المحاكاة:

1- اختر الأمر Main Menu في أسفل الواجهة Simulation run.

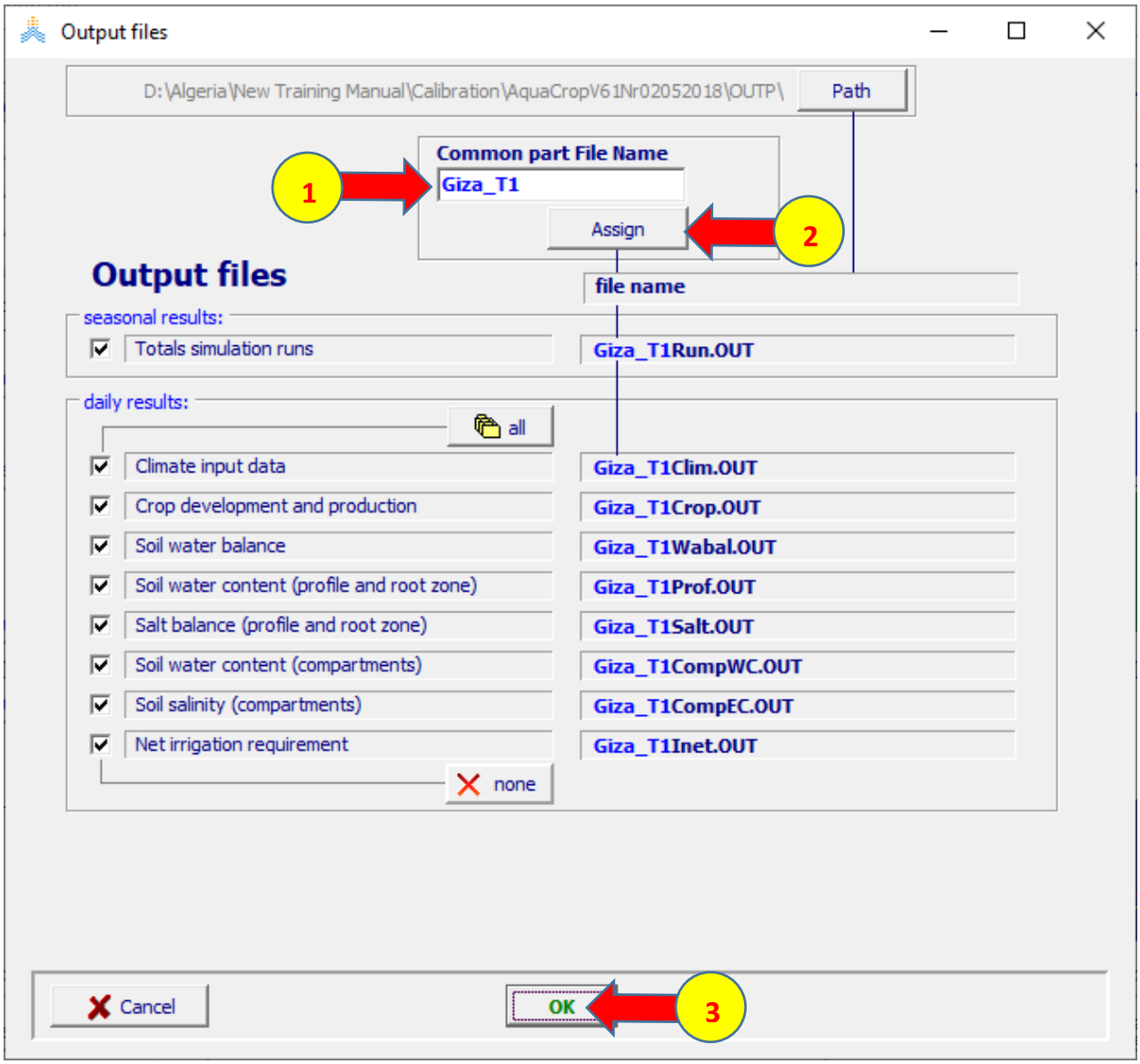
2- تظهر نافذة Exit simulation run، اختر Yes وتأكد من تفعيل الخيارين Save seasonal results و Save daily results (all 8 files).

3- اختر الأمر Output files.

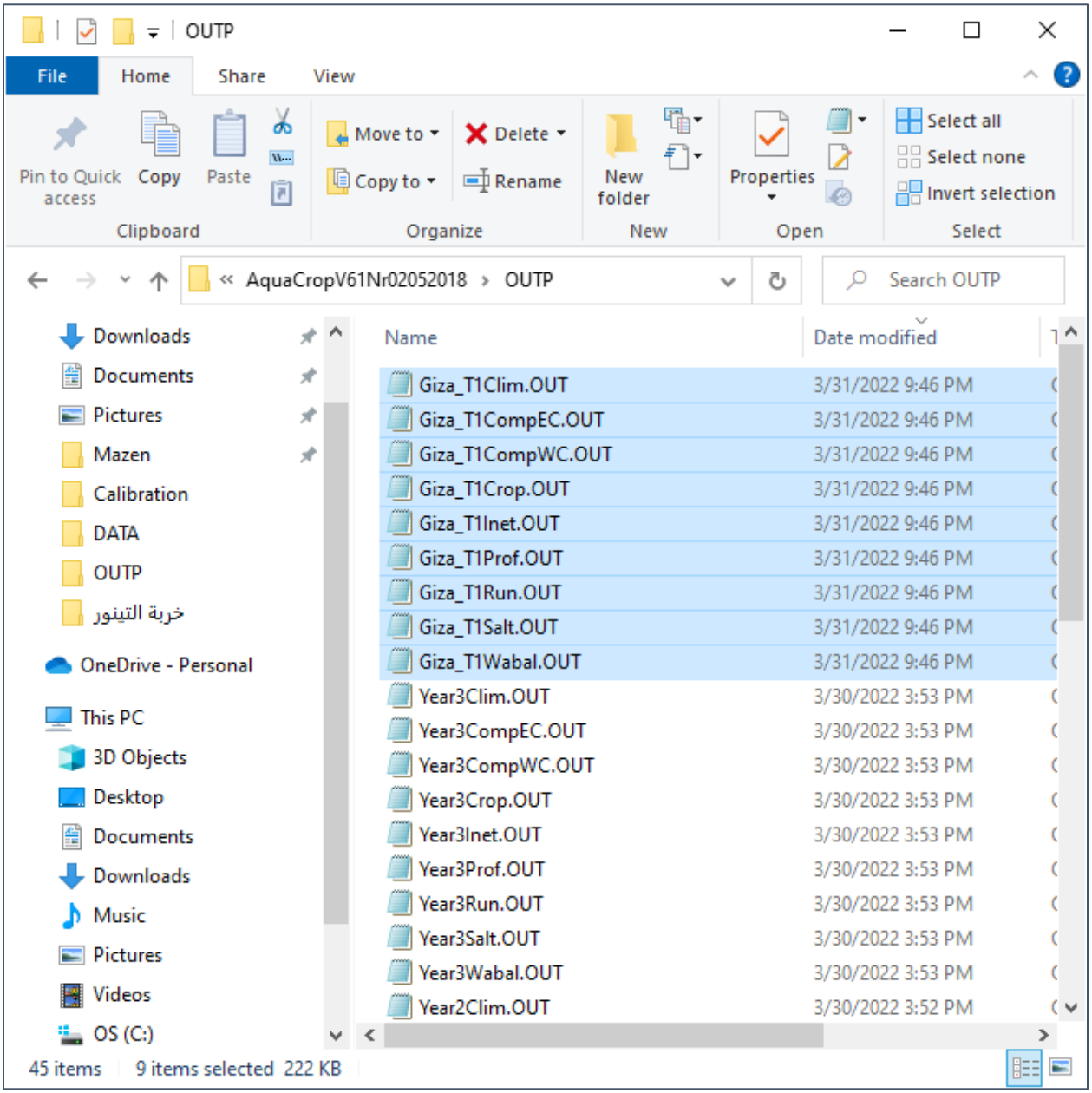


في الواجهة Output files:

1- في النافذة Common part File Name اكتب Giza_T1.
2- اختر الأمر Assign.
3- اختر OK لحفظ النتائج.

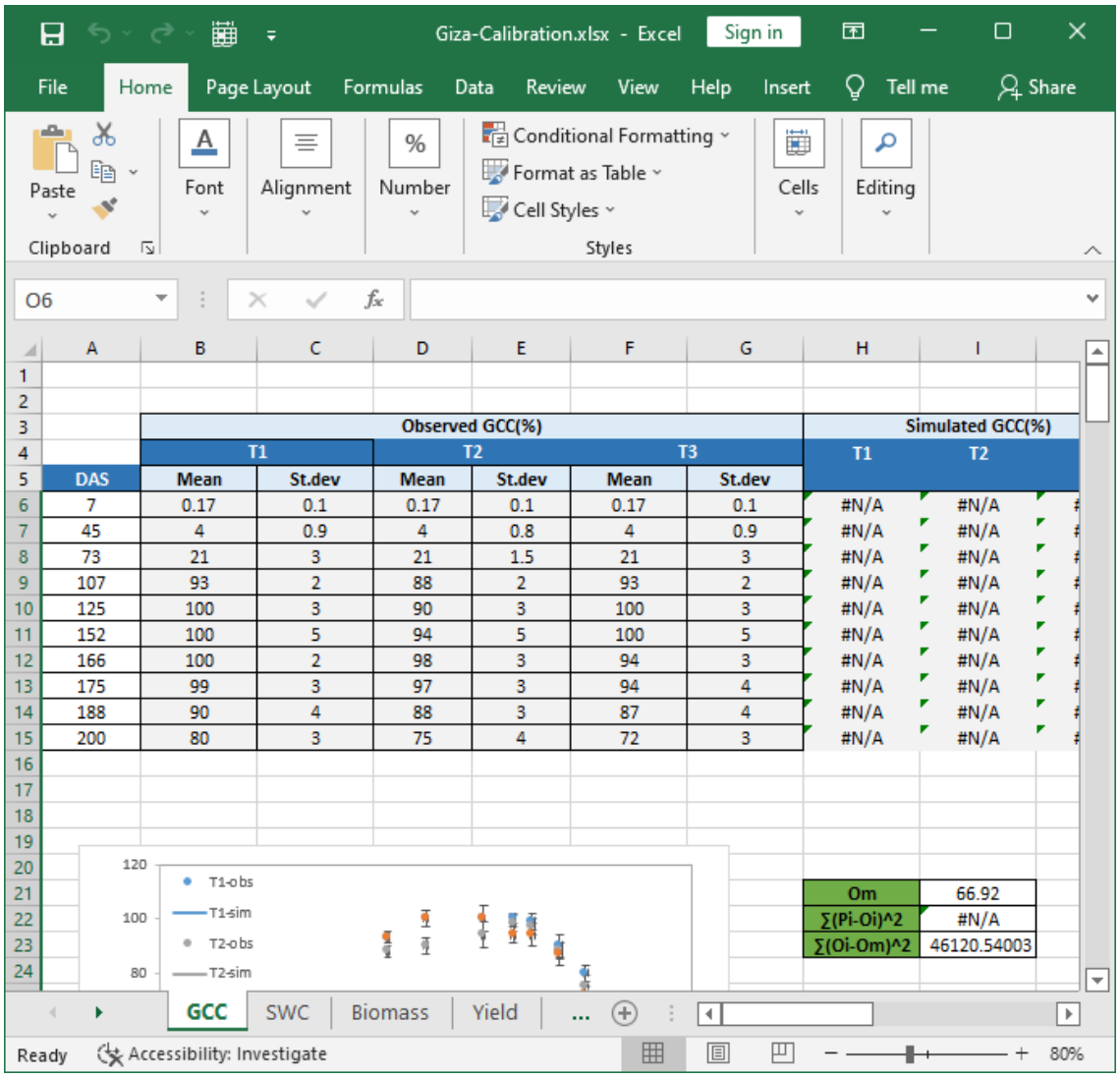


تحفظ نتائج المحاكاة في المجلد OUTP في مجلد AquaCropV61Nr02052018 في ملف موسمي هو Giza_T1Run.OUT يتضمن خلاصة الموسم وقيم الكتلة الحيوية والإنتاجية المحاكاة، وثمانية ملفات يومية سنستخدم منها الملف Giza_T1Crop.OUT الذي يحتوي تطور الغطاء النباتي يوميا خلال موسم النمو والملف Giza_T1Prof.OUT الذي يحتوي قيم رطوبة التربة يوميا خلال موسم النمو لتقييم المحاكاة.



تقييم نتائج المحاكاة لمعاملة الري الكامل T1

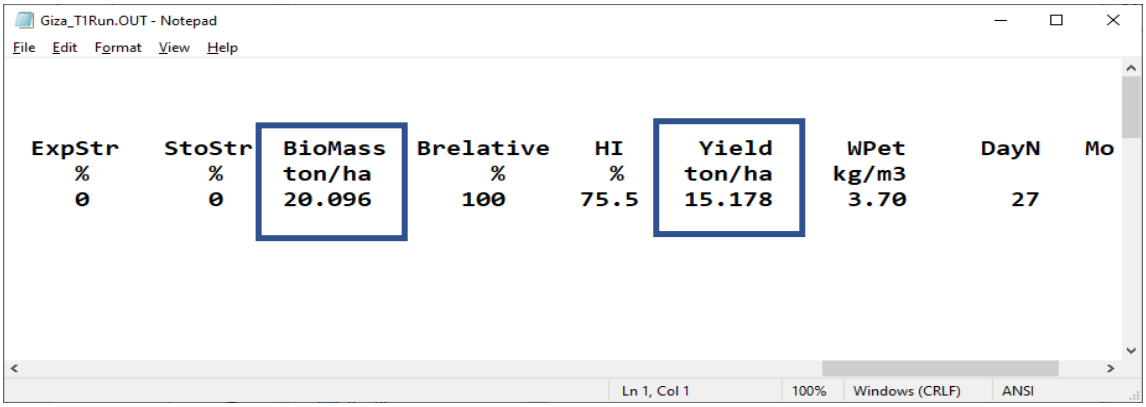
يتم تقييم نتائج المحاكاة باستخدام الجداول في الصفحات GCC و SWC و Biomass و Yield في الملف المرفق Giza-Calibration.xlsx.



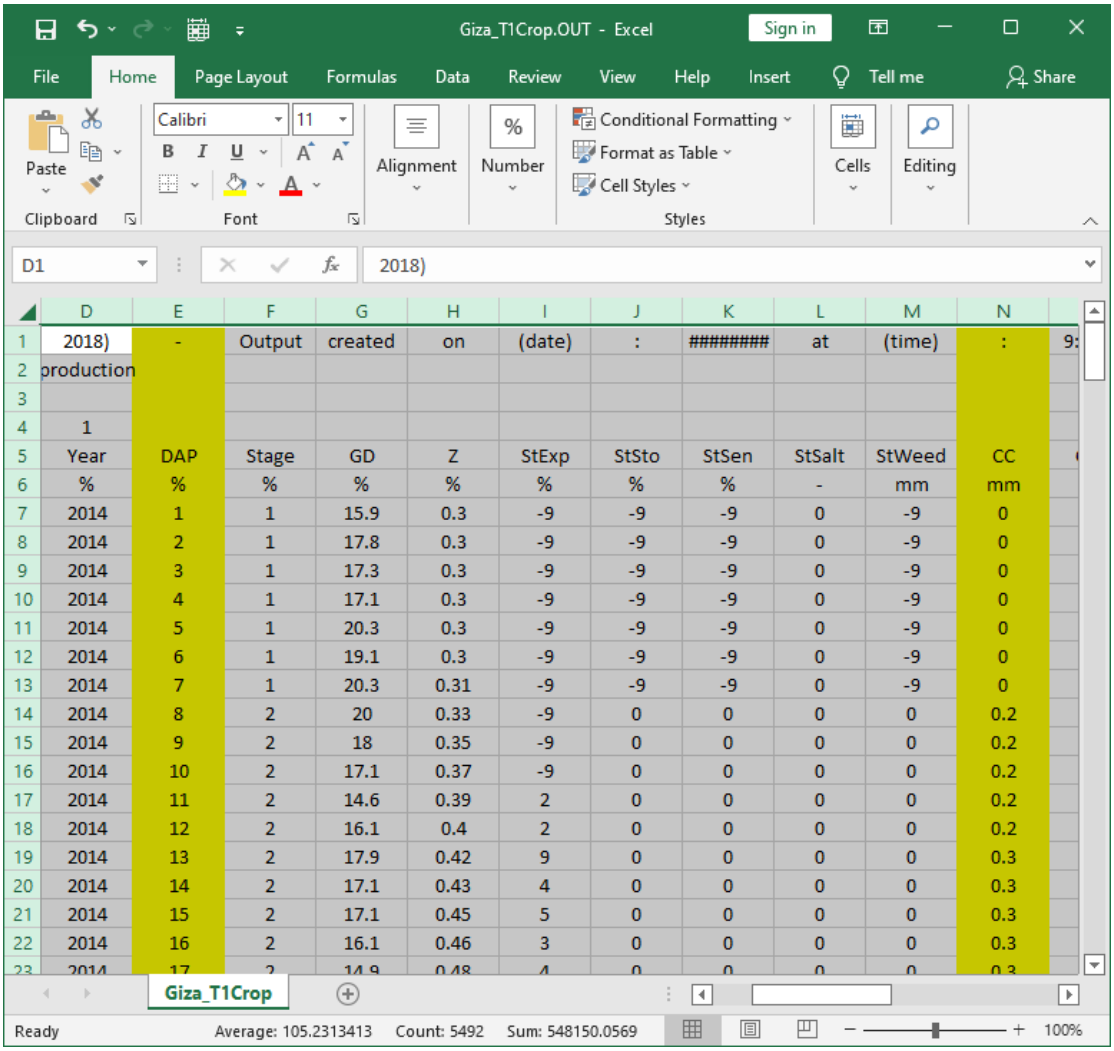
يتم تقييم جودة المحاكاة بمقارنة القيم المحسوبة بالنموذج Green canopy cover (GCC) والتي تكون في الملف Giza_T1Crop.OUT مع القيم المقاسة وتعديل بارامترات المحصول غير المحافظة حتى حصول التوافق المقبول.

بعد ذلك تقارن قيم رطوبة التربة SWC المحسوبة بالنموذج مع المقاسة في الحقل وتعدل بارامترات النتح-تبخر حتى تحقيق التوافق المقبول.

بعدها تقارن قيم Biomass و Yield المحسوبة من النموذج والمحفوظة في الملف Giza_T1Run.OUT مع المقاسة وتعدل البرامترات المؤثرة على الإنتاجية المائية ومؤشر الحصاد حتى تحقيق التوافق المطلوب.

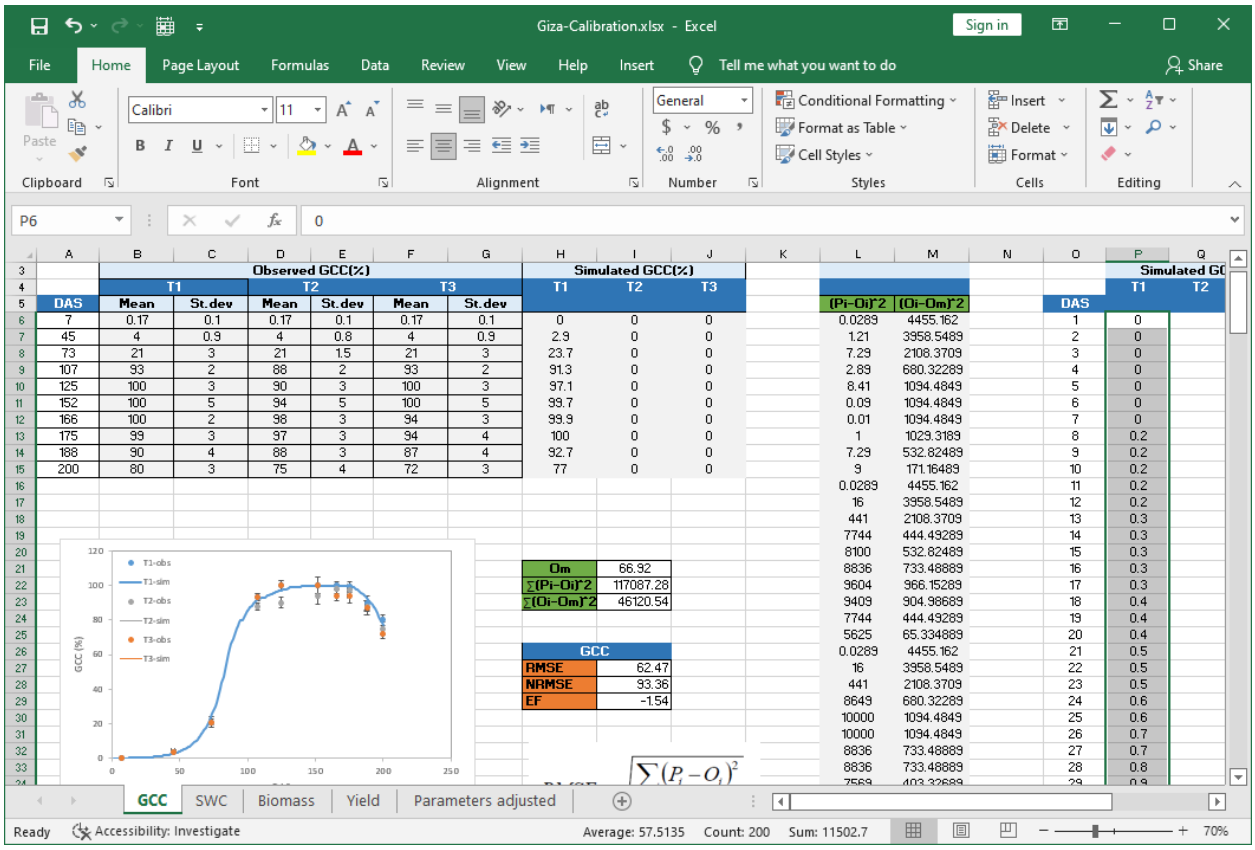


نبدأ بمقارنة تطور الغطاء النباتي المحسوب مع المقاس حيث يمكن الحصول على قيم Green canopy cover (GCC) المحسوبة من الملف Giza_T1Crop.OUT بعد فتحه باستخدام برنامج Ecxel.

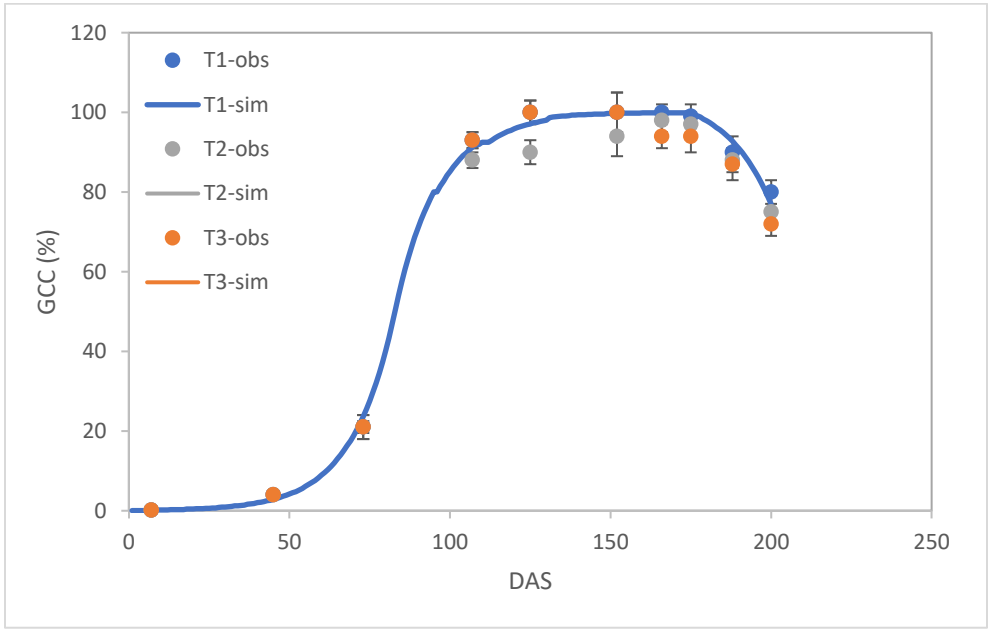


	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	2018)	-	Output	created	on	(date)	:	########	at	(time)	:
2	production										
3											
4	1										
5	Year	DAP	Stage	GD	Z	StExp	StSto	StSen	StSalt	StWeed	CC
6	%	%	%	%	%	%	%	%	-	mm	mm
7	2014	1	1	15.9	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0
8	2014	2	1	17.8	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0
9	2014	3	1	17.3	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0
10	2014	4	1	17.1	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0
11	2014	5	1	20.3	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0
12	2014	6	1	19.1	0.3	-9	-9	-9	0	-9	0
13	2014	7	1	20.3	0.31	-9	-9	-9	0	-9	0
14	2014	8	2	20	0.33	-9	0	0	0	0	0.2
15	2014	9	2	18	0.35	-9	0	0	0	0	0.2
16	2014	10	2	17.1	0.37	-9	0	0	0	0	0.2
17	2014	11	2	14.6	0.39	2	0	0	0	0	0.2
18	2014	12	2	16.1	0.4	2	0	0	0	0	0.2
19	2014	13	2	17.9	0.42	9	0	0	0	0	0.3
20	2014	14	2	17.1	0.43	4	0	0	0	0	0.3
21	2014	15	2	17.1	0.45	5	0	0	0	0	0.3
22	2014	16	2	16.1	0.46	3	0	0	0	0	0.3

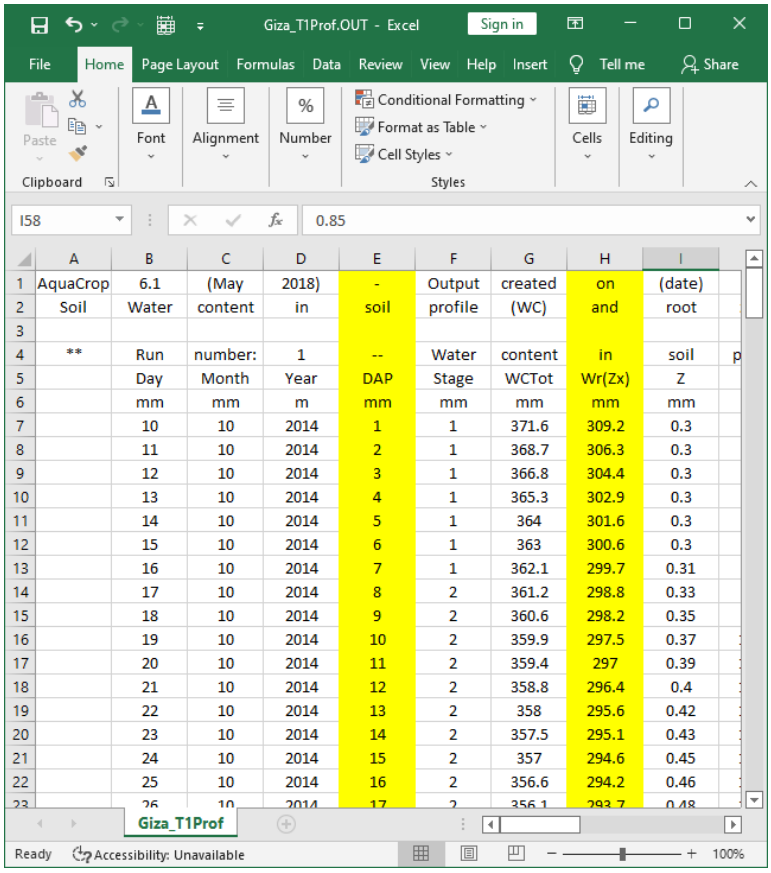
انسخ العمودين DAP و CC وقم بلصقهما في المكان المخصص للمعاملة الأولى في الصفحة GCC.



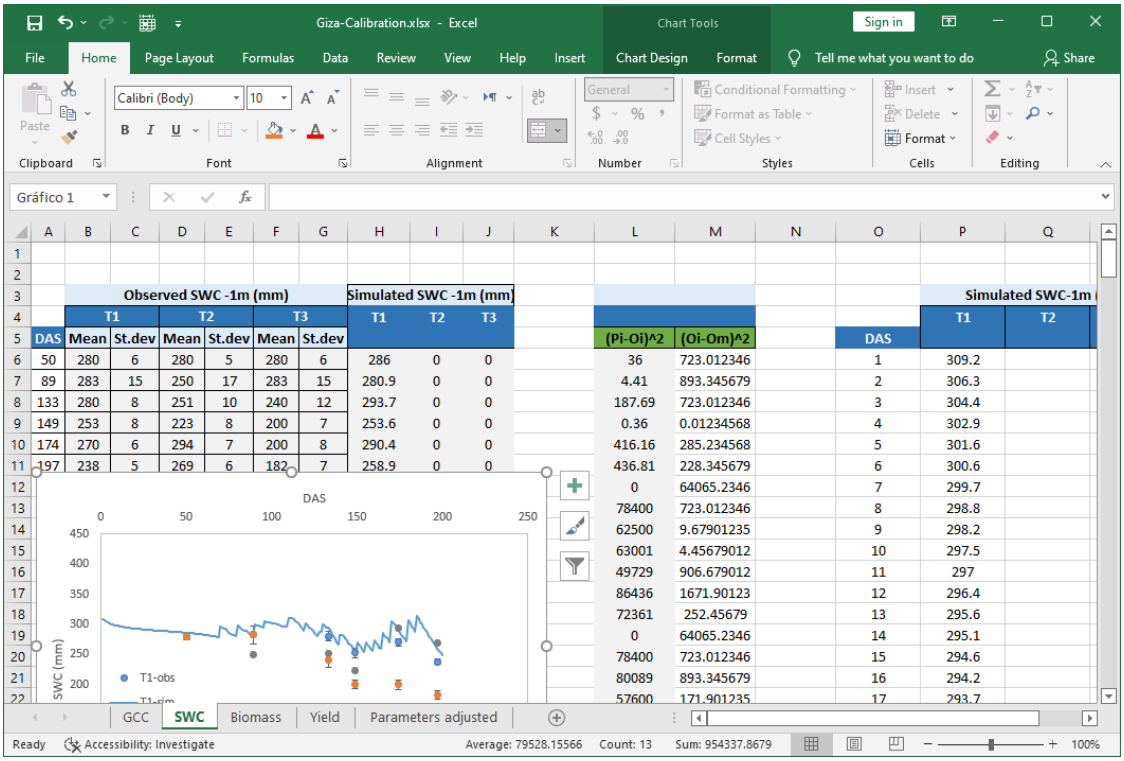
يبين المخطط توافقا ممتازا بين القيم المقاسة والقيم المحسوبة للغطاء النباتي خلال موسم النمو في حالة الري الكامل T1 وغياب الإجهاد المائي.



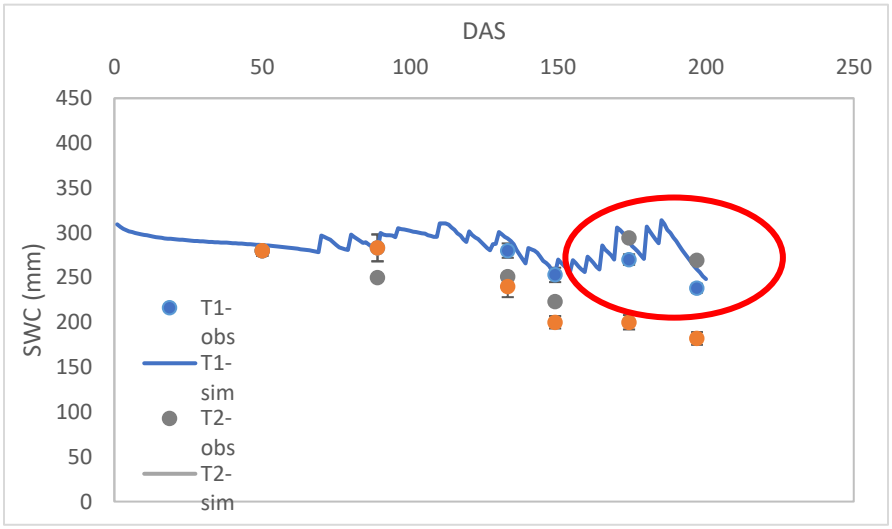
ننتقل لمقارنة رطوبة التربة المقاسة مع المحسوبة وذلك بنفس الطريقة السابقة بنسخ العمودين DAP و Wr(Zx) من الملف Giza_T1Prof.OUT بعد فتحه بالإكسل إلى الجدول في الصفحة SWC



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	AquaCrop	6.1	(May	2018)	-	Output	created	on	(date)
2	Soil	Water	content	in	soil	profile	(WC)	and	root
3									
4	**	Run	number:	1	--	Water	content	in	soil
5		Day	Month	Year	DAP	Stage	WCTot	Wr(Zx)	Z
6		mm	mm	m	mm	mm	mm	mm	mm
7		10	10	2014	1	1	371.6	309.2	0.3
8		11	10	2014	2	1	368.7	306.3	0.3
9		12	10	2014	3	1	366.8	304.4	0.3
10		13	10	2014	4	1	365.3	302.9	0.3
11		14	10	2014	5	1	364	301.6	0.3
12		15	10	2014	6	1	363	300.6	0.3
13		16	10	2014	7	1	362.1	299.7	0.31
14		17	10	2014	8	2	361.2	298.8	0.33
15		18	10	2014	9	2	360.6	298.2	0.35
16		19	10	2014	10	2	359.9	297.5	0.37
17		20	10	2014	11	2	359.4	297	0.39
18		21	10	2014	12	2	358.8	296.4	0.4
19		22	10	2014	13	2	358	295.6	0.42
20		23	10	2014	14	2	357.5	295.1	0.43
21		24	10	2014	15	2	357	294.6	0.45
22		25	10	2014	16	2	356.6	294.2	0.46
23		26	10	2014	17	2	356.1	293.7	0.48



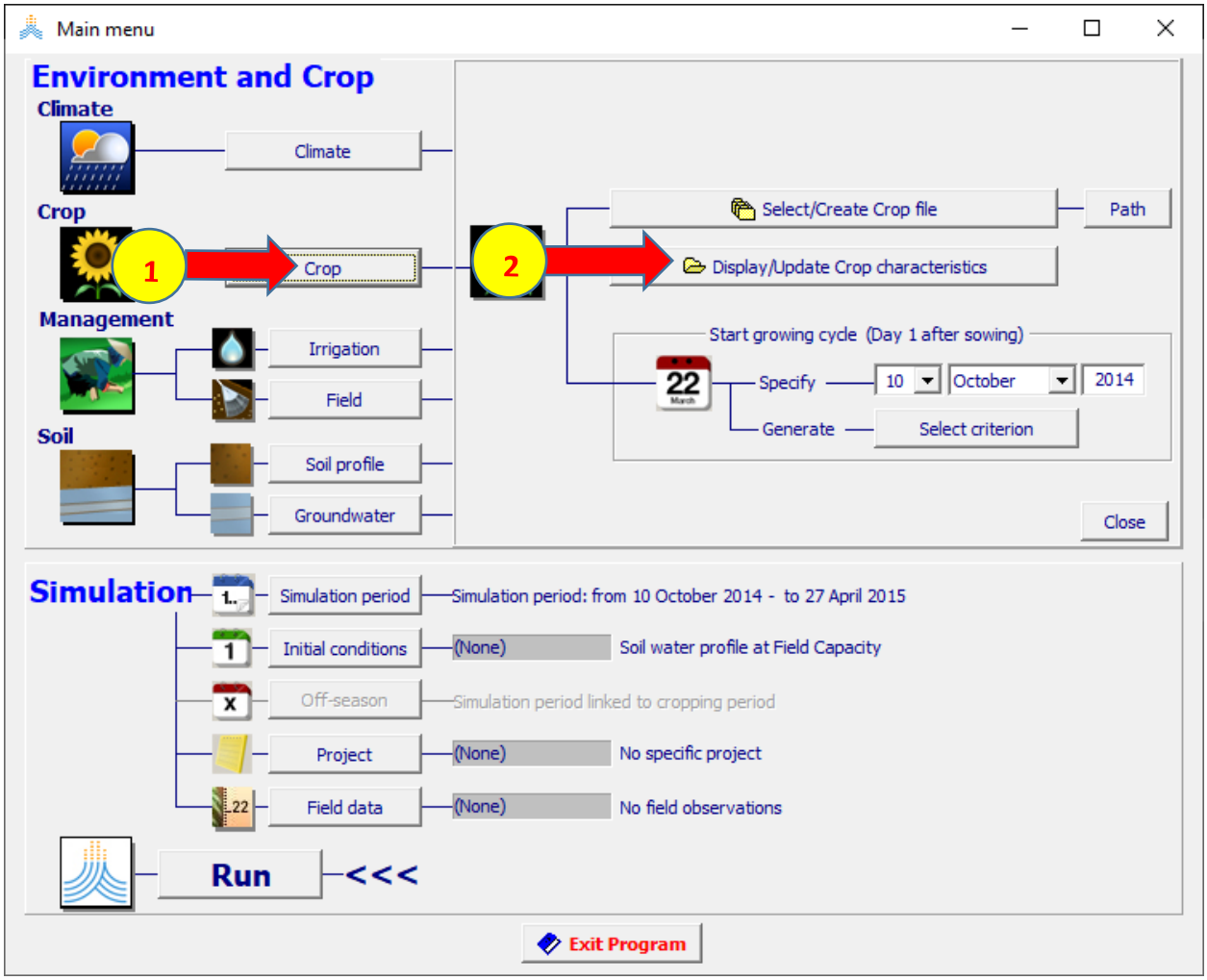
يبين المخطط توافقا جيدا بين القيم المقاسة والمحسوبة لرطوبة التربة حتى منتصف الموسم ثم تصبح القيم المحسوبة أعلى بشكل واضح من المقاسة، وهذا يعني أن قيم نتح المحصول المحسوبة بالنموذج أقل من الفعلية ويجب زيادتها ليحصل التوافق بين القيم المقاسة والمحسوبة لرطوبة التربة.



لزيادة قيم النتح المحسوب بالنموذج يجب تعديل معامل نتح المحصول Kc_{Tr} بزيادة قيمته في ملف المحصول.

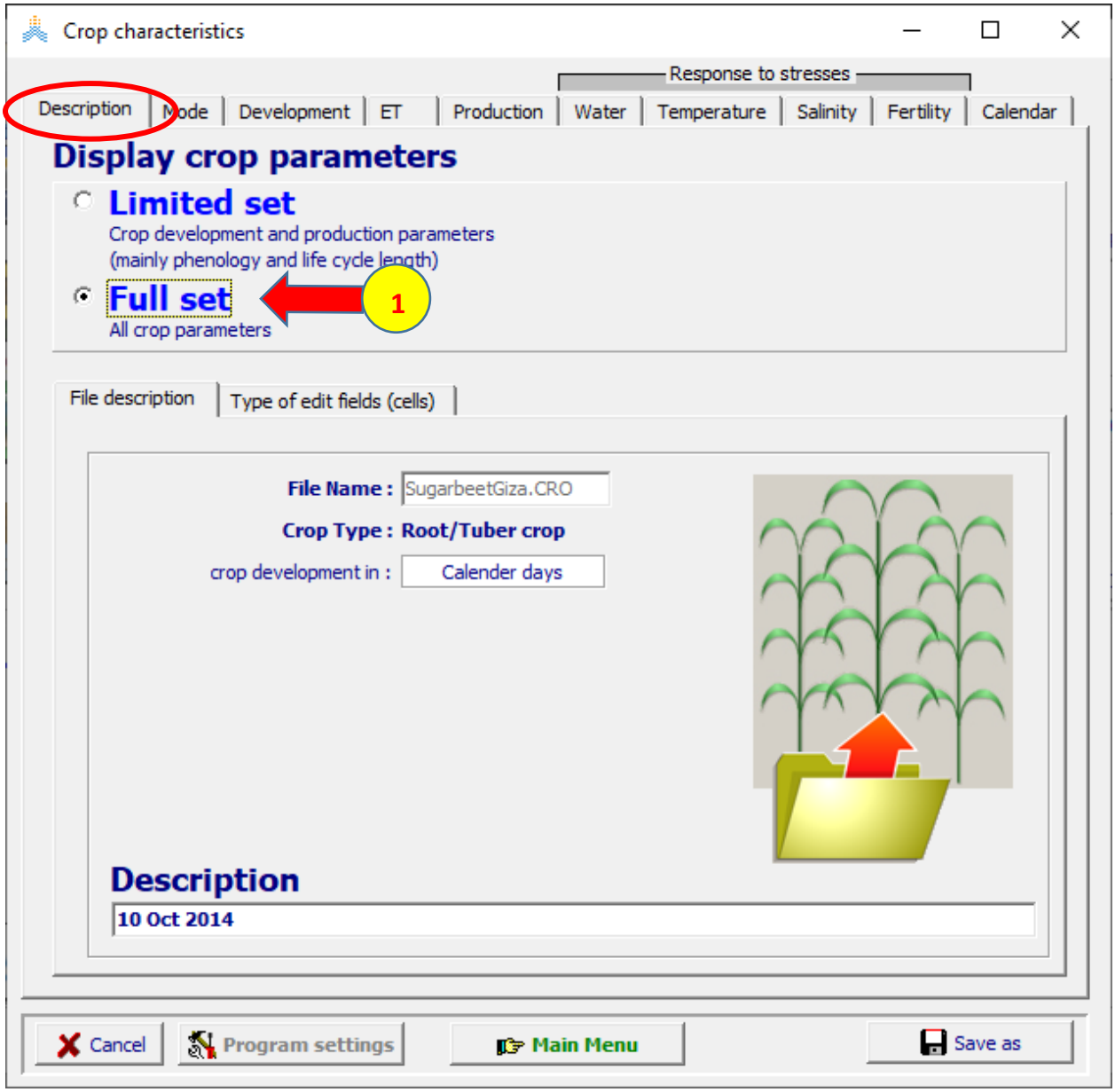
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Crop.
2- اختر الأمر Display/Update Crop characteristics.



في الواجهة Crop characteristics:

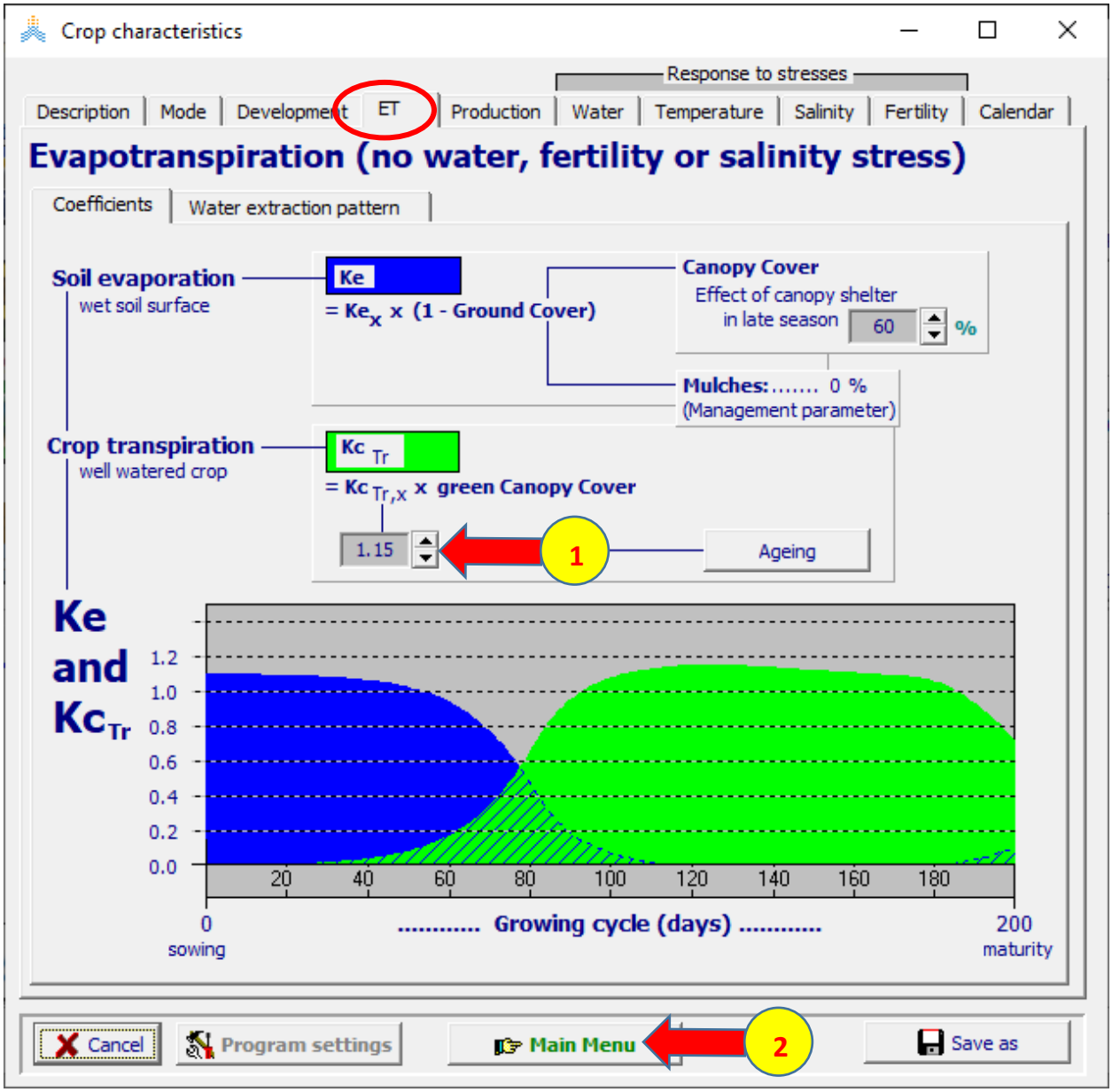
1- في الواجهة Description اختر الخيار Full set.



في الواجهة Crop characteristics:

في الواجهة ET:

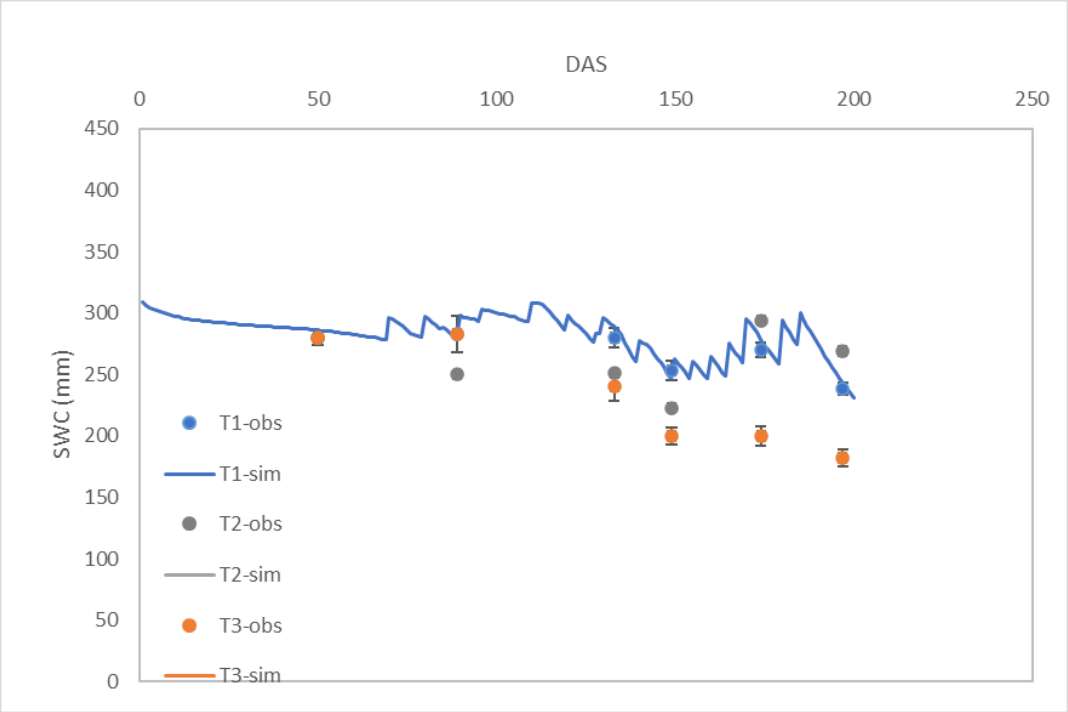
1- عدل قيمة Kc_{Tr} إلى 1.15.
2- اختر الأمر Main Menu لحفظ التعديل.



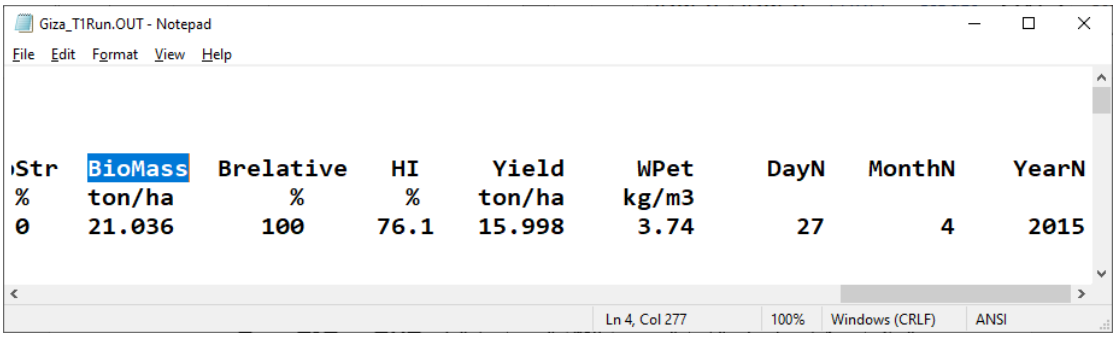
أعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج بنفس الاسم السابق Giza_T1 كما في التشغيل السابق.

انسخ العمود Wr(Zx) من الملف Giza_T1Prof.OUT بعد فتحه بالإكسل إلى الجدول في الصفحة SWC لتحديث المخطط.

يبين المخطط حصول توافق ممتاز بين القيم المقاسة والقيم المحسوبة لرطوبة التربة على كامل موسم النمو.



بعد معايرة تطور الغطاء النباتي ونتح المحصول نقارن قيمة الكتلة الحيوية المحسوبة بالنموذج مع القيمة المقاسة،حيث نحصل على القيمة المحسوبة للكتلة الحيوية من الملف Giza_T1Run.OUT



القيمة المحسوبة للكتلة الحيوية أقل من القيمة المقاسة ويجب تعديل معامل الإنتاجية المائية بزيادته حتى يحصل التوافق بين القيمة المقاسة والقيمة المحسوبة.

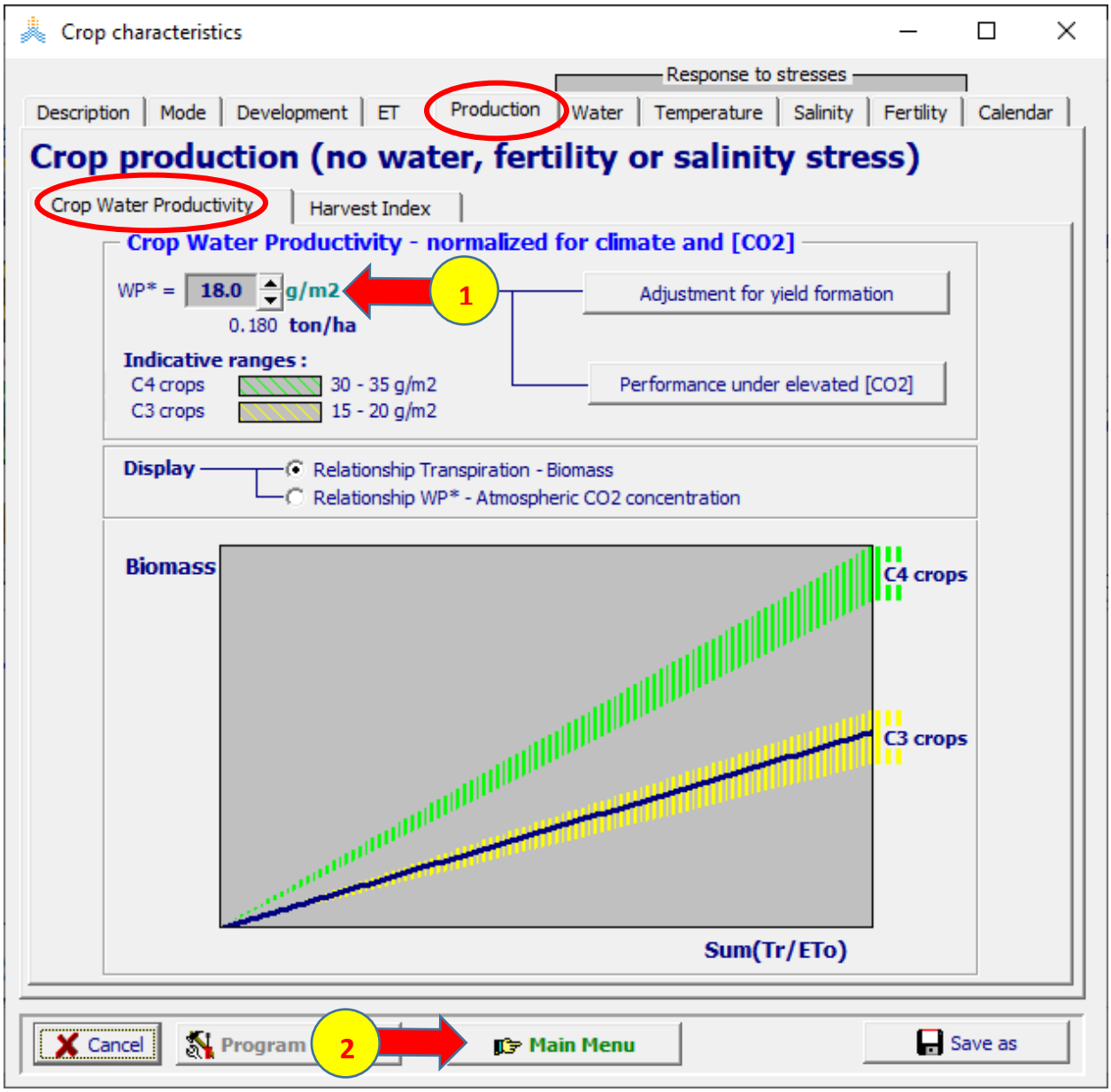
	Observed B(t/ha)		Simulated B (t/ha)
	Mean	St. Dev.	
Treatment 1	22.42	1.2	21.036
Treatment 2	22.00	0.8	
Treatment 3	18.10	0.6	

اختر الأمر Crop ثم اختر الأمر Display/Update Crop characteristics و في الواجهة Description اختر Full set ثم اختر الواجهة production:

في الواجهة Crop Water Productivity:

1-عدل قيمة WP* إلى 18.

2- اختر الأمر Main Menu لحفظ التعديل.



أعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج بنفس الاسم السابق Giza_T1 كما في التشغيل السابق.

بمقارنة القيمة المحسوبة للكتلة الحيوية مع القيمة المقاسة نجد أن تعديل قيمة WP إلى 18 قد حقق التقارب المطلوب

	Observed B(t/ha)		Simulated B (t/ha)
	Mean	St. Dev.	
Treatment 1	22.42	1.2	22.274
Treatment 2	22.00	0.8	
Treatment 3	18.10	0.6	

كما تبين مقارنة الأنتاجية المحسوبة مع الإنتاجية المقاسة تقاربا ممتازا لا يحتاج لإجراء أي تعديل

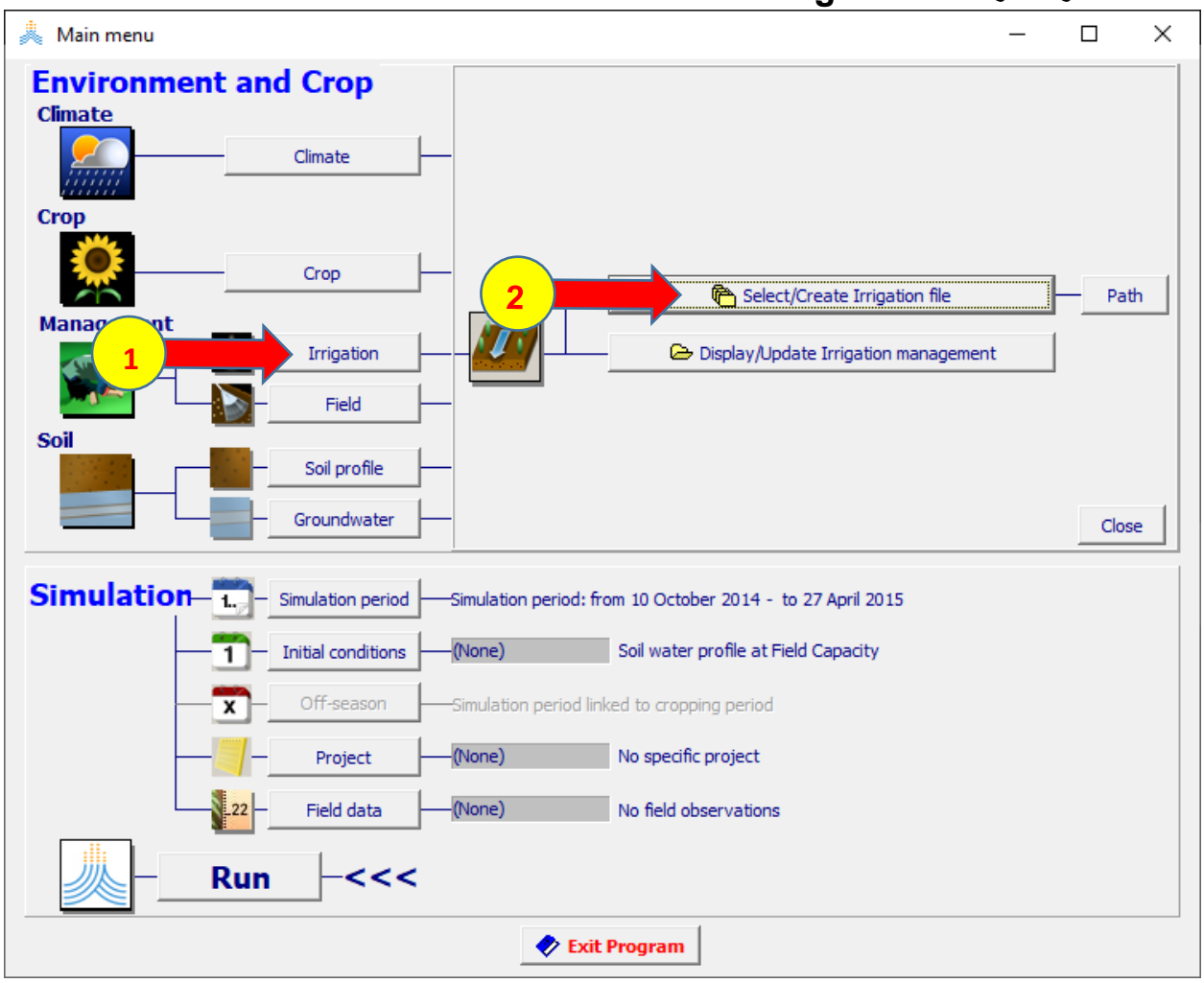
	Observed Y(t/ha)		Simulated Y (t/ha)
	Mean	St. Dev.	
Treatment 1	16.81	0.5	16.94
Treatment 2	17.92	0.6	
Treatment 3	15.15	0.4	

انتهت بذلك عملية المعايرة لمعاملة الري الكامل بالحصول على توافق ممتاز للقيم المحسوبة والمقاسة للغطاء النباتي ورطوبة التربة والكتلة الحيوية والإنتاجية.

الخطوة اللاحقة ستكون معايرة المحصول لمعاملة الري الناقص T2 التي يخضع فيها المحصول لإجهاد مائي في بداية موسم النمو.

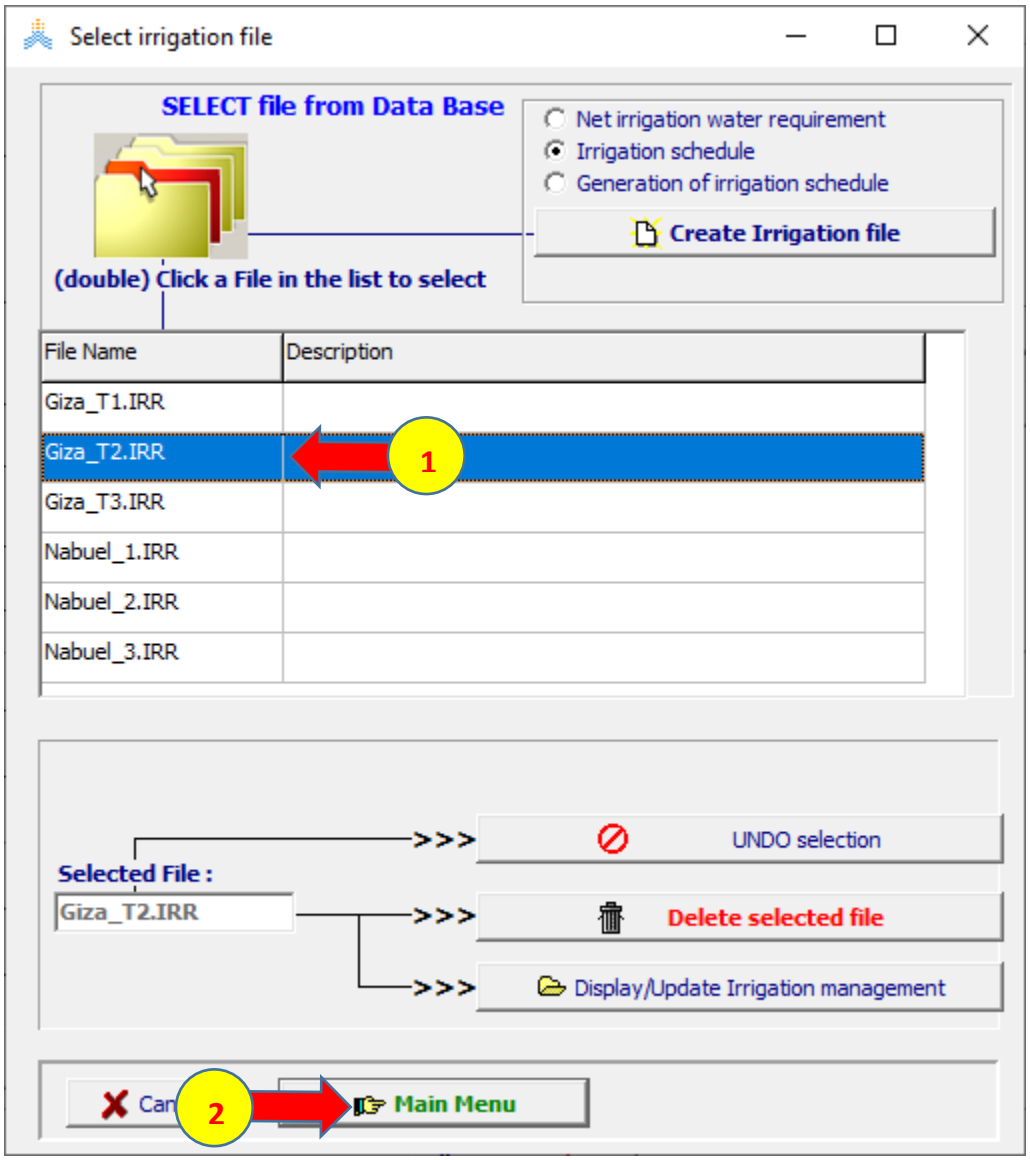
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation.
2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



في الواجهة Select irrigation file:

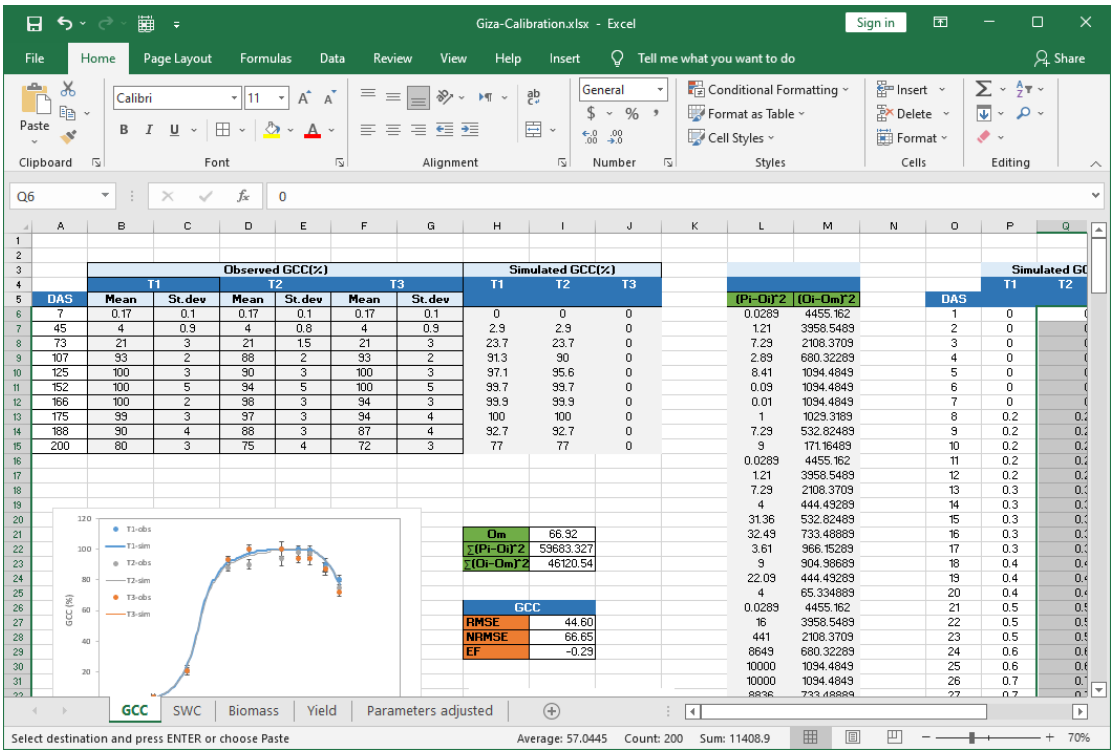
1- اختر الملف Giza_T2.IRR.
2- اختر الأمر Main Menu.



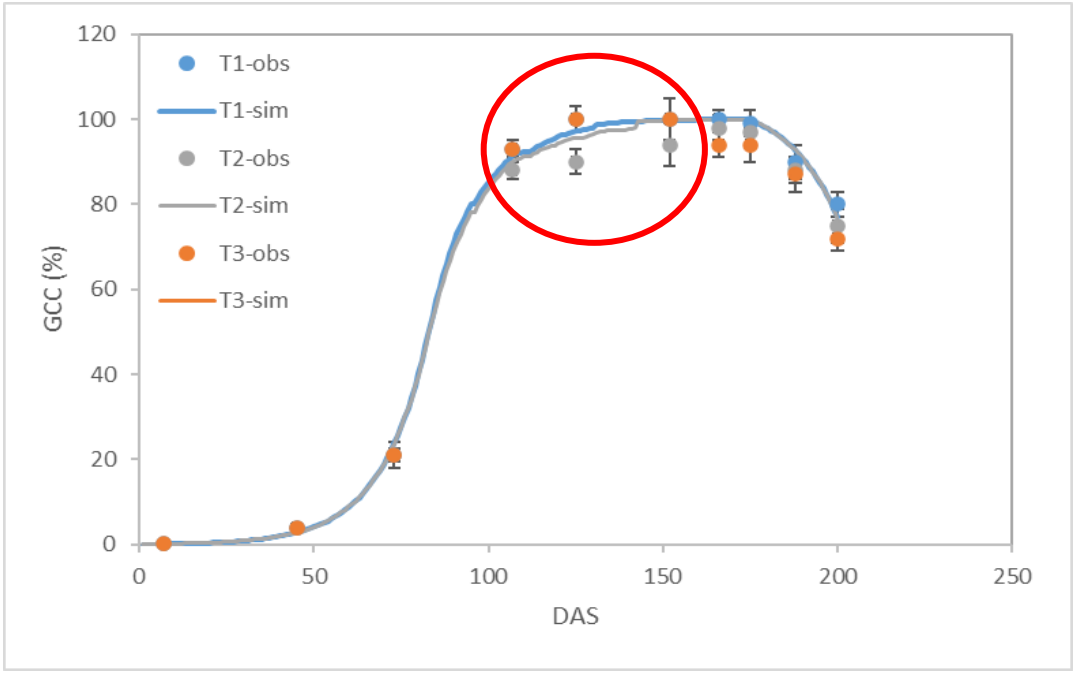
أعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج باسم Giza_T2.

تتم عملية المعايرة للمعاملين T2 و T3 بنفس التسلسل السابق حيث تكون البداية بمقارنة الغطاء النباتي المحسوب مع المقاس في الحقل الخاضع لمعاملتي الري الناقص T2 و T3.

انسخ العمود CC من الملف Giza_T2Crop.OUT بعد فتحه ببرنامج إكسل وقم بلصقه في المكان المخصص للمعاملة الثانية في الصفحة GCC.



يبين المخطط أن القيم المحسوبة للغطاء النباتي أعلى من القيم المقاسة خلال فترة تعرض المحصول للإجهاد المائي ويجب تعديل معاملات الإجهاد المائي لتحقيق التوافق بين القيم المحسوبة والمقاسة.

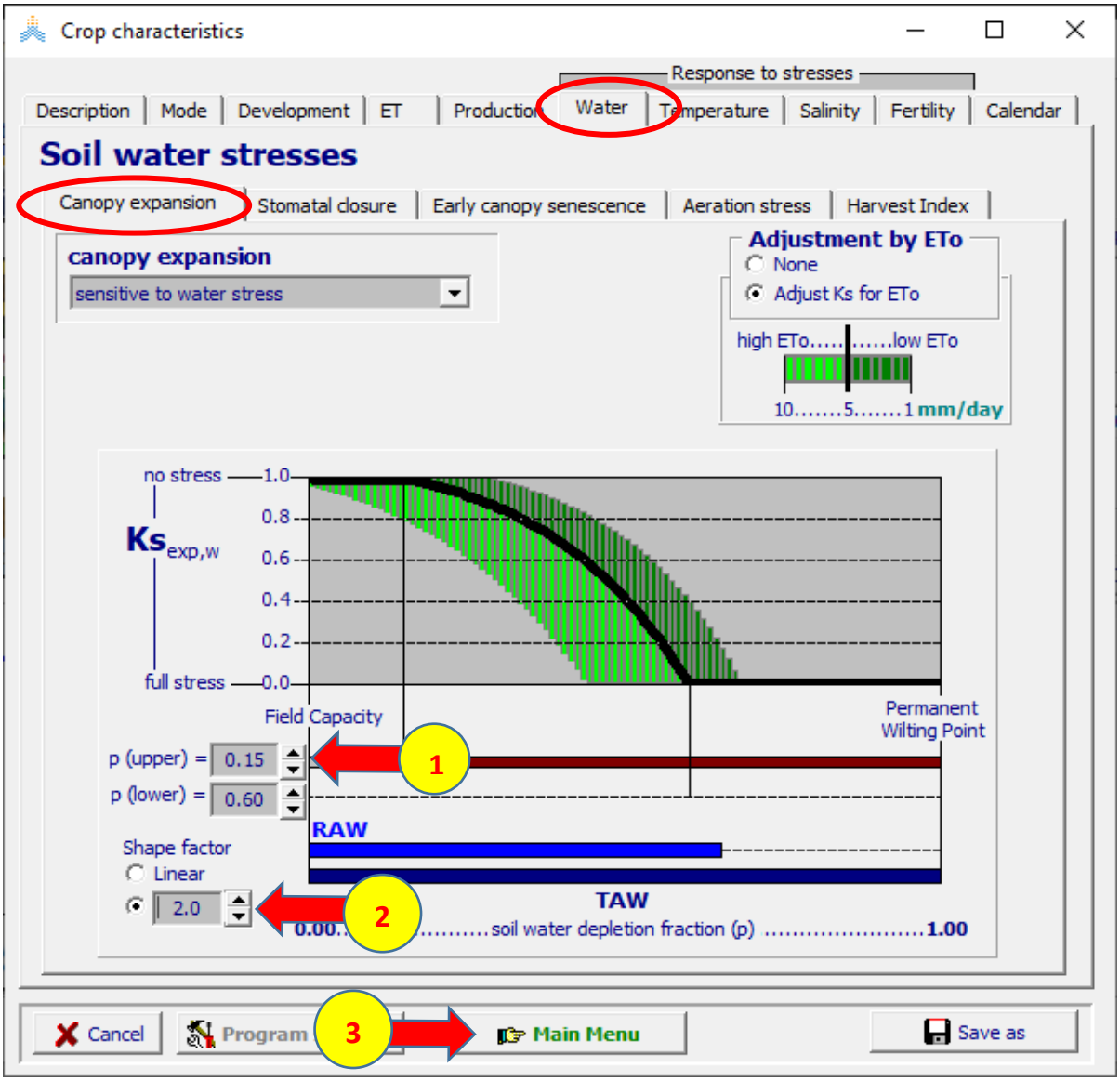


يظهر المخطط عدم التوافق بين القيم المحسوبة والمقاسة في فترة توسع الغطاء النباتي canopy expansion لذلك يجب تعديل بارامترات الإجهاد المائي لفترة توسع الغطاء النباتي ليصبح المحصول أكثر حساسية للإجهاد المائي.

اختر الأمر Crop ثم اختر الأمر Display/Update Crop characteristics و في الواجهة Description اختر Full set ثم اختر الواجهة Water:

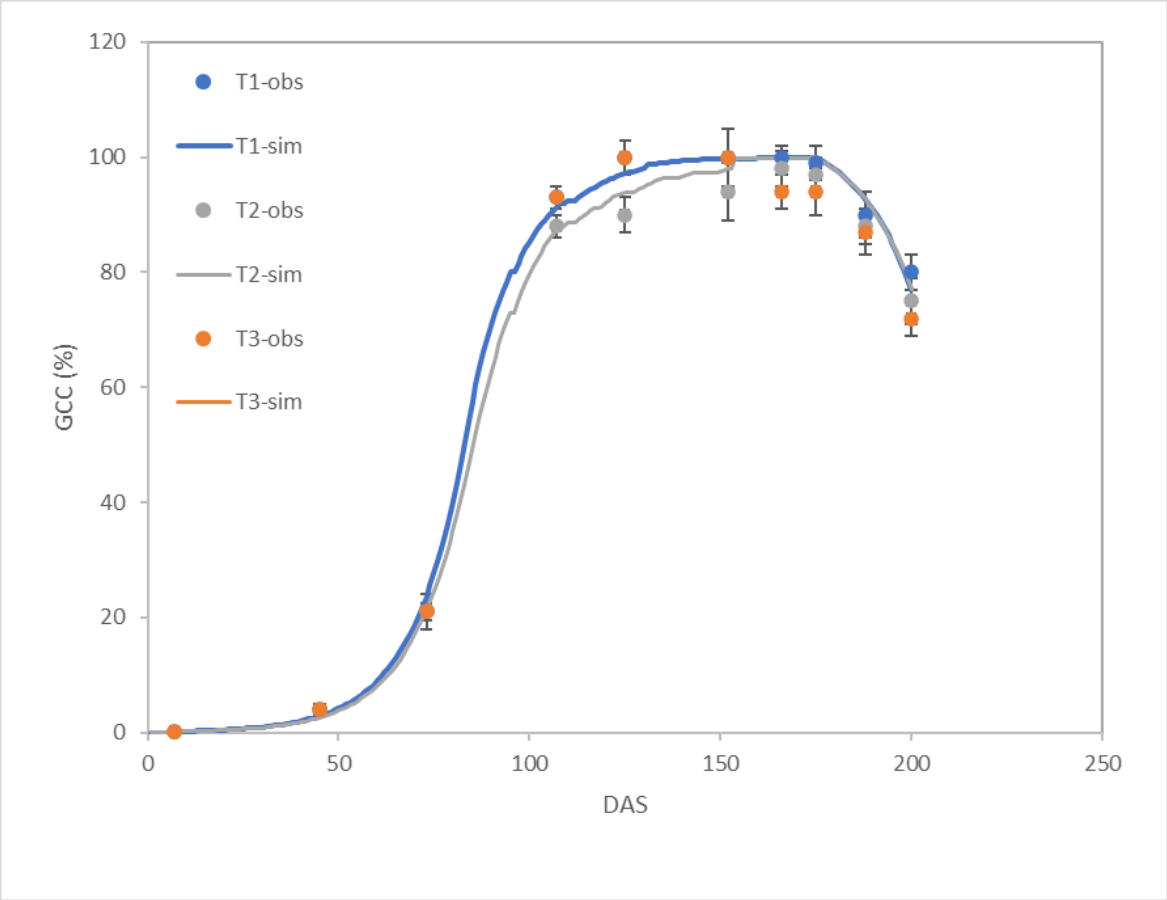
في الواجهة Canopy expansion:

1- عدل قيمة P(upper) من 0.2 إلى 0.15.
2- عدل قيمة Shape Factor من 3 إلى 2.
3- اختر الأمر Main Menu لحفظ التعديل.



أعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج بنفس الاسم السابق Giza_T2.

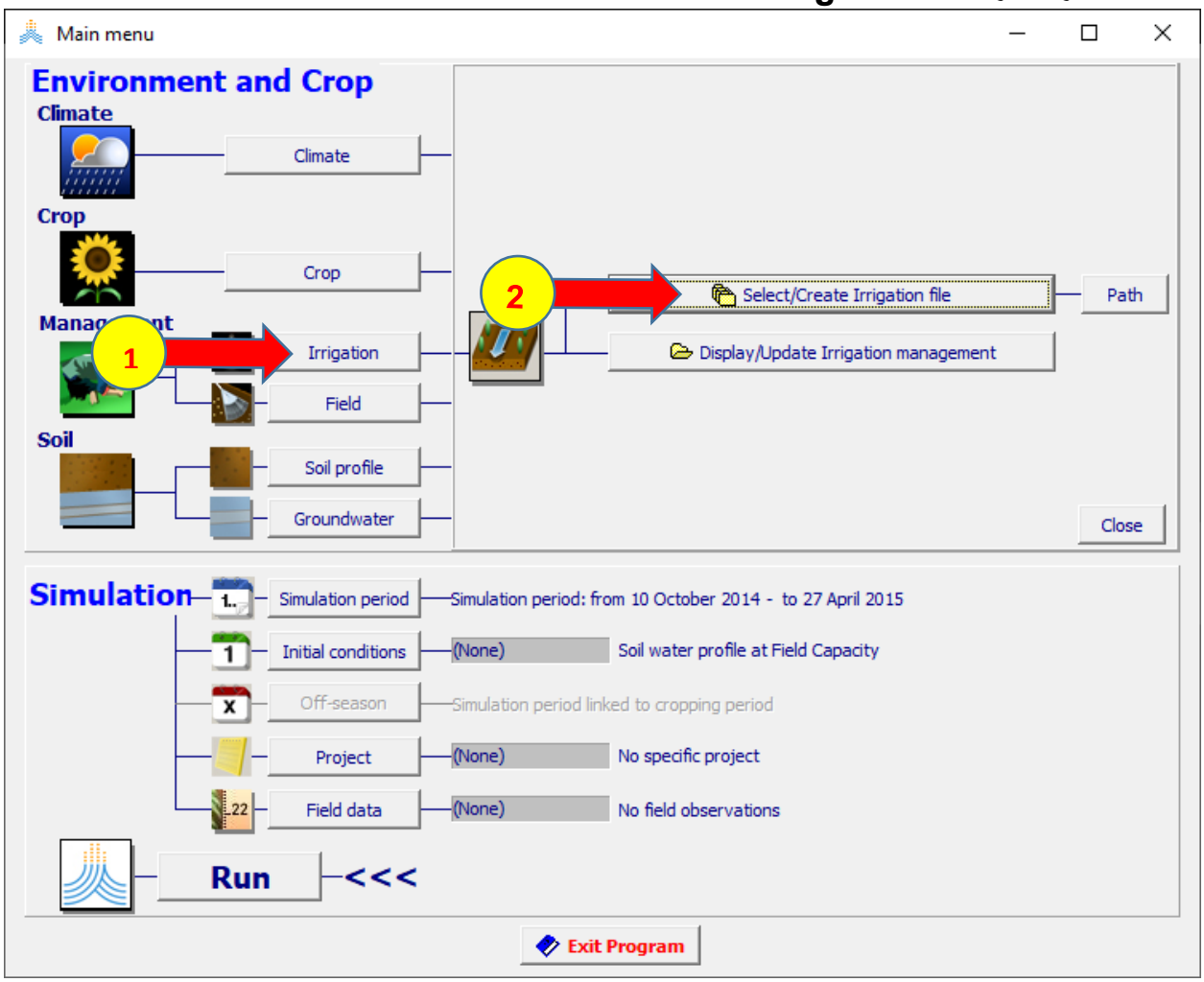
انسخ العمود CC من الملف Giza_T2Crop.OUT بعد فتحه ببرنامج إكسل وقم بلصقه في المكان المخصص للمعاملة الثانية في الصفحة GCC لتحديث المخطط نجد التقارب أصبح مقبولا بين القيم المحسوبة والمقاسة للغطاء النباتي للمعاملة الثانية T2.



ننتقل الآن للتحقق من جودة المحاكاة للغطاء النباتي المحسوب ومقاربته للمقاس في المعاملة الثالثة T3 والتي يتعرض فيها المحصول لإجهاد مائي في المرحلة المتأخرة من موسم النمو

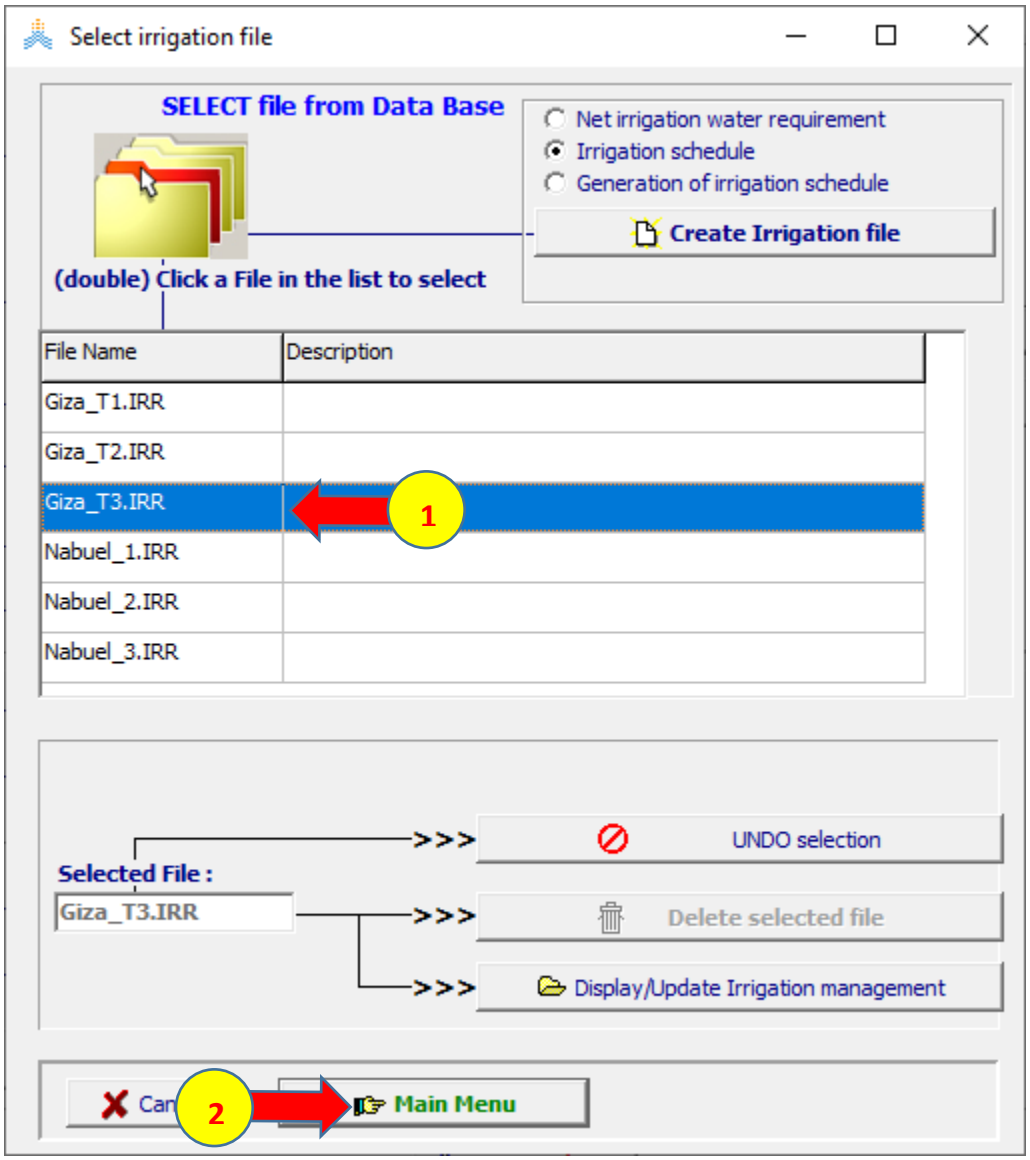
في الواجهة Main menu:

1- اختر الأمر Irrigation.
2- اختر الأمر Select/Create Irrigation file.



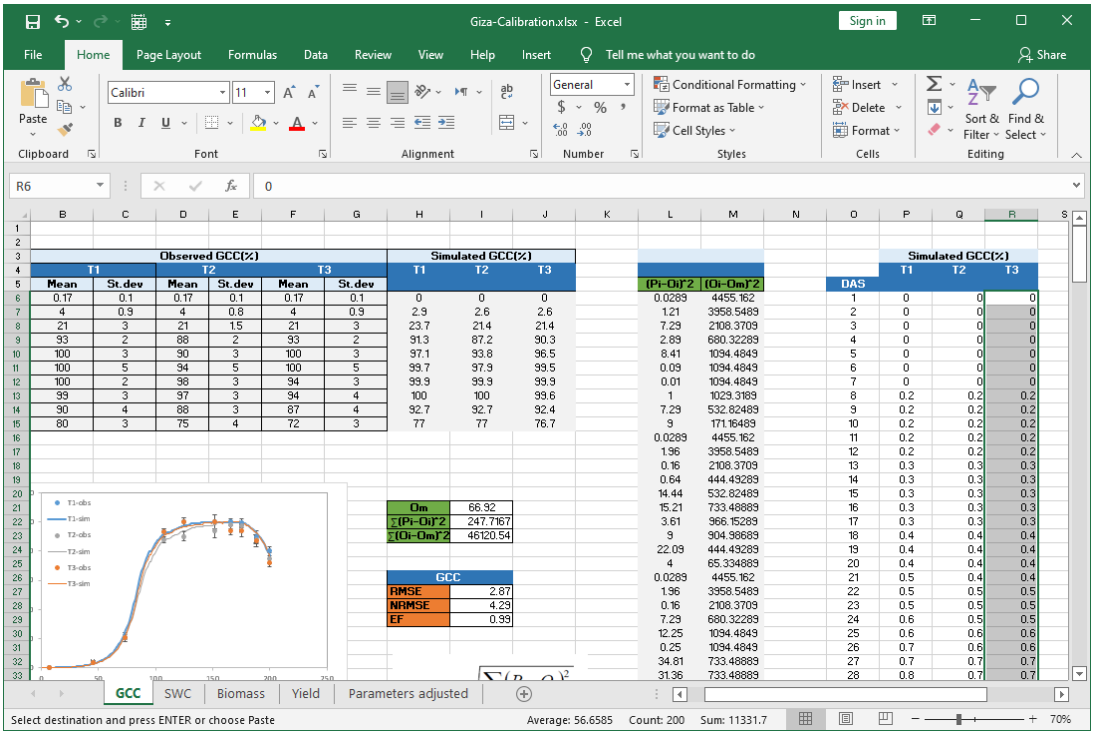
في الواجهة Select irrigation file:

1- اختر الملف Giza_T3.IRR.
2- اختر الأمر Main Menu.

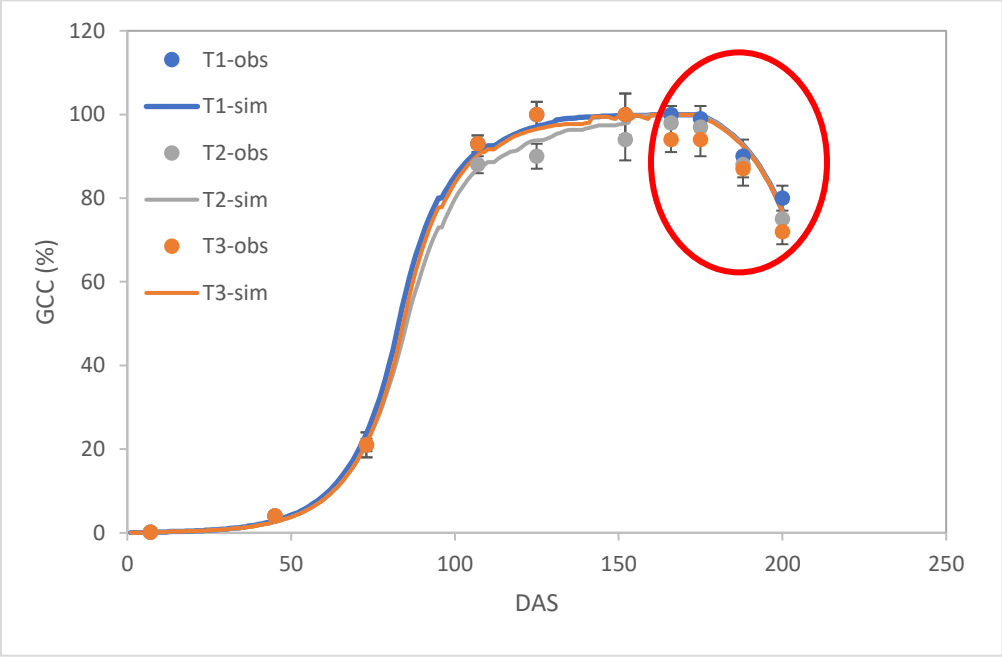


أعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج باسم Giza_T3.

انسخ العمود CC من الملف Giza_T3Crop.OUT بعد فتحه ببرنامج إكسل وقم بلصقه في المكان المخصص للمعاملة الثالثة في الصفحة GCC.



يبين المخطط أن القيم المحسوبة للغطاء النباتي أعلى من القيم المقاسة خلال فترة تعرض المحصول للإجهاد المائي ويجب تعديل معاملات الإجهاد المائي لتحقيق التوافق بين القيم المحسوبة والمقاسة.



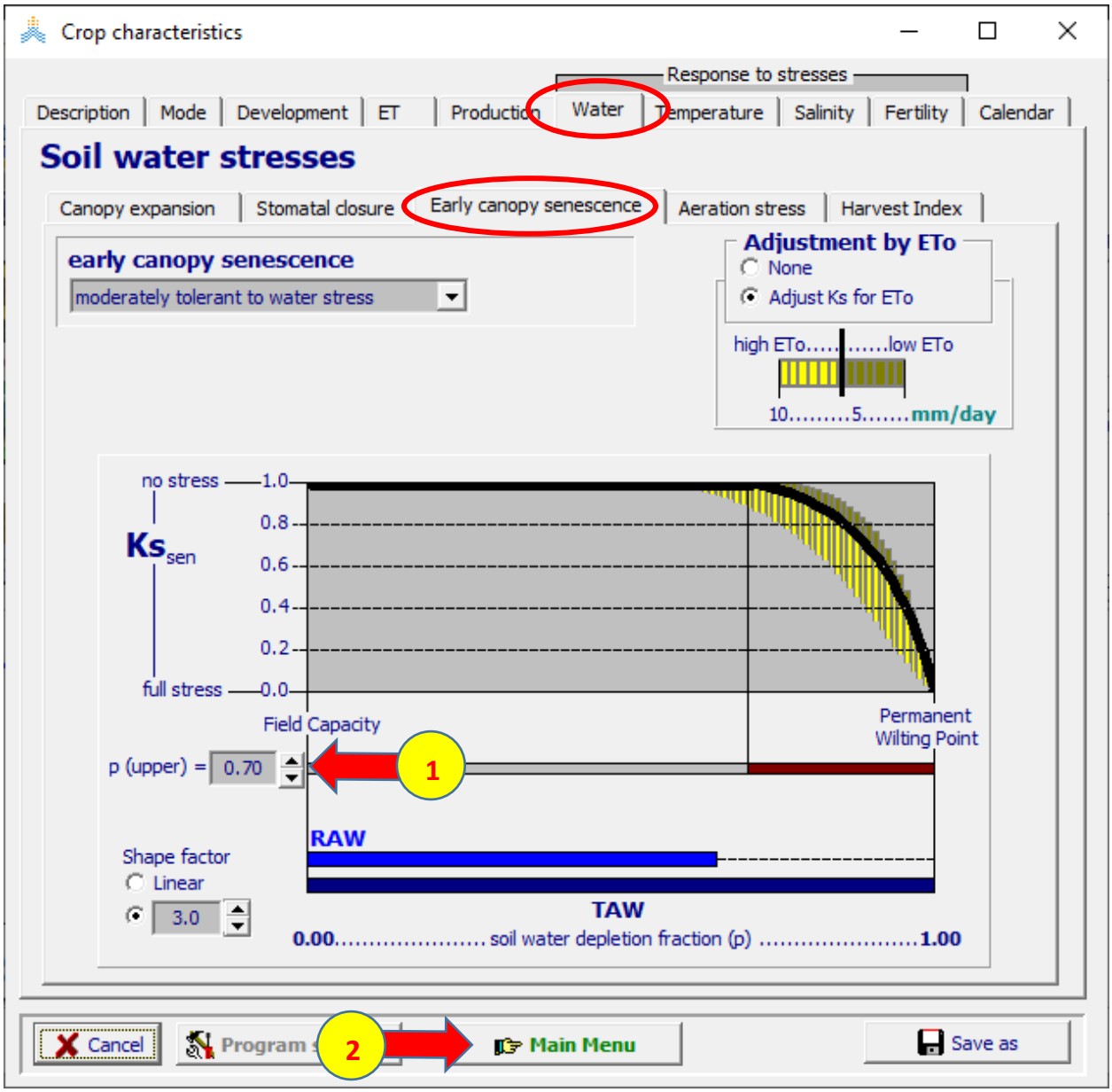
يظهر المخطط عدم التوافق بين القيم المحسوبة والمقاسة في فترة شيخوخة الغطاء النباتي canopy senescence حيث تبدأ شيخوخة الغطاء النباتي المقاسة أبكر من شيخوخة

الغطاء النباتي المحسوب وتكون كذلك أسرع, لذلك يجب تعديل بارامترات الإجهاد المائي للبدء المبكر لشيخوخة الغطاء النباتي **Early canopy senescence** ليصبح المحصول أكثر حساسية للإجهاد المائي في مرحلة الشيخوخة.

اختر الأمر **Crop** ثم اختر الأمر **Display/Update Crop characteristics** و في الواجهة **Description** اختر **Full set** ثم اختر الواجهة **Water**:

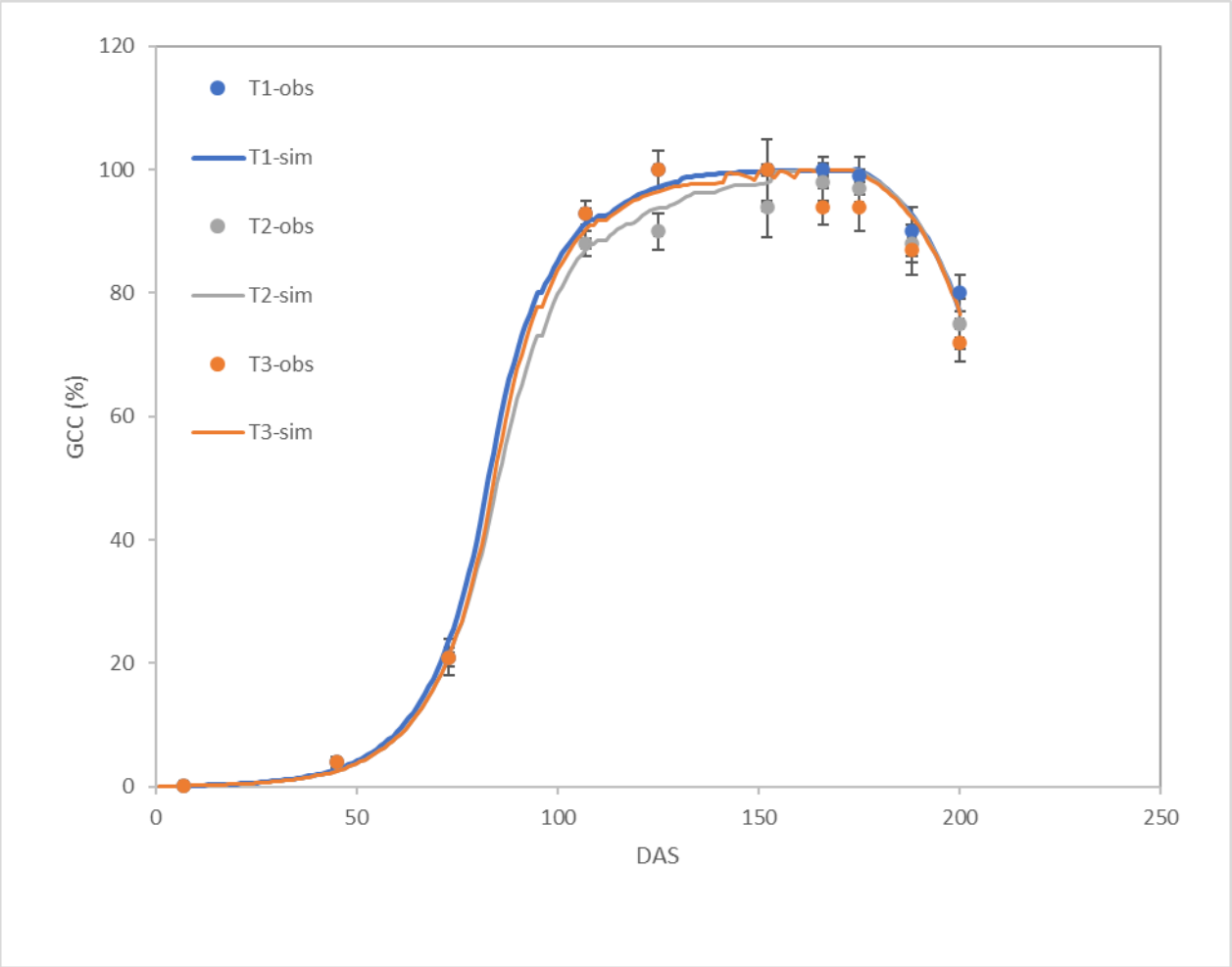
في الواجهة **Early canopy senescence**:

1- عدل قيمة **P(upper)** من **0.75** إلى **0.7**.
2- اختر الأمر **Main Menu** لحفظ التعديل.



أعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج بنفس الاسم السابق Giza_T3.

انسخ العمود CC من الملف Giza_T3Crop.OUT بعد فتحه ببرنامج إكسل وقم بلصقه في المكان المخصص للمعاملة الثالثة في الصفحة GCC لتحديث المخطط نجد أن التقارب لم يتحسن و لا يزال معدل تناقص الغطاء النباتي المقاس أعلى من المحسوب.



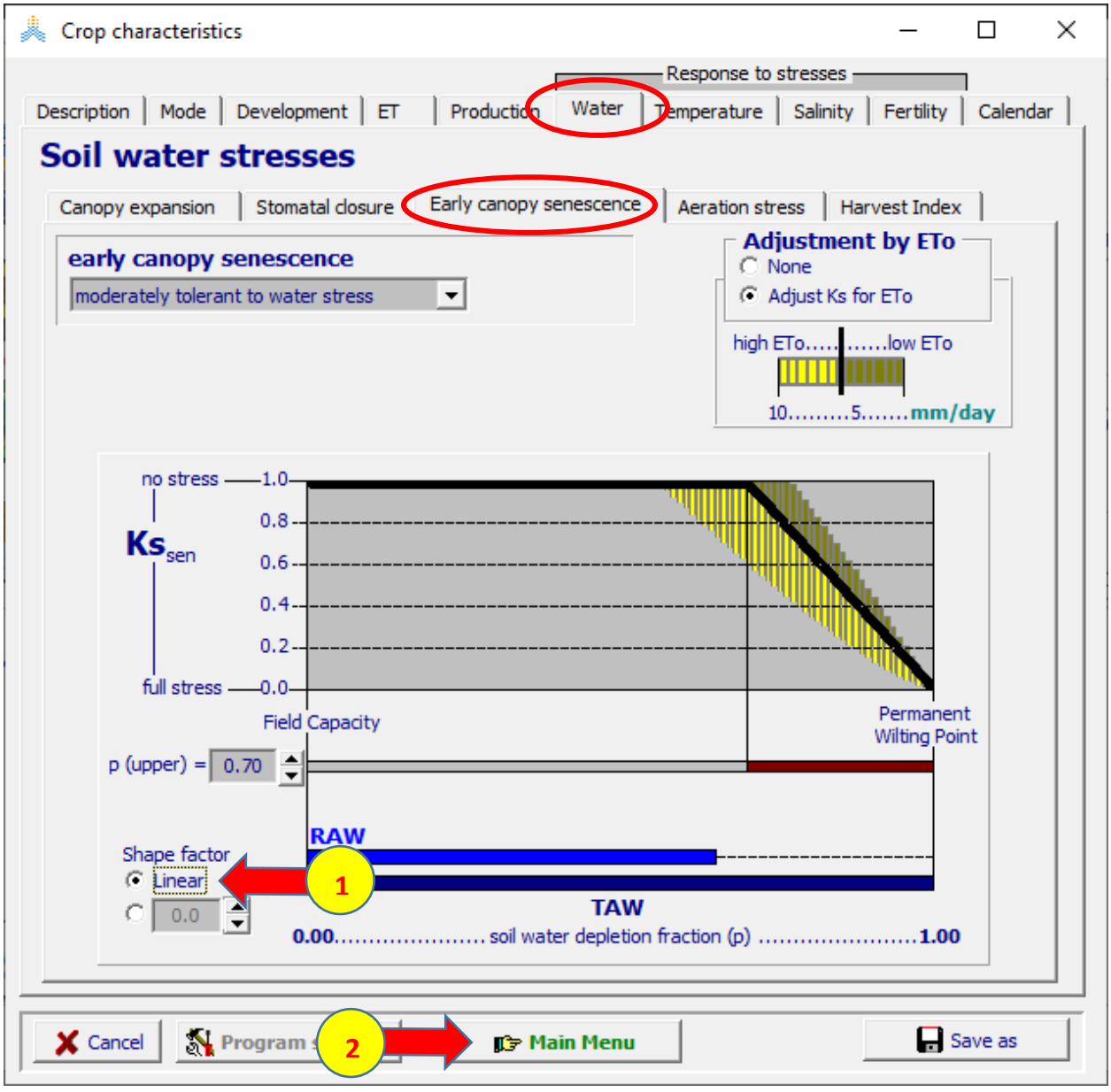
مازلنا نحتاج لزيادة سرعة انخفاض الغطاء النباتي لتحقيق التقارب بين القيم المقاسة والمحسوبة في مرحلة الشيخوخة.

اختر الأمر Crop ثم اختر الأمر Display/Update Crop characteristics و في الواجهة Description اختر Full set ثم اختر الواجهة Water:

في الواجهة Early canopy senescence:

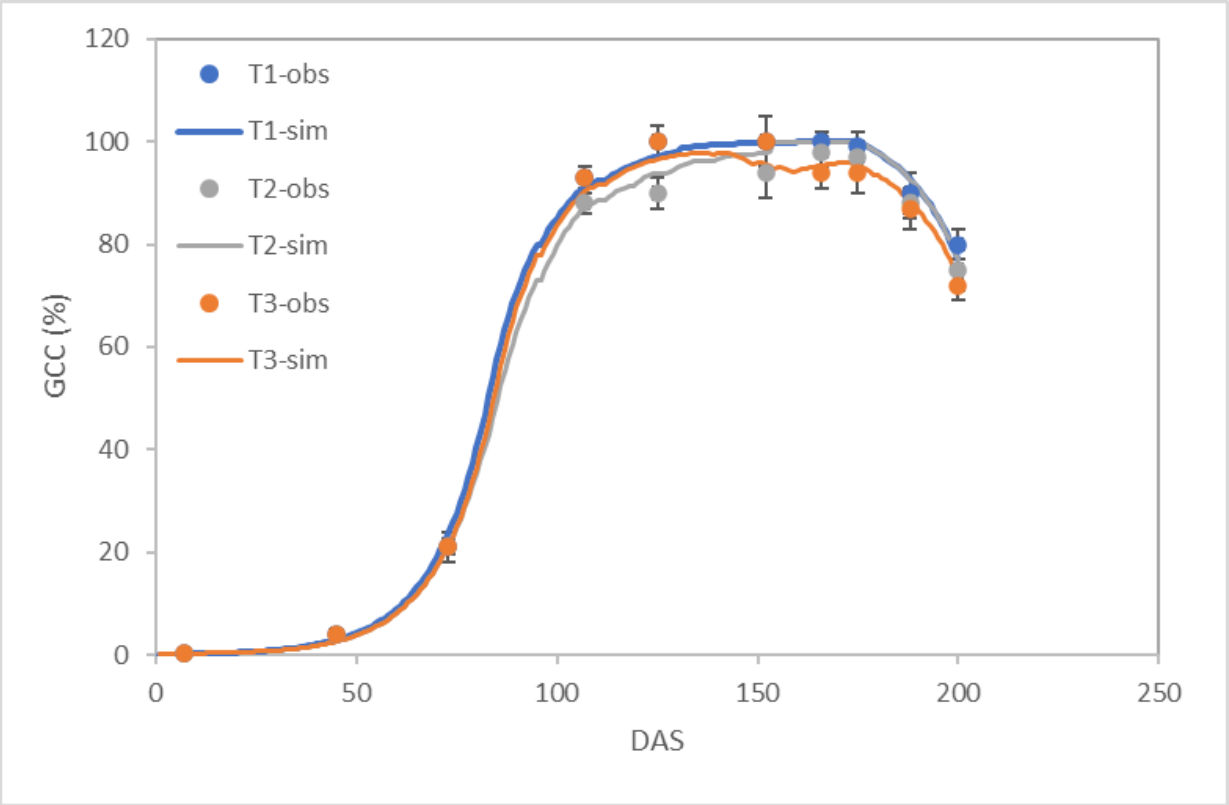
1- عدل الخيار Shape factor ليصبح Linear.

2- اختر الأمر Main Menu لحفظ التعديل.



أعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج بنفس الاسم السابق Giza_T3.

انسخ العمود CC من الملف Giza_T3Crop.OUT بعد فتحه ببرنامج إكسل وقم بلصقه في المكان المخصص للمعاملة الثالثة في الصفحة GCC لتحديث المخطط نجد أن التقارب بين قيم تناقص الغطاء النباتي المقاسة والمحسوبة في فترة الشيخوخة أصبح ممتازا.

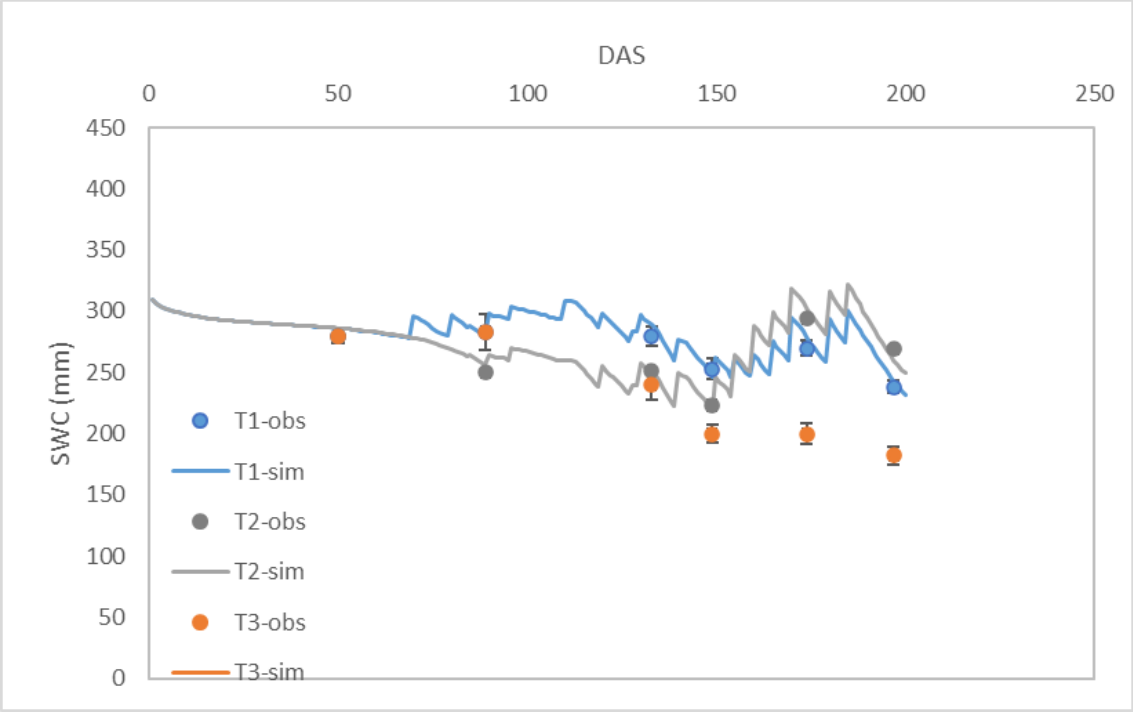


بهذا تكون معايرة بارامترات الإجهاد المائي لمرحلة توسع الغطاء النباتي والشيخوخة قد تمت معايرتها باستخدام القيم المقاسة للغطاء النباتي في المعاملتين T2 و T3.

الخطوة اللاحقة هي التحقق من التقارب بين قيم رطوبة التربة SWC المحسوبة والمقاسة للمعاملتين T2 و T3.

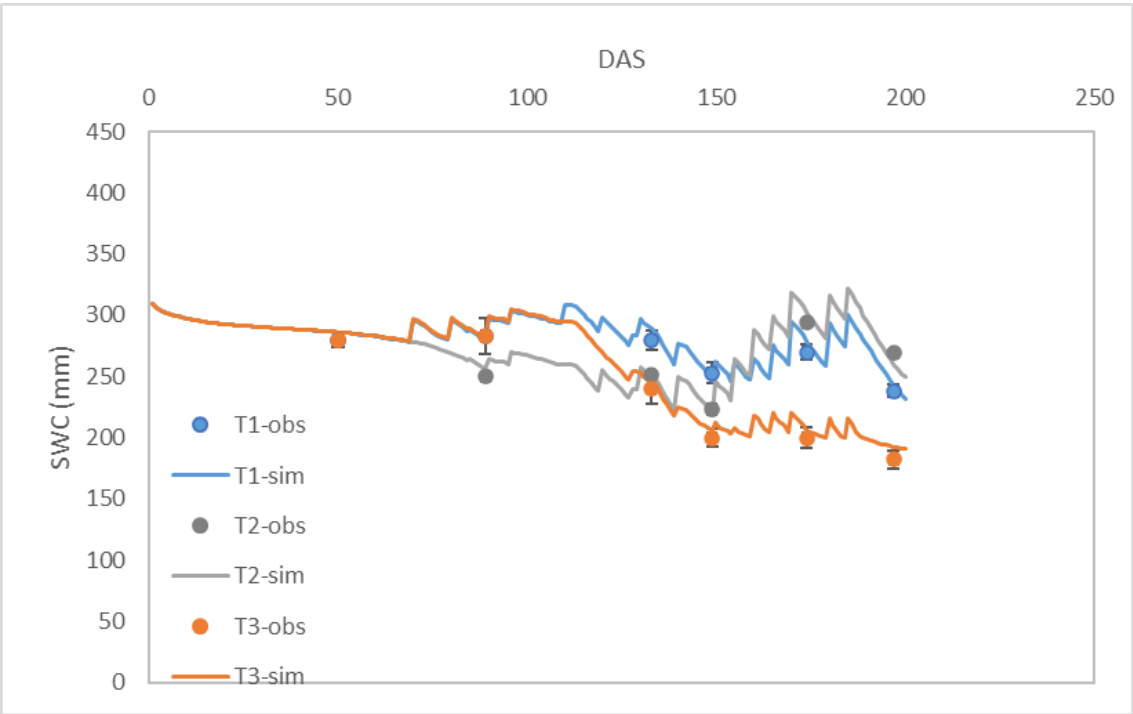
انسخ العمود Wr(Zx) من الملف Giza_T2Prof.OUT بعد فتحه بالإكسل إلى الجدول في الصفحة SWC لتحديث المخطط.

يبين المخطط حصول توافق ممتاز بين القيم المقاسة والقيم المحسوبة لرطوبة التربة على كامل موسم النمو للمعاملة T2.

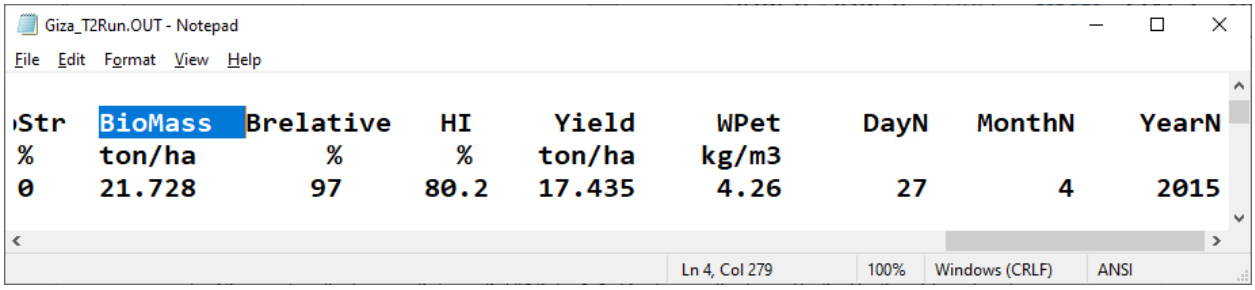


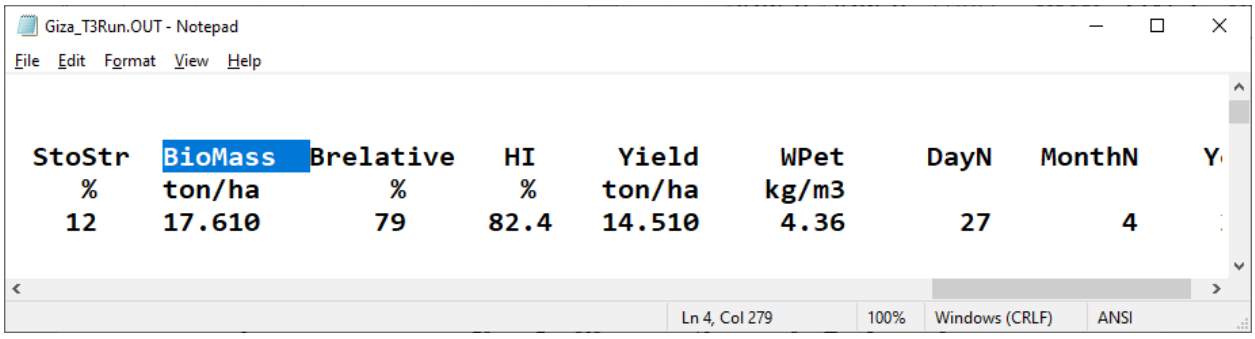
انسخ العمود Wr(Zx) من الملف Giza_T3Prof.OUT بعد فتحه بالإكسل إلى الجدول في الصفحة SWC لتحديث المخطط.

يبين المخطط حصول توافق ممتاز بين القيم المقاسة والقيم المحسوبة لرطوبة التربة على كامل موسم النمو للمعاملة T3.



بعد معايرة تطور الغطاء النباتي ونتح المحصول نقارن قيمة الكتلة الحيوية المحسوبة بالنموذج مع القيمة المقاسة،حيث نحصل على القيمة المحسوبة للكتلة الحيوية من الملفين Giza_T2Run.OUT و Giza_T3Run.OUT





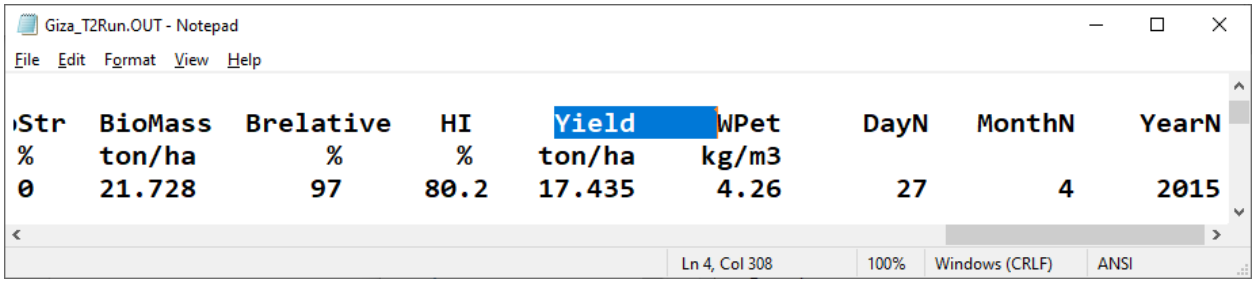
	Observed B(t/ha)		Simulated B (t/ha)
	Mean	St. Dev.	
Treatment 1	22.42	1.2	22.274
Treatment 2	22.00	0.8	21.728
Treatment 3	18.10	0.6	17.61

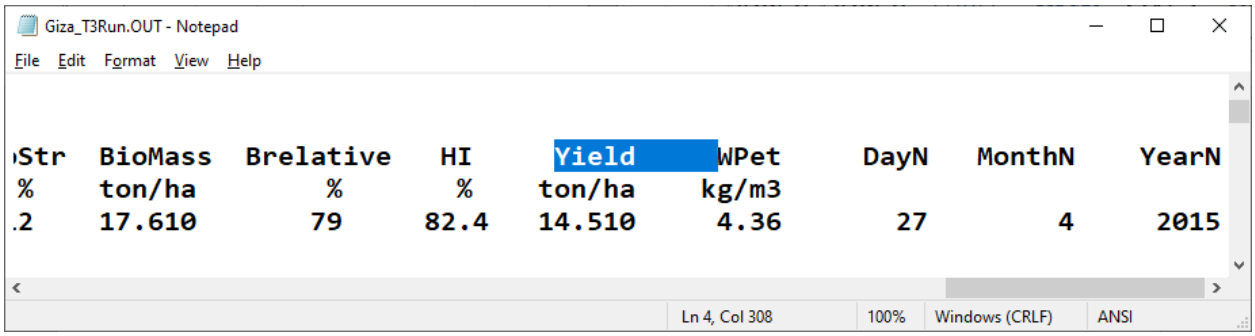
GCC	
RMSE	0.33
NRMSE	1.60
EF	0.97

تتقارب القيم المحسوبة للكتلة الحيوية بشكل ممتاز مع القيم المقاسة، حيث أكبر فرق بين القيمتين هو 0.5 t/ha للمعاملة Treatment 3 وتعتبر قيمة مقبولة جدا بسبب الصعوبات المرافقة لقياس الكتلة الحيوية بشكل دقيق.

كذلك تعطي المؤشرات الإحصائية قيما ممتازة لمقارنة نتائج المحاكاة مع القيم المقاسة للكتلة الحيوية.

بعد معايرة تطور الغطاء النباتي ونتح المحصول والكتلة الحيوية نقارن قيمة الإنتاجية المحسوبة بالنموذج مع القيمة المقاسة،حيث نحصل على القيمة المحسوبة للإنتاجية للمعاملتين من الملفين Giza_T2Run.OUT و Giza_T3Run.OUT





	Observed Y(t/ha)		Simulated Y (t/ha)
	Mean	St. Dev.	
Treatment 1	16.81	0.5	16.94
Treatment 2	17.92	0.6	17.44
Treatment 3	15.15	0.4	14.51

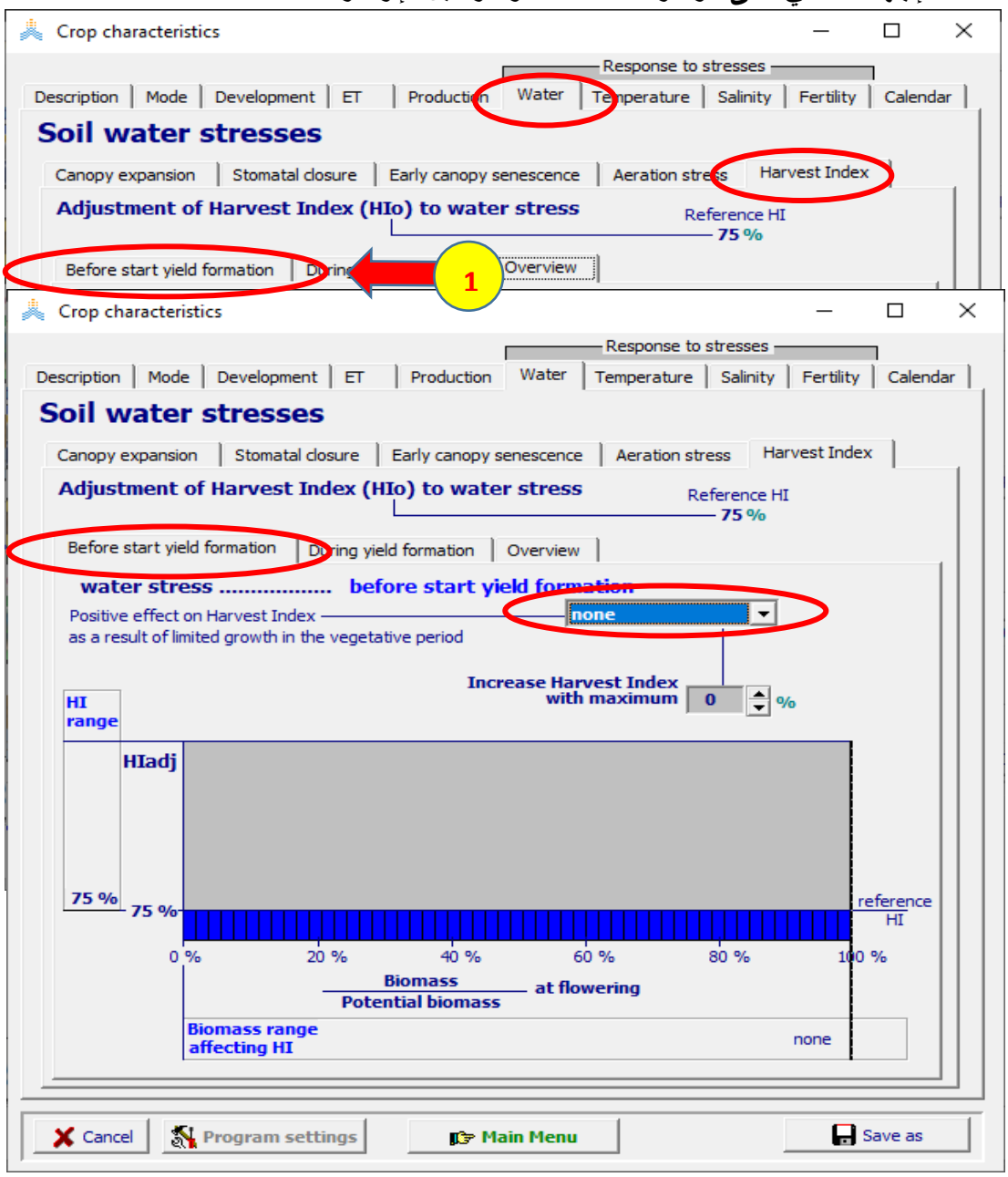
تظهر القيم تقاربا ممتازا في معاملة الري الكامل T1 حيث الفرق بين الإنتاجية المقاسة والمحسوبة لايتجاوز 0.13 t/ha، بينما يكون الفرق في معاماتي الري الناقص T2 و T3 أكبر يصل حتى 0.48 t/ha و 0.64 t/ha على التتالي.

يمكن تحسين التقارب للمعاملتين T2 و T3 بتعديل بارامترات الإجهاد المائي المؤثرة على مؤشر الحصاد المرجعي HI0 وجعله إقل حساسية للإجهاد المائي.

اختر الأمر Crop ثم اختر الأمر Display/Update Crop characteristics و في الواجهة Description اختر Full set ثم اختر الواجهة Water:

في الواجهة Harvest Index لدينا كل بارامترات الإجهاد المائي التي تؤثر على مؤشر الحصاد:

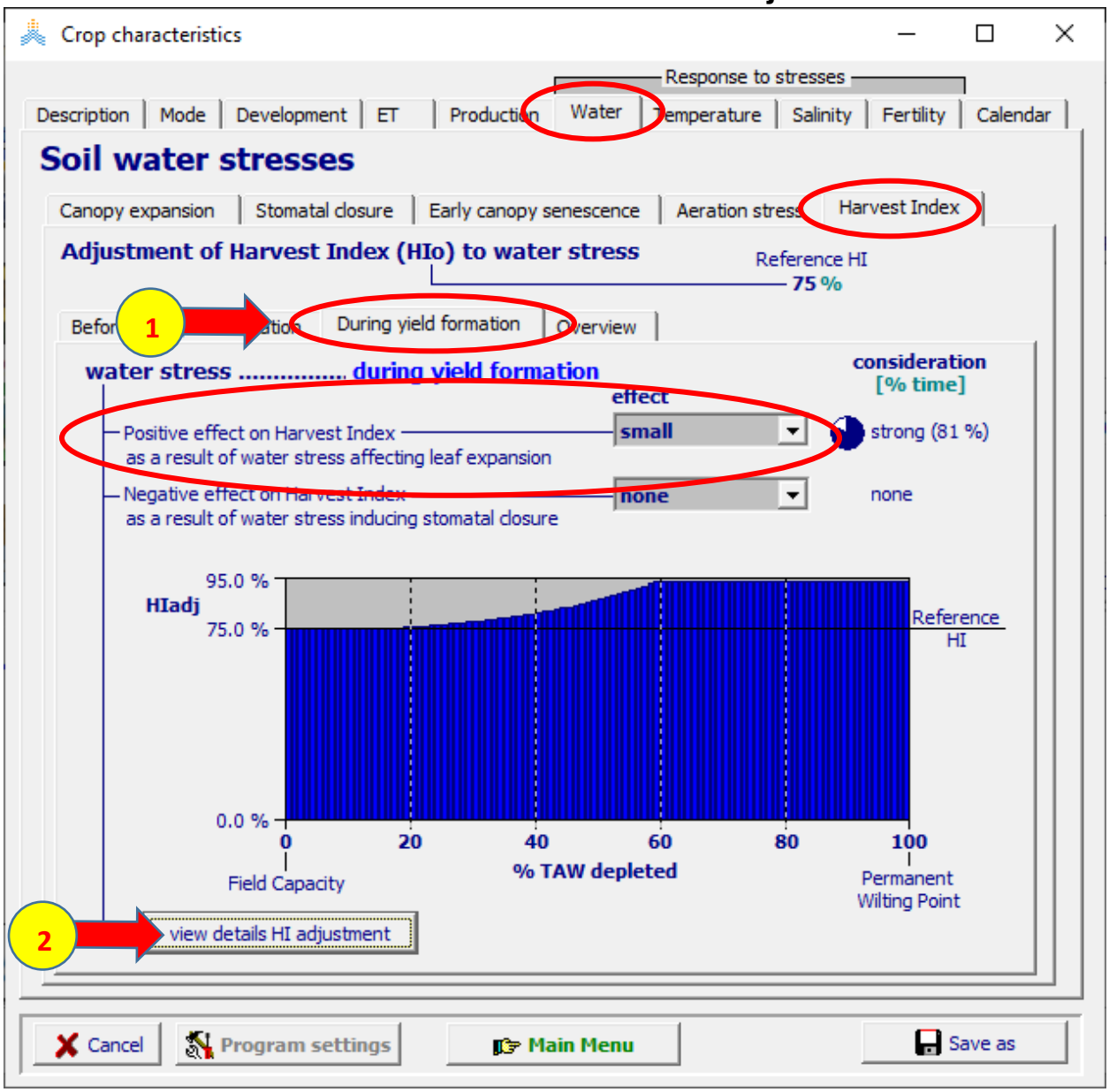
1- اختر الواجهة Before start yield formation نجد أن تأثير الإجهاد المائي على مؤشر الحصاد معدوم None، نبقي الخيار بدون تعديل لأنه من المعلوم أن لاتأثير للإجهاد المائي على مؤشر الحصاد للشوندر قبل الإزهار.



في الواجهة Harvest Index:

1- اختر الواجهة During yield formation نجد أن الإجهاد المائي الذي يؤثر على توسع الغطاء النباتي له تأثير إيجابي على مؤشر الحصاد ويسبب ارتفاع قيمته، لتعديل هذا التأثير وزيادته لتحقيق التقارب بين الإنتاجية المحسوبة والمقاسة،

2- اختر الأمر View details HI adjustment.

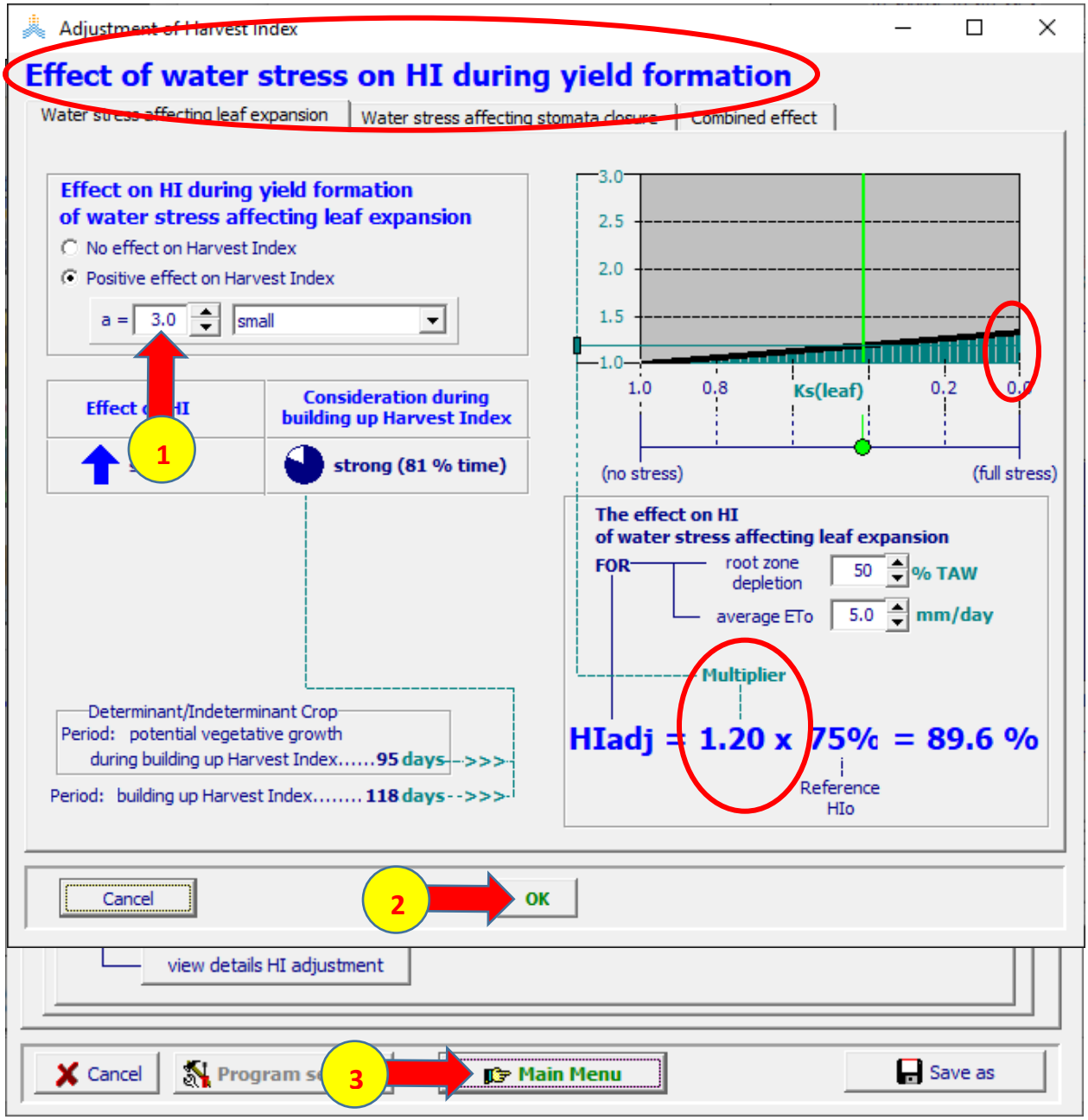


في الواجهة Effect of water stress on HI during yield formation:

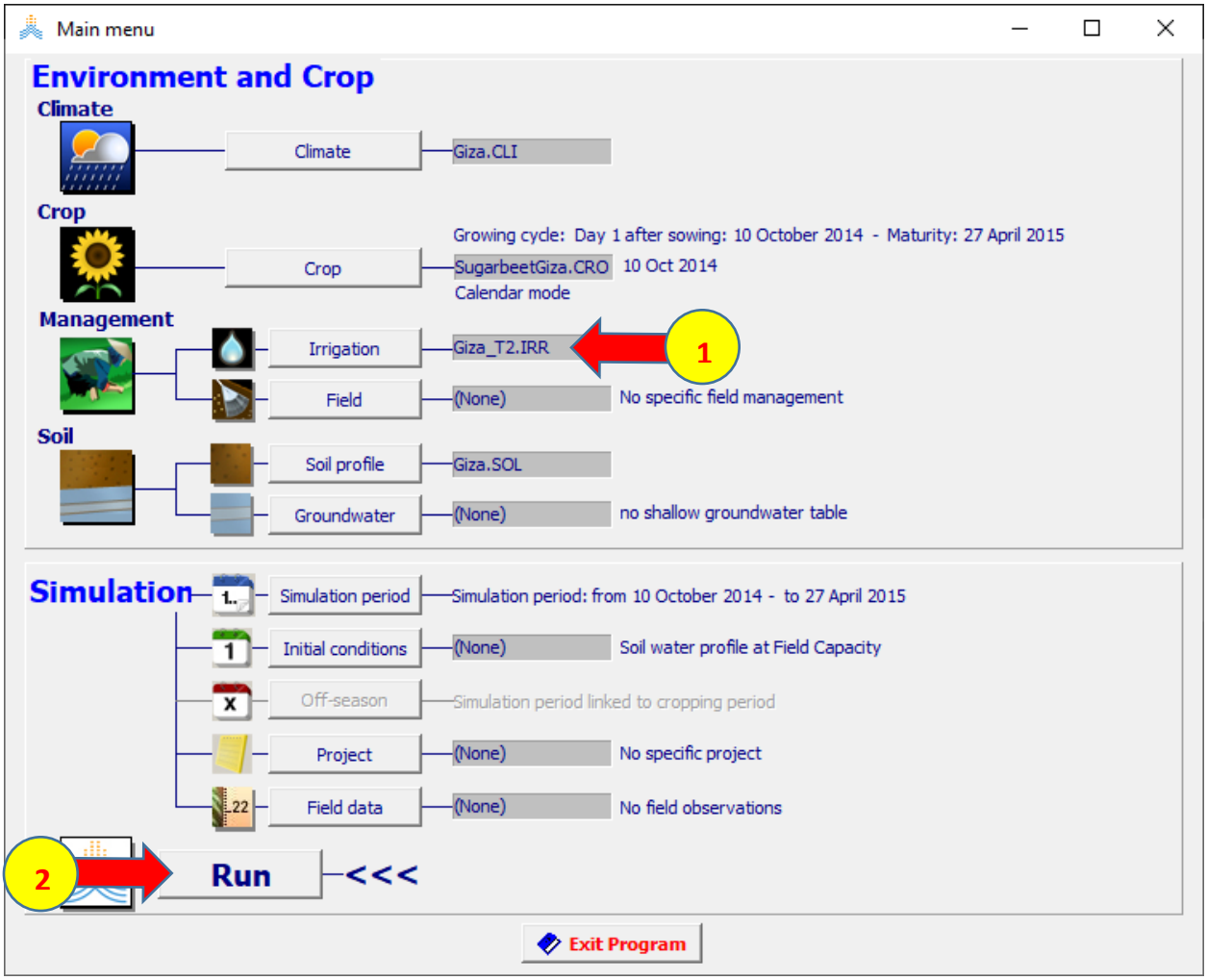
1- عدل قيمة a من 4 إلى 3 لزيادة قيمة Multiplier من 1.15 إلى 1.2 أي زيادة ارتفاع مؤشر الحصاد نتيجة الإجهاد المائي بمقدار 5%.

2- اختر الأمر OK.

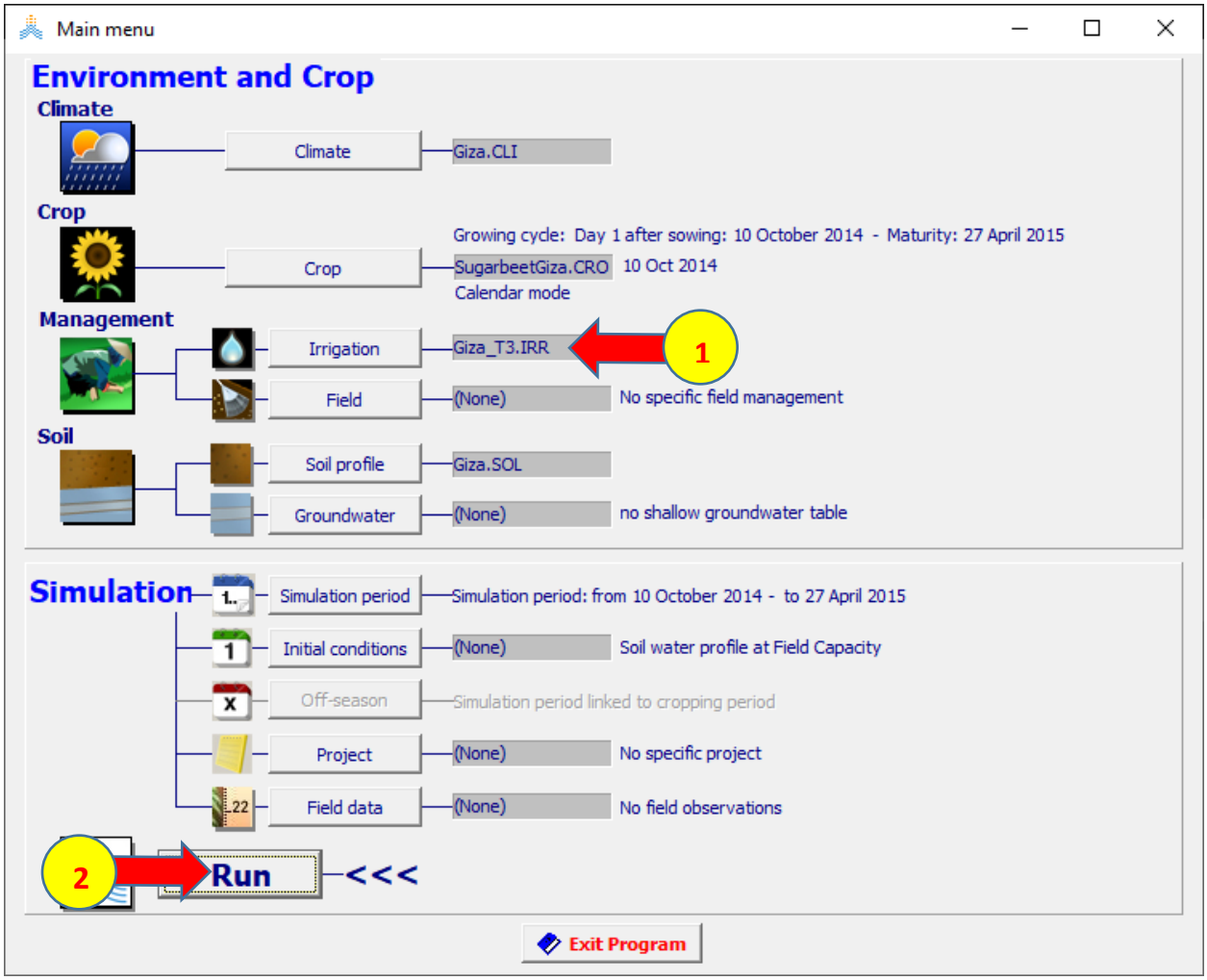
3- اختر الأمر Main Menu لحفظ التعديل.



اختر ملف الري Giza_T2.IRR وأعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج باسم Giza_T2.



اختر ملف الري Giza_T3.IRR وأعد تشغيل النموذج واحفظ النتائج باسم Giza_T3.



بالعودة إلى مقارنة القيم المحسوبة والمقاسة للإنتاجية للمعاملات الثلاثة نجد أن التقارب أصبح ممتازا وأن المؤشرات الإحصائية كذلك أصبحت جيدة جدا للمؤشرات الثلاثة.

	Observed Y(t/ha)		Simulated Y (t/ha)
	Mean	St. Dev.	
Treatment 1	16.81	0.5	16.94
Treatment 2	17.92	0.6	17.81
Treatment 3	15.15	0.4	14.94

Yield	
RMSE	0.16
NRMSE	0.94
EF	0.98

بالعودة إلى المؤشرات الإحصائية للغطاء النباتي ورطوبة التربة والكتلة الحيوية نجد أنها أصبحت ممتازة لكل البارامترات

GCC	
RMSE	2.29
NRMSE	3.43
EF	1.00

Biomass	
RMSE	0.33
NRMSE	1.60
EF	0.97

Yield	
RMSE	0.16
NRMSE	0.94
EF	0.98

وبهذا تكون عملية المعايرة قد اكتملت، و أصبح لدينا ملف محصول شوندر صنف Xanadu معاير وجاهز لمحاكاة أي سيناريو ري ناقص ودراسة تأثير المستويات المختلفة من الإجهاد المائي على إنتاجية المحصول.

المراجع

المراجع العربية:

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) وآخرون، 2017 . التقرير العربي حول تقييم تغير المناخ– التقرير الرئيسي E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report, Beirut .

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) وآخرون، 2017. تطوير قدرات البلدان العربية للتكيّف مع تغيّر المناخ باستخدام أدوات الإدارة المتكاملة للموارد المائية.
E/ESCWA/SDPD/2017/Modules/Intro

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) وجامعة الدول العربية، 2015 . التوقعات المناخية ومؤشرات الظواهر المناخية في المنطقة العربية E/ESCWA/SDPD/2015/Booklet.2.

دراسة حول تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على إنتاجية المحاصيل الزراعية في فلسطين، E/ESCWA/SDPD/2019/CP.7، متاحة على:
https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/uploads/national-assessment-report-palestine-arabic.pdf

دراسة حول تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على إنتاجية المحاصيل الزراعية في الأردن، E/ESCWA/SDPD/2019/CP.3، متاحة على:
https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/uploads/national-assessment-report-jordan-arabic.pdf

دراسة حول تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على إنتاجية المحاصيل الزراعية في لبنان، E/ESCWA/SDPD/2019/CP.5، متاحة على:
https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/uploads/national-assessment-report-lebanon-arabic.pdf

دراسة حول تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على إنتاجية المحاصيل الزراعية في المغرب، E/ESCWA/SDPD/2019/CP.6، متاحة على:

https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/uploads/national-assessment-report-morocco-arabic.pdf

دراسة حول تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على إنتاجية المحاصيل الزراعية في تونس، E/ESCWA/SDPD/2019/CP.9، متاحة على:
https://www.unescwa.org/sites/www.unescwa.org/files/uploads/national-assessment-report-tunisia-arabic.pdf

المراجع الأجنبية:

Abedinpour, M. and Sarangi, A. 2013.Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize Growth in Semi-Arid Environment. World Applied Sciences Journal 21 (11): 1687-1692, 2013.

Akhtar, F., Awan, U. K. and Tischbein, B. 2012. Maize Yield Response to Deficit Irrigation using the AquaCrop Model under Shallow Groundwater Conditions in Uzbekistan.Tropentag, September 19-21, 2012, G¨ottingen-Kassel/Witzenhausen.

Allen, R. G., Pereira, L.B., Raes, D., Smith, M. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 – Crop Evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements, FAO, Water Resources, Development and Management Service Rome, Italy.

Caliandro, A. and Boari, F. March 1996. Supplementary Irrigation in Arid and Semiarid Regions, Medit (A Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment) vol 7, n.1, pp. 24-27.

Fereres, E. and Garcia-Vila, M. Tue 27 Jul _ Thu 29 Jul 2021.University of Cordoba. E-training on calibration & validation of the AquaCrop model.

Kirda, C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. In: Water reports 22- Deficit Irrigation Practices, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.E., Fereres, E. 2017. Reference manual of AquaCrop Version 6.0 Chapter 2, Users guide.

Salemi, H., Soom, M. A. M., Lee, T. S., Mousavi, S. F., Ganji, A., and Yusoff, M. K. 2011. Application of AquaCrop model in deficit irrigation management of Winter wheat in arid region. African Journal of Agricultural Research (Vol. 610), pp. 2204-2215, 18 May 2011.

Salemi, H., Soom, M. A. M., Lee, T. S., Mousavi, S. F., Ganji, A., Verdinejad, V. R. and Yusoff, M. K.2011. Irrigated Silage Maize Yield and Water Productivity Response to Deficit Irrigation in an Arid Region- Pol. J. Environ. Stud. Vol. 20, No. 5 (2011), 1295-1303.

Savva, A. P., Frenken, K., Mudima, K., Chitima, M., and Tirivamwe, L. 2002. Irrigation Manual Module 4, Crop Water Requirements and Irrigation Scheduling. FAO Sub-Regional Office for East and Southern Africa, Harare.