



LIFE Programme 2014 - 2020



AGROWETLANDS II

MODULO 6

SIMULAZIONI E APPLICAZIONI DI *AQUACROP*

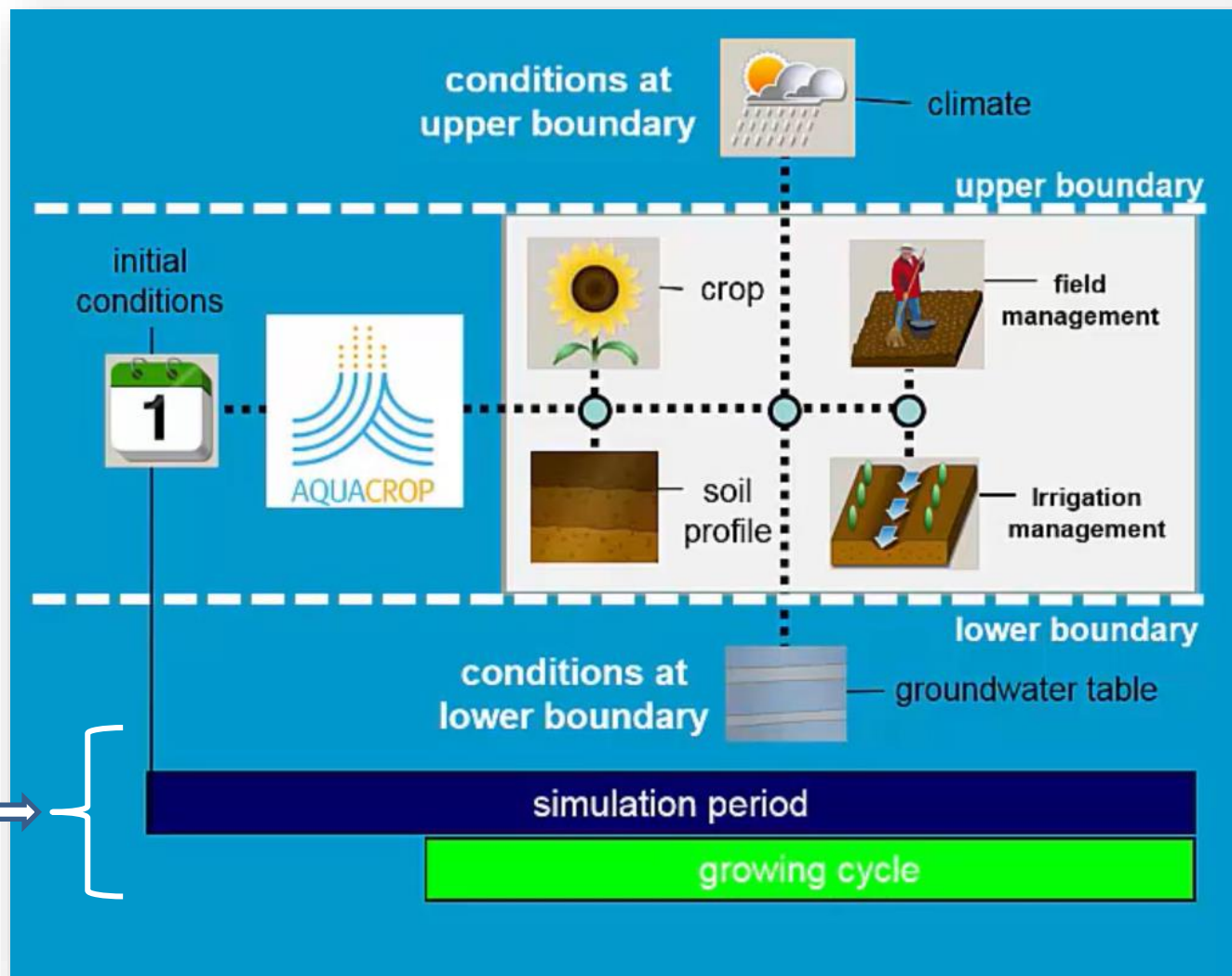
Panoramica di *AquaCrop*

***AquaCrop* simula l'interazione tra la coltura e il suolo.** Tale interazione è influenzata a sua volta:

1. dalle pratiche di gestione colturale;
2. dalle condizioni del sistema al limite superiore (atmosfera) ed inferiore (caratteristiche del suolo e della falda);
3. dalle condizioni iniziali (per es. la data di semina, ecc.).

NOTA:

1. Il periodo di simulazione può coincidere o meno con il ciclo di crescita, ma può anche essere più corto o più lungo, a patto che non si oltrepassi l'intervallo dei dati climatici fornito nella sezione *Climate*.
2. La simulazione può essere avviata anche a ciclo colturale avviato.



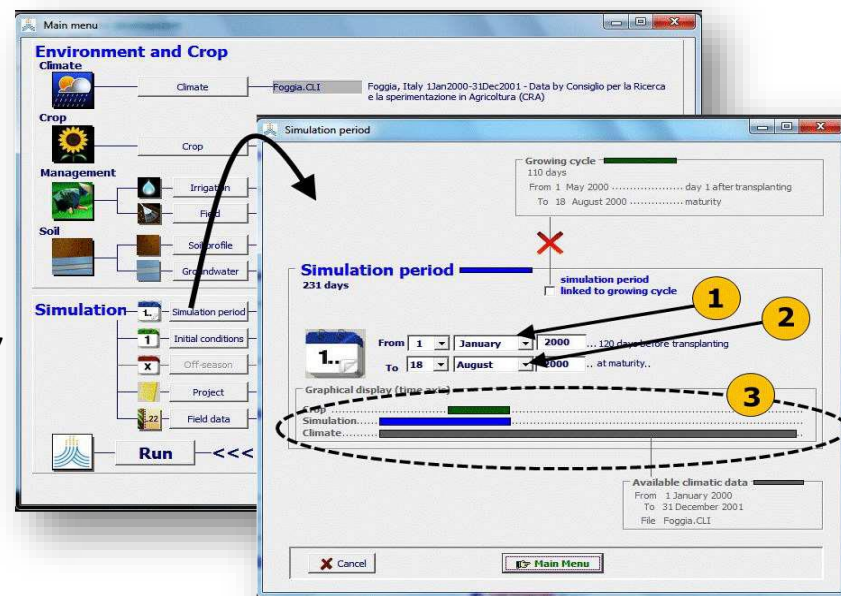
Condizioni iniziali all'avvio del periodo di simulazione: **CONTENUTO IDRICO INIZIALE DEL TERRENO**

Alla data di inizio del periodo di simulazione, devono essere note le condizioni iniziali. Le condizioni iniziali si riferiscono a:

1. Contenuto idrico iniziale del terreno
2. Salinità iniziale del profilo di suolo
3. Se l'inizio della simulazione avviene dopo la germinazione occorre inoltre specificare sviluppo raggiunto dalla copertura vegetale, biomassa prodotta ed approfondimento delle radici.

Una stima affidabile del **contenuto idrico del terreno** è essenziale poiché questo influisce enormemente sullo sviluppo della *canopy cover* (CC), sulla traspirazione (T_r), sulla produzione di biomassa (B) e sulla resa (Y). La stima delle condizioni iniziali può essere fatta:

- a) mediante misurazioni campionando il profilo del suolo al momento della semina/trapianto a differenti profondità.
- b) Se i dati del campo non sono disponibili, la simulazione può iniziare in un giorno in cui le condizioni possono essere stimate con precisione, come per esempio **a inizio primavera quando il contenuto di acqua del terreno è probabile che corrisponda alla capacità idrica di campo (*field capacity*)** dopo le piogge invernali. Un altro momento adatto per l'avvio della simulazione potrebbe essere **alla fine di un lungo periodo secco** quando è probabile che il contenuto di acqua del campo sia vicino al punto di avvizzimento permanente.



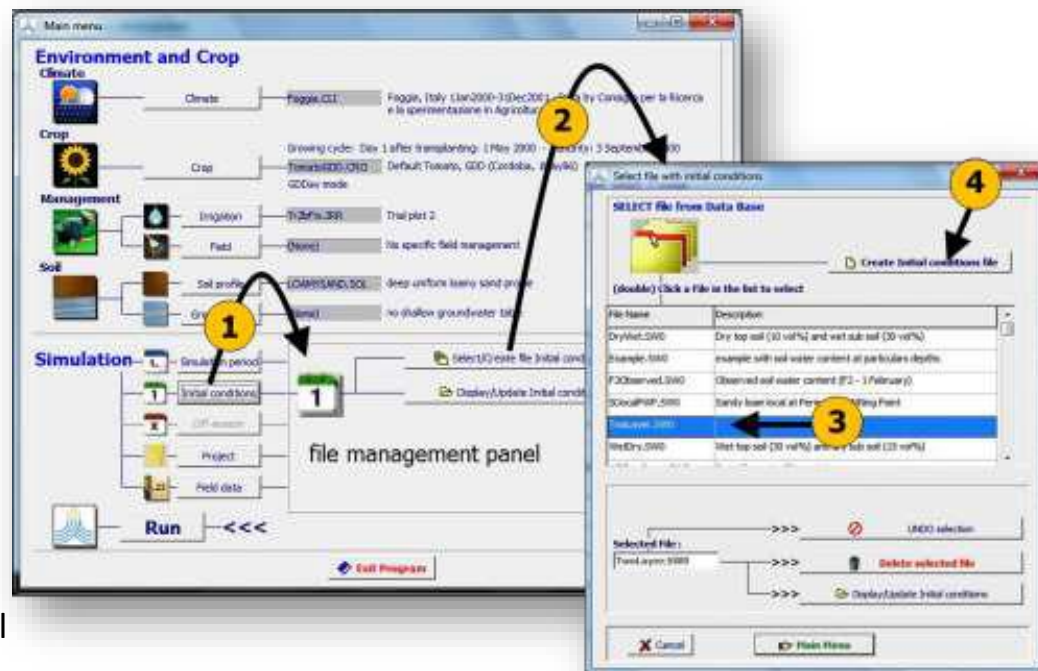
Selezionando il comando <Simulation period> nel *Main menu*, l'utente accede al menu *Simulation period*, in cui vengono specificate le date (1) di inizio e (2) fine del periodo di simulazione e (3) sono tracciati il periodo di crescita (verde), il periodo di simulazione (blu) e l'intervallo di tempo dei dati climatici disponibili (grigio).

Determinare le condizioni di partenza

Le condizioni iniziali si riferiscono al contenuto di acqua e di sale nel profilo del terreno e allo sviluppo e alla produzione della coltura all'inizio del periodo di simulazione.

Si può **creare** un file contenente le condizioni di partenza all'inizio del periodo di simulazione selezionando il comando **<Create file initial conditions>** nel menu **Select file with initial conditions**: vengono visualizzate le condizioni di partenza e possono essere aggiornate nelle varie schede del menu **Initial conditions**:

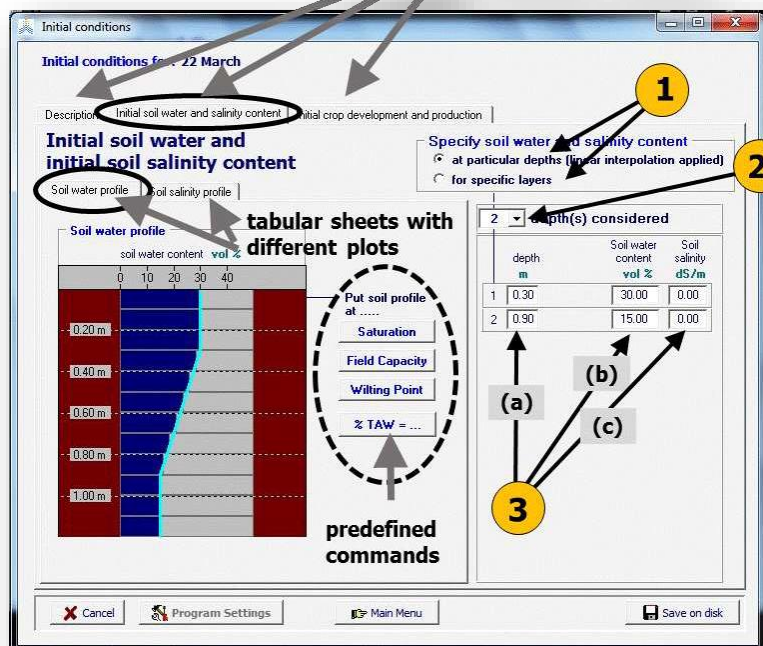
- Descrizione**: per inserire una breve descrizione del file contenente le condizioni iniziali;
- Contenuto iniziale di acqua e sale nel terreno**: per regolare i contenuti di acqua e sale del terreno;
- Sviluppo e produzione iniziale della coltura**: per regolare il grado di sviluppo e produzione della coltura, quando il periodo di simulazione inizia dopo la germinazione.



Selezionando il comando (1) **<Initial conditions>** e poi (2) il comando **<Select/Create file Initial conditions>** nel riquadro di gestione dei file del *Main menu*, l'utente accede al menu **Select file with initial conditions**, in cui può selezionare (3) uno dei file disponibili con le condizioni di partenza o (4) il comando per **<Create file initial conditions>**.

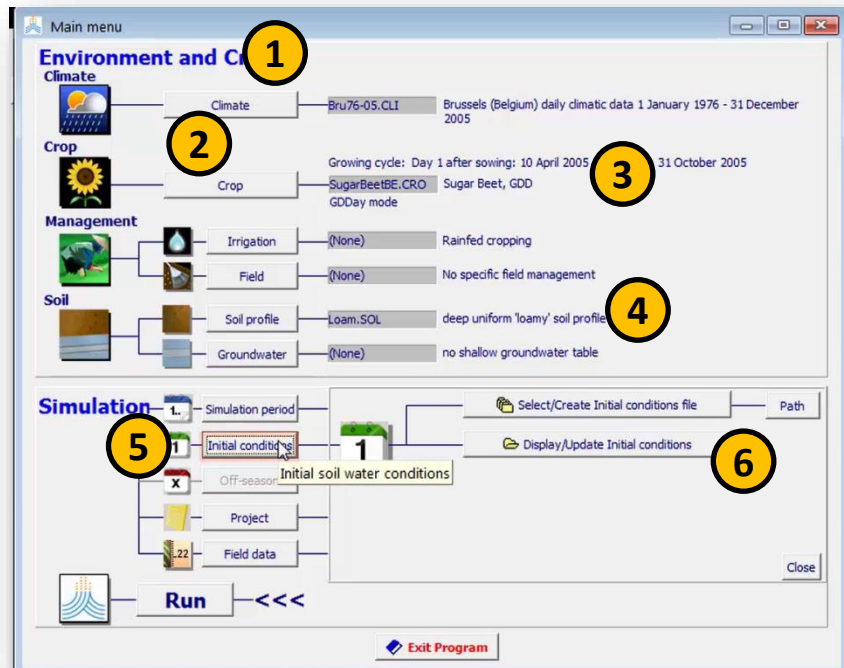
- Nella scheda **'Initial soil water and salinity content'** del menu **Initial conditions**, può essere specificato il contenuto di acqua e sale in vari punti del profilo del terreno all'inizio del periodo di simulazione:
 - Indicare se i contenuti sono specificati a varie profondità o per specifici strati di terreno.
 - Selezionare il numero delle diverse profondità (strati) che sono stati campionati o per i quali si possono stimare i contenuti di acqua e sale (da 1 a 12 diverse profondità o strati significativi);
 - Specificare **(a)** la profondità (o lo spessore dello strato) e **(b)** il contenuto di acqua e **(c)** di sale per ogni profondità (o per ogni strato). Il contenuto d'acqua del terreno viene specificato in volume percentuale e la salinità del terreno in conducibilità elettrica dell'estratto in pasta saturo di terreno (ECe).
- Con l'aiuto di comandi predefiniti, è possibile regolare l'intero profilo del terreno su uno specifico contenuto d'acqua del terreno (a saturazione, alla capacità del campo, al punto di avvizzimento permanente o a una specifica percentuale di TAW) e su un contenuto di sale (EC specifico). Per usare i comandi predefiniti, deve essere stato selezionato il giusto file di profilo del terreno.

Tabular sheets



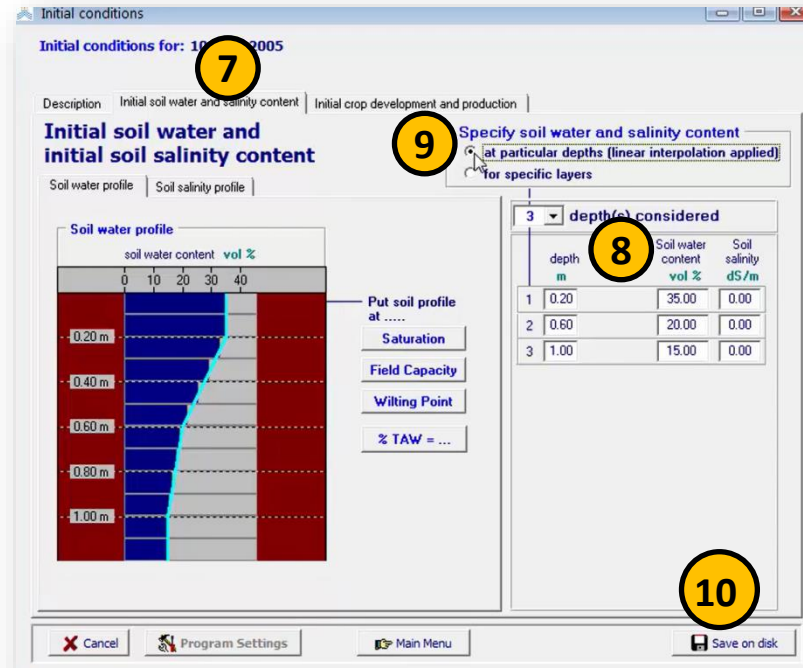
Il menu **Initial conditions** con le relative schede: **'Description'**, **'Initial soil water and salinity content'**, e **'Initial crop development and production'**.

Inserimento dei valori di Contenuto idrico iniziale (valori da campionamento effettuato in campo)



Dopo aver specificato

1. il CLIMA,
2. la COLTURA,
3. la DATA DI SEMINA
4. il tipo di TERRENO
5. Bisogna specificare le condizioni iniziali al momento della semina/trapianto: si clicca su "Initial condition" in **Simulation** nel **Main menu**.
6. Selezionare "Update Initial conditions"



7. Aprire la scheda "**Initial soil water and salinity content**"
8. Inserire i valori di contenuto idrico alle varie profondità analizzate
9. Selezionare la voce "**at particular depths**" per visualizzare la curva in modo più smussato
10. Infine premere "**save on disk**".

Simulazione con valori stimati di contenuto idrico iniziale

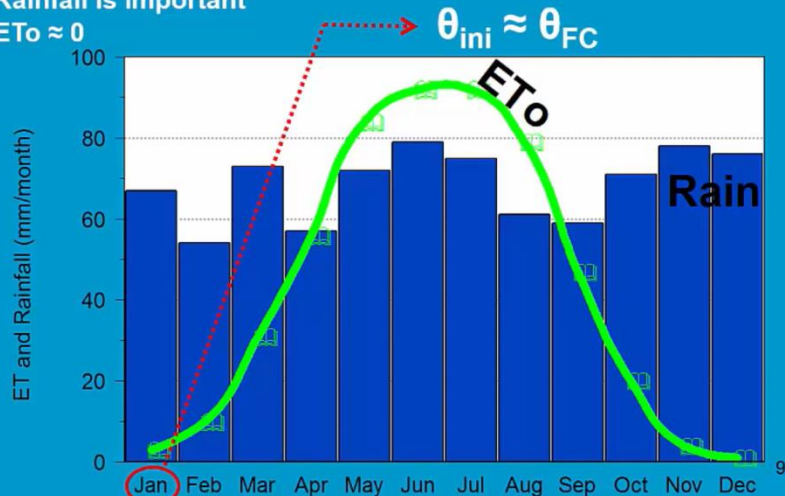
Dove gli inverni sono molto bagnati da precipitazioni e l'evapotraspirazione è quasi nulla, la data di avvio della simulazione può essere impostata al **1° gennaio**: in questa data si può ritenere infatti che i terreni siano alla capacità idrica di campo. Questo momento è indicato per l'avvio della simulazione ad esempio per i paesi dell'Europa Nord-Occidentale. L'avvio del ciclo colturale sarà poi primaverile.

Dove le estati sono molto secche e l'evapotraspirazione è molto elevata, è possibile impostare come data di avvio della simulazione il **15 agosto**: in questa data si può ritenere che il contenuto idrico dei terreni sia prossimo al punto di appassimento, ad esempio nell'area Mediterranea Nord-Occidentale. L'avvio del ciclo di crescita sarà quindi autunnale.

- Start simulation before sowing/planting from a situation where the soil water content can be estimated

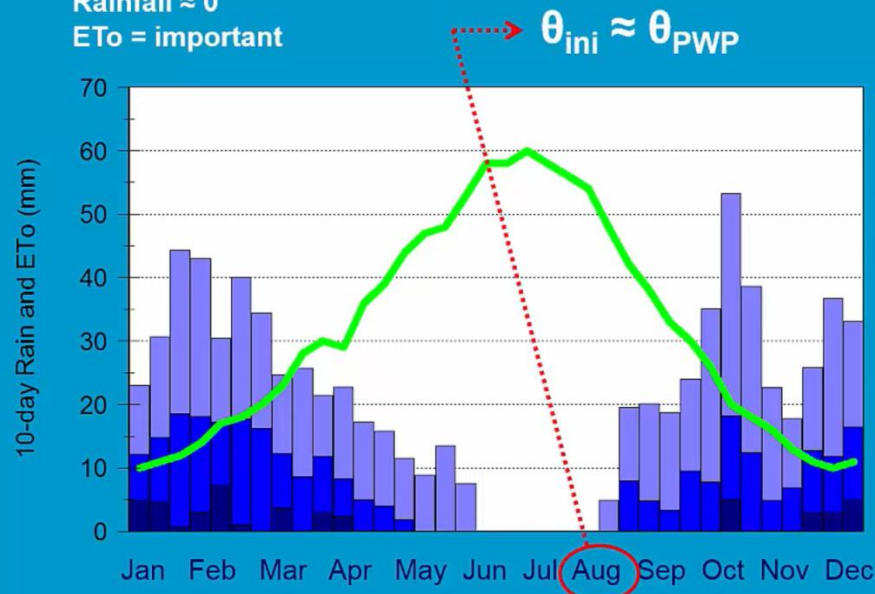
– Northwest Europe (middle of winter)

Rainfall is important
ETo \approx 0

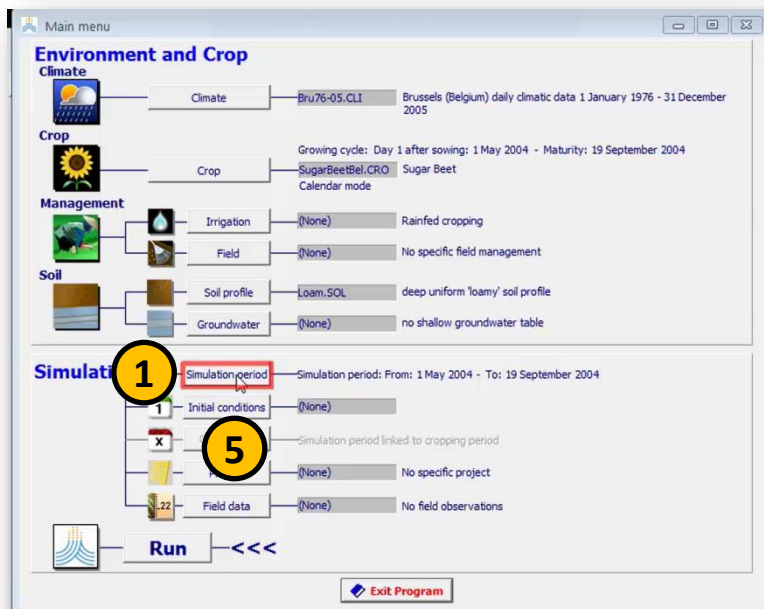


– Mediterranean region (end of summer)

Rainfall \approx 0
ETo = important

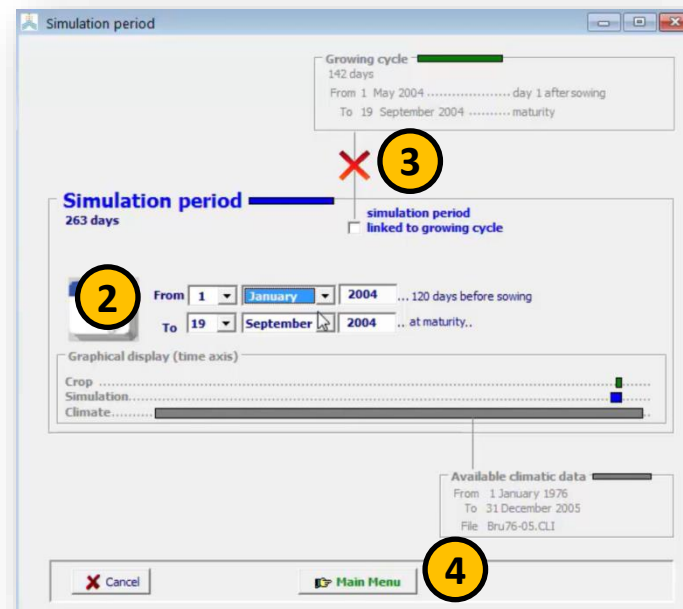


Esempio dell'Europa Nord-Occidentale



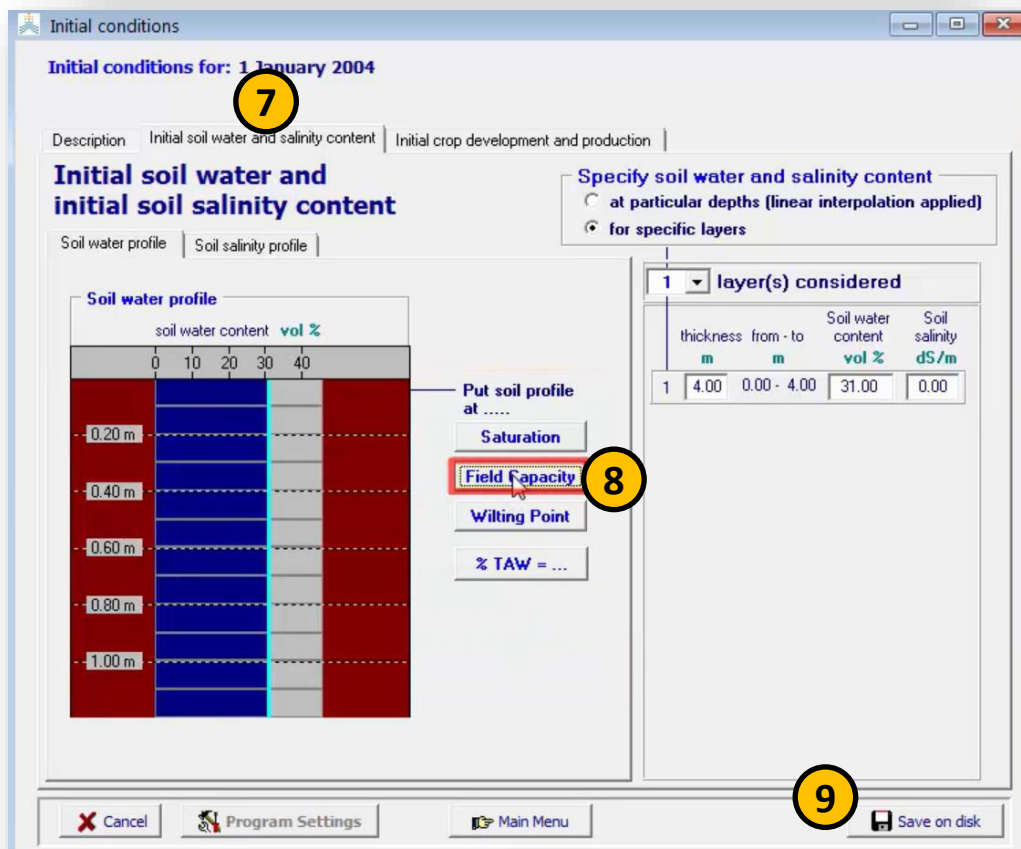
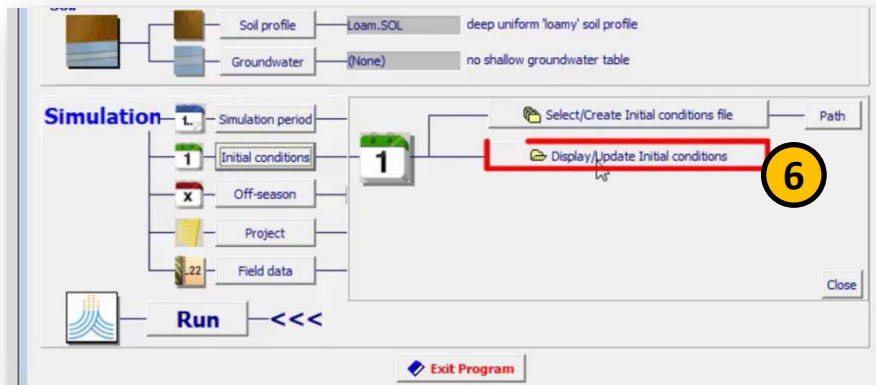
Quando non si conosce il contenuto idrico iniziale del terreno, si fa partire la simulazione da una data in cui è possibile avere una sua stima ragionevole.

1. Prima di tutto bisogna scollegare l'inizio della simulazione dall'inizio del ciclo colturale. Si clicca su **"Simulation period"** (la simulazione è impostata a partire dalla data di semina, 1 Maggio 2004 nell'esempio riportato in figura)



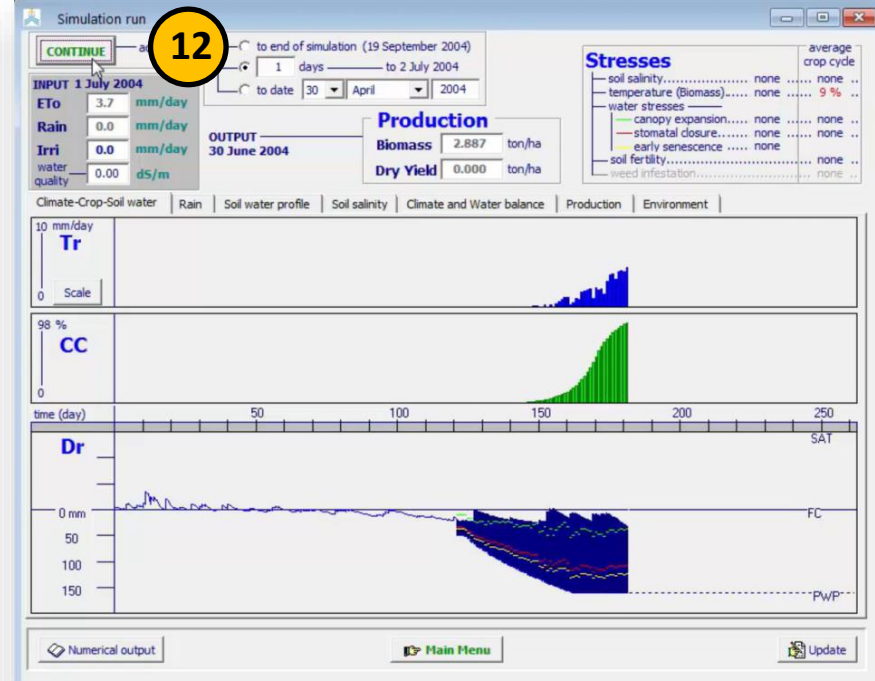
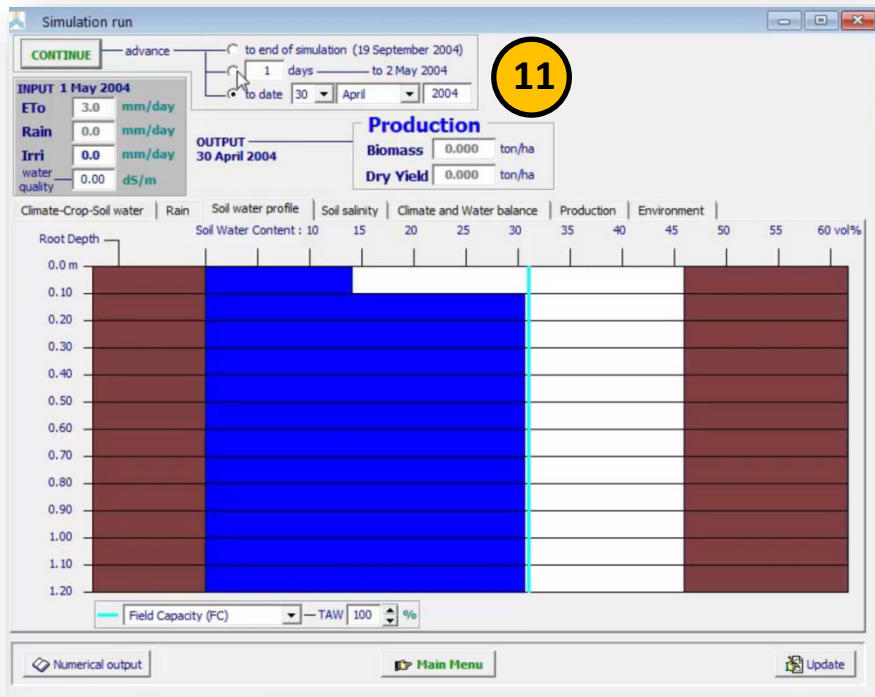
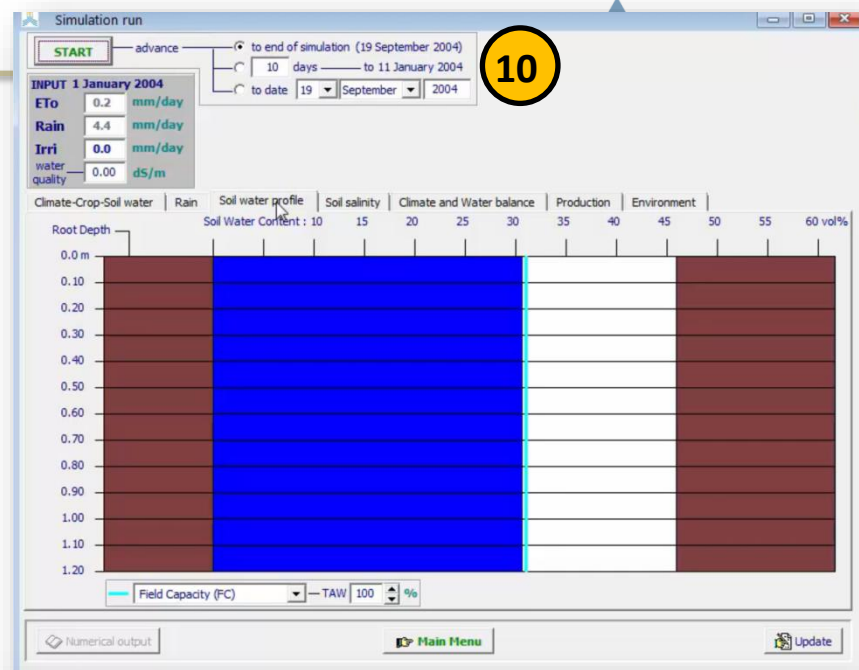
2. Nell'esempio, si cambia la data dal 1° maggio, data della semina, al 1° gennaio, data di un nuovo inizio della simulazione.
3. La **X** indica che è avvenuto lo scollegamento tra simulazione e ciclo colturale.
4. Cliccare su **Main Menu**
5. E modificare le condizioni iniziali della simulazione entrando nella scheda **"Initial conditions"**

6. Premere su **“Display/Update Initial Condition”**
7. Aprire la scheda **“Initial soil water and salinity content”**
8. E selezionare la voce **“Field capacity”**, in quanto stiamo supponendo che per effetto delle piogge invernali il campo si trovi alla capacità idrica di campo. **La simulazione partirà così dal 1° gennaio alla capacità idrica di campo stimata.**
9. Infine salvare il file cliccando su **“Save on disk”**



Tornare al Main Menu e premere su **RUN** per avviare la simulazione

10. Il grafico della scheda **"Soil water profile"** mostra che il **1° Gennaio** il terreno si trova alla capacità idrica di campo.
11. Portando la simulazione al **30 Aprile**, giorno antecedente la semina, si può osservare che a livello superficiale il terreno è molto secco, ma in profondità è molto bagnato: queste condizioni rappresentano quindi le condizioni iniziali al momento della semina.
12. Cliccando su **"Continue"** AquaCrop continua la simulazione della canopy cover, della traspirazione dello sviluppo della chioma, del bilancio idrico nel terreno, della produzione di biomassa e della resa finale.



Simulazioni successive:

Mantenere/Reimpostare le condizioni di partenza

The screenshot shows the AquaCrop software interface. On the left is the 'main menu' with categories: Environment and Crop, Climate, Crop, Management, Soil, and Simulation. The 'Simulation' category is selected, showing options for Simulation period, Initial conditions (marked with a red circle 1), Off-season, Project, and Field data. The 'Initial conditions' window is open, showing 'Initial conditions for: 15 August 1979' and a 'Description' field. The 'Program settings: Simulation run parameters' dialog box is also open, showing 'Soil compartments' and 'Initial conditions at start of a simulation' (marked with a red circle 3). The dialog box has a section 'When starting a new Simulation' with two options: 'KEEP values from previous simulation run' and 'RESET to specified Initial conditions'. A diagram below shows a sequence of 'Growing cycle' and 'Simulation period' blocks, with 'KEEP' and 'RESET' options indicated. The 'KEEP' option is selected, and the 'initial conditions' are specified as 'Soil water and salinity content as specified in Initial conditions menu'.

AquaCrop offre anche la possibilità di considerare il contenuto d'acqua e di sale del terreno ottenuto al termine di una simulazione relativa ad un determinato periodo come condizione iniziale per il periodo successivo.

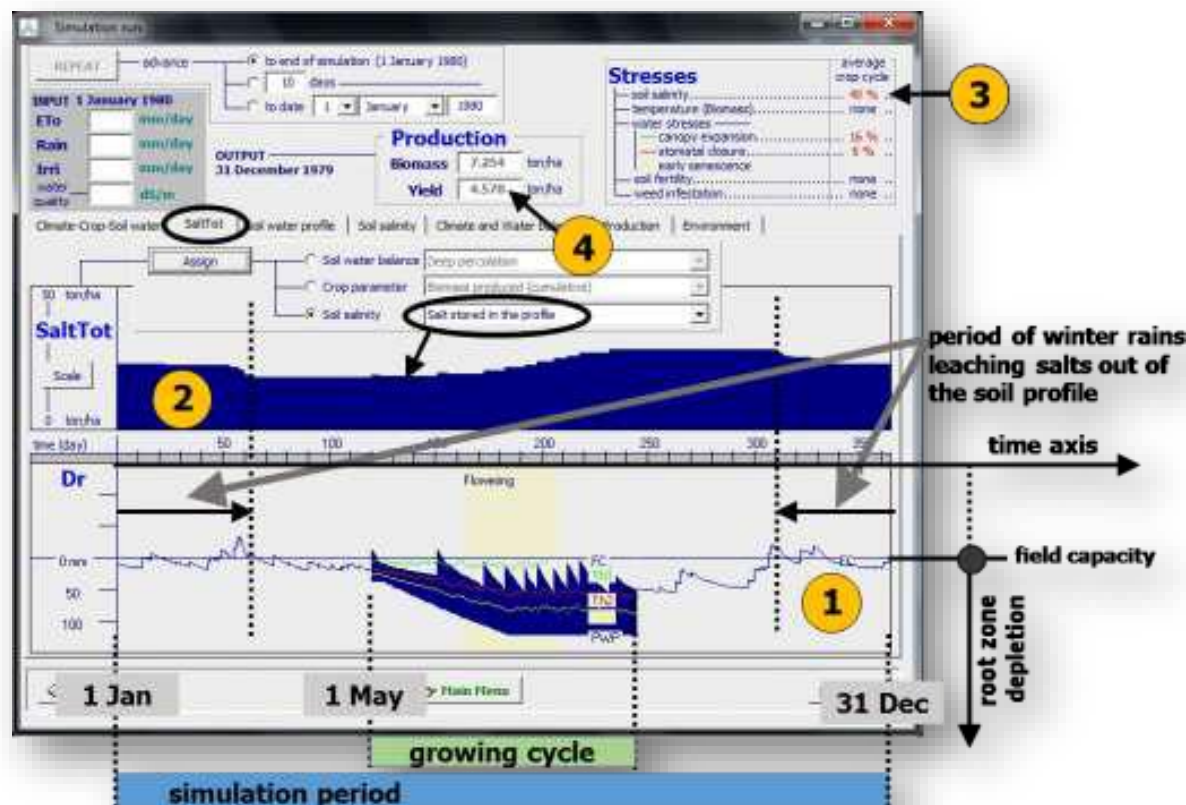
Questa opzione richiede una modifica delle impostazioni del programma:

1. nel menu "Initial condition", alla voce "Display/Update initial conditions"
2. cliccando su **Program settings**.
3. L'impostazione <**KEEP values from previous simulation run**> si applica a patto che il file del terreno resti lo stesso e non sia selezionata l'opzione <**RESET to specified initial conditions**>, che va a riprendere le condizioni iniziali specificate nel menu **Initial conditions at start of simulation**.

L'opzione "MANTENERE" è utile, per esempio, **per simulare l'evoluzione del contenuto di Sali negli anni successivi**. Ripetendo le simulazioni e considerando gli anni interi come periodi di simulazione, si può studiare l'effetto delle piogge invernali nel dilavare (lisciviare) i sali dalla zona radicale.

Nell'esempio in Figura sono state fatte simulazioni successive per pomodori piantati il 1° maggio nella regione di Tunisi (Tunisia) su un terreno franco argillo-limoso uniforme. La coltura è stata irrigata dai solchi ed è stata fornita una pre-irrigazione al momento della piantumazione. L'acqua di irrigazione era di scarsa qualità (4 dS/m).

Le simulazioni coprono il periodo dal 1 Gennaio al 31 Dicembre e sono state ripetute per un certo numero di anni, finché il contenuto di sale della zona radicale e il corrispondente stress da sale e il calo nella produzione della coltura hanno raggiunto un livello più o meno costante.



Nel menu *Simulation run*: (1) esaurimento della zona radicale, (2) il sale immagazzinato nel profilo di suolo, (3) lo stress da salinità del terreno e (4) la resa della coltura, come risultato dell'irrigazione con acqua di scarsa qualità e l'effetto di lisciviazione delle piogge invernali in bassa stagione. La simulazione è stata ripetuta per vari anni, tenendo impostata l'opzione "KEEP" per conservare le condizioni iniziali.

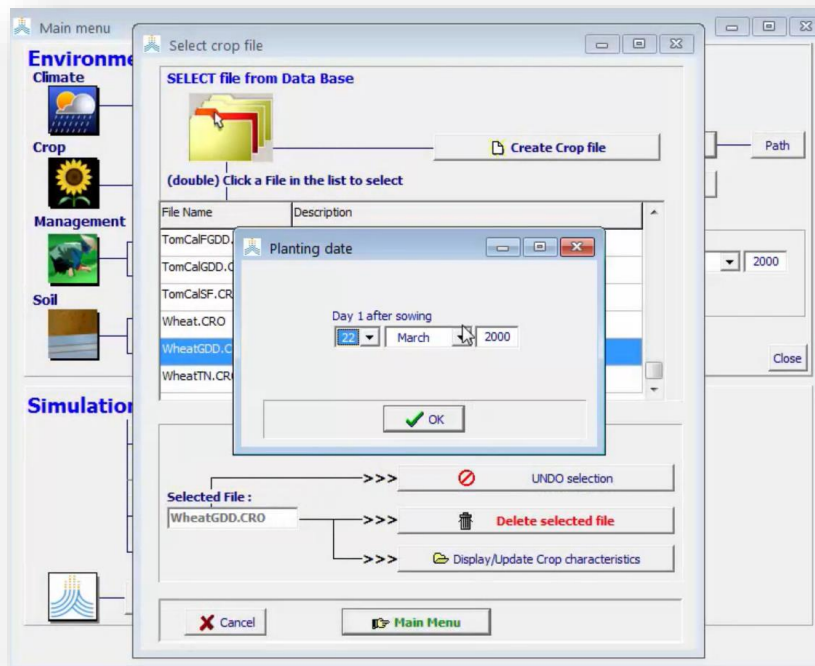
Come determinare l'avvio del ciclo di crescita vegetativa

In *AquaCrop* sono previste 3 modalità di inserimento della data di avvio del ciclo di crescita vegetativa:

1. Inserendo la data di inizio del ciclo di crescita
2. Generando una data di inizio sulla base delle precipitazioni
3. Generando una data di inizio sulla base delle temperature

1. INSERIMENTO DELLA DATA DI INIZIO DEL CICLO DI CRESCITA

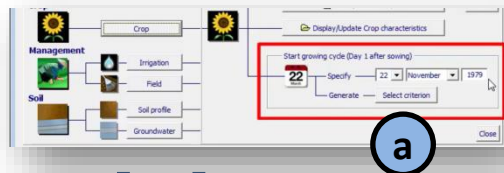
- a) Selezionare **"Crop"** nel Main Menu,
- b) cliccare sul pulsante **"Select/create crop file"**,
- c) **scegliere dalla lista la coltura** di riferimento, cliccando su uno dei file.
- d) Nel fare questo, *AquaCrop* automaticamente chiede di **inserire la data** di semina/trapianto.



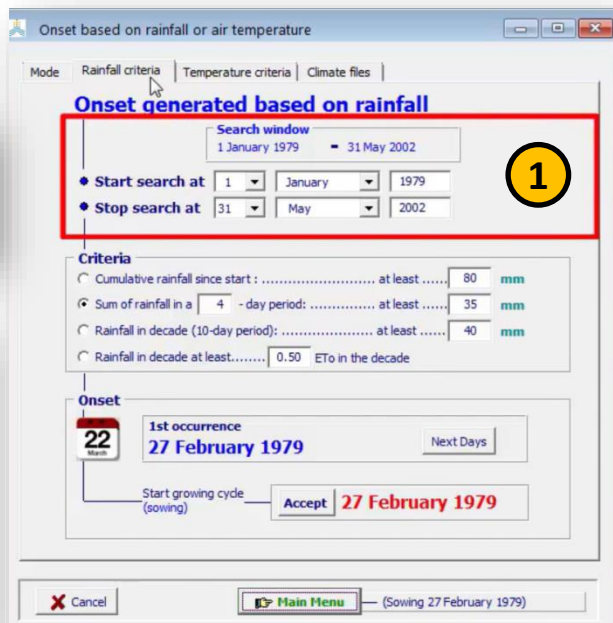
In *AquaCrop* è possibile stabilire la data di avvio del ciclo, ovvero il momento della semina/trapianto, in base:

- allo **storico delle precipitazioni**: utile soprattutto nel caso di agricoltura alimentata da acqua piovana
- oppure agli **andamenti di temperatura** attesi per il futuro (che tengono conto dei cambiamenti climatici).

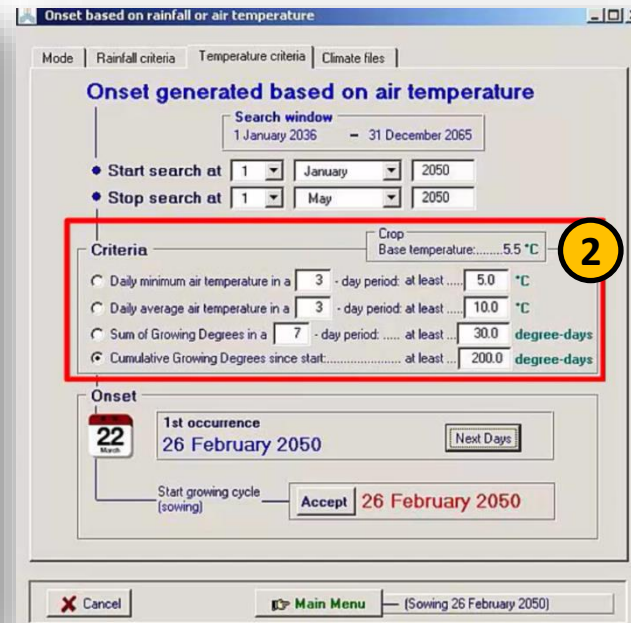
- Selezionare “**Crop**” nel Main Menu, e cliccare sul pulsante “**Select criterion**”,
- Aprire la scheda “**Rainfall criteria**” o “**Temperature criteria**” per effettuare gli inserimenti.



2. GENERAZIONE DELLA DATA DI INIZIO SULLA BASE DELLE PRECIPITAZIONI



3. GENERAZIONE DELLA DATA DI INIZIO SULLA BASE DELLE TEMPERATURE



La data di inizio varia di anno in anno: *AquaCrop* stima la data di semina in base all'andamento delle precipitazioni oppure delle temperature.

2. GENERAZIONE DELLA DATA DI INIZIO SULLA BASE DELLE PRECIPITAZIONI

1. Nella parte superiore si **seleziona la finestra di ricerca**, che è il periodo in cui si chiede ad *AquaCrop* di cercare la data per le condizioni ottimali per la semina (le date vanno inserire in funzione delle caratteristiche della coltura: per es. il frumento nel periodo autunnale).
2. Successivamente si selezionano uno o più criteri:
 - a) sulla base di uno specifico quantitativo di precipitazioni (es. 80 mm)
 - b) si chiede al sistema di valutare quando in un periodo di, per es., 4 giorni si hanno precipitazioni per almeno, per es., 35 mm., sufficienti ad inumidire lo strato superiore di terreno (4 giorni è un periodo breve, ma così gli effetti dell'evaporazione sono meno importanti).
 - c) altrimenti si chiede di valutare le precipitazioni in un periodo di 10 giorni
 - d) oppure di tenere conto anche dell'evapotraspirazione sul periodo di 10 giorni

Onset based on rainfall or air temperature

Mode Rainfall criteria Temperature criteria Climate files

Onset generated based on rainfall

Search window
1 January 1979 - 31 May 2002

Start search at 1 October 1979
Stop search at 31 December 1979

Criteria

☐ Cumulative rainfall since start : at least 80 mm

☒ Sum of rainfall in a 4 - day period: at least 35 mm

☐ Rainfall in decade (10-day period): at least 40 mm

☐ Rainfall in decade at least: 0.50 ETo in the decade

Onset

22 March

1st occurrence
29 October 1979

Next Days

Start growing cycle (sowing) Accept 29 October 1979

Cancel Main Menu (Sowing 29 October 1979)

3. GENERAZIONE DELLA DATA DI INIZIO SULLA BASE DELLE TEMPERATURE

Criteri simili sono previsti per generare la data sulla base delle temperature.

Onset based on rainfall or air temperature

Mode | Rainfall criteria | Temperature criteria | Climate files

Onset generated based on air temperature

Search window
1 January 2036 - 31 December 2065

Start search at 1 January 2050

Stop search at 1 May 2050

Criteria

Crop
Base temperature:.....5.5 °C

☐ Daily minimum air temperature in a 3 - day period: at least 5.0 °C
☐ Daily average air temperature in a 3 - day period: at least 10.0 °C
☐ Sum of Growing Degrees in a 7 - day period: at least ... 30.0 degree-days
☒ Cumulative Growing Degrees since start:..... at least ... 200.0 degree-days

Onset

1st occurrence
26 February 2050

Next Days

Start growing cycle (sowing) — Accept 26 February 2050

Cancel Main Menu (Sowing 26 February 2050)

VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

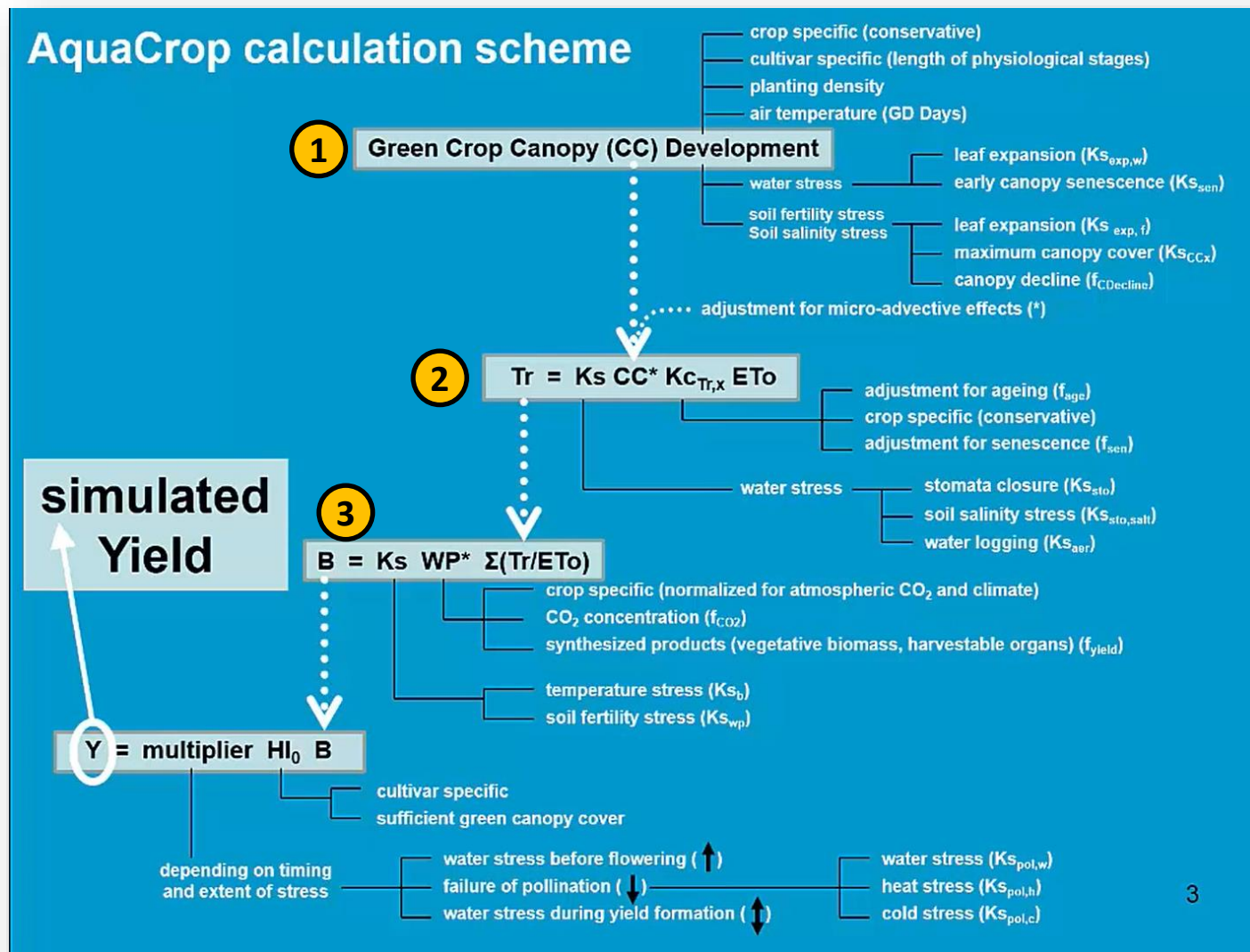
Diagramma del percorso di *AquaCrop* per giungere alla simulazione della resa (Yield, Y).

La resa simulata potrebbe essere differente da quella osservata.

Pertanto, occorre controllare che i parametri di ogni passaggio siano stati calcolati con esattezza:

1. Sviluppo della chioma (CC)
2. Traspirazione (Tr)
3. Biomassa (B)

Occorre verificare che non vi siano discrepanze tra dato osservato e dato simulato.



1. Valutazione della simulazione della *Green Canopy Cover (CC)*

La Green Canopy Cover (CC) viene simulata considerando:

1. Parametri colturali conservativi: questi non variano.
2. Parametri colturali non conservativi che dipendono
 - a) dalla **densità di semina** della piante:
 - la copertura vegetale iniziale (CCo)
 - Copertura vegetale massima (CCx)
 - b) da **caratteristiche specifiche della cultivar**:
 - Fenologia
 - Lunghezza del ciclo vegetativo
 - Quando avviene la fioritura

Pertanto, le discrepanze rispetto alla simulazione possono essere dovute ad una calibrazione non appropriata dei parametri non conservativi: e questi vanno controllati nel “**Crop file**”.

- È possibile **inserire manualmente** dati numerici relativi a: **green canopy cover, biomassa, contenuto idrico nel terreno**.
- In particolare per la CC è importante analizzare in modo appropriato le immagini digitali (scattate con fotocamere in campo; droni) utilizzando software per la stima della copertura vegetale (es. Green crop tracker; Image J; ENVI; ecc.)

Inserimento dei dati di campo in *AquaCrop*

È possibile inserire in *AquaCrop* dati osservati in campo allo scopo di valutare la qualità della simulazione.

1. Cliccare sul pulsante **“Field data”** nel Main Menu,
2. cliccare sul pulsante **“Display/Update field data”**
3. Cliccare sulla scheda in alto **“Field data”**,
4. Inserire i dati di CC, Biomassa, e contenuto idrico del terreno (SWC)
5. E salvare

Main menu

Environment and Crop

Climate: (None) Specify climatic data when Running AquaCrop

Crop: Growing cycle: Day 1 after sowing: 22 March - Maturity: 24 July
DEFAULT_CRO a generic crop
Calendar mode

Management: Irrigation: (None) Rainfed cropping
Field: (None) No specific field management

Soil: Soil profile: DEFAULT_SOL deep loamy soil profile
Groundwater: (None) no shallow groundwater table

Simulation

Simulation period: 1 Initial conditions
Off-season: X
Project: Field data
Run: <<< Exit Program

Display of field data

Description: Field data

Field data

First day of measurements: 22 March

N°	Date	day number	Green Canopy Cover (CC)		dry above-ground Biomass (B)		Soil water content (SWC)	
			%	%	ton/ha	ton/ha	mm	mm
1	1 April	11	5.0	3.0			300.0	20.0
2	20 April	30	30.0	5.0	1.000	0.300		
3	30 April	40	50.0				250.0	25.0
4	10 May	50	60.0	5.0			150.0	30.0
5	1 June	72			4.000	0.200		
6	19 June	90			4.400	0.300		
7	9 July	110	45.0	6.0	5.000	0.500	100.0	10.0
8	19 July	120			5.500	0.500	100.0	10.0

for soil depth 1.00 meter

Clear measurements

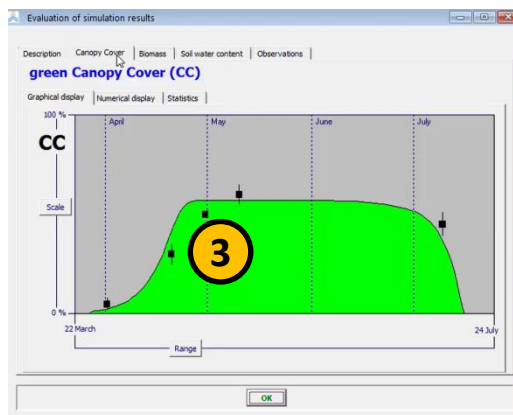
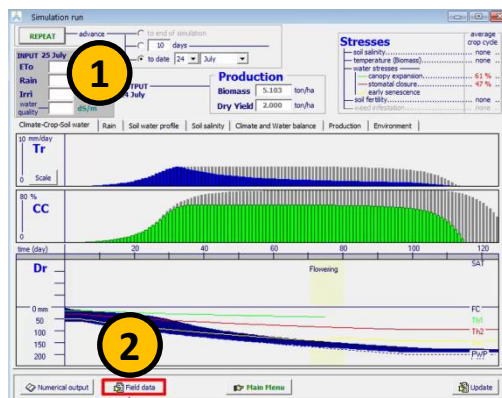
Cancel Main Menu Save on disk

Valutazione statistica dei dati osservati inseriti per il confronto

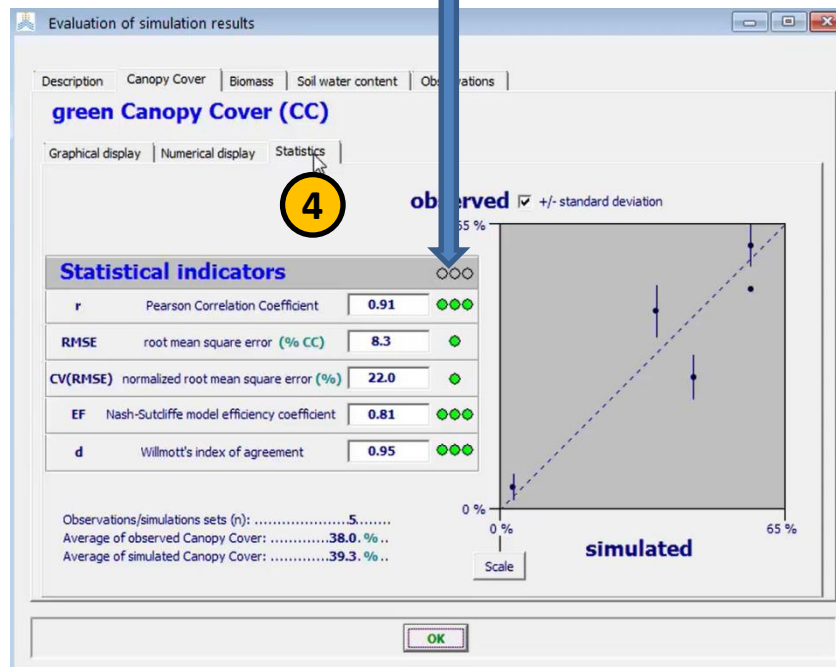
Dopo aver inserito i dati osservati, è possibile verificarne la qualità statistica.

Dopo aver caricato i dati in *AquaCrop*, premere su **RUN** nel Main Menu

1. Selezionare “**to date**” nel “Simulation Run” menu e avviare la simulazione premendo **Start**
2. Premere sul pulsante “**Field Data**” in basso per **comparare i dati simulati con quelli osservati**
3. In verde il grafico simulato; i puntini neri sono i dati osservati



4. Aprendo la scheda “**Statistics**” vengono visualizzati alcuni **indicatori statistici** che mostrano la bontà dell’adattamento del modello ai dati osservati (inoltre, maggiore è il numero di pallini verdi, migliore è l’adattamento del modello ai dati osservati)



Fonti di possibili discrepanze tra valori osservati e valori simulati

In presenza di discrepanze significative tra i valori di green canopy cover simulati e quelli osservati, potrebbero essere stati simulati non adeguatamente:

A. la fertilità del suolo:

- Pertanto bisogna verificare che vi sia rispondenza tra il quantitativo di fertilizzante applicato in campo e le impostazioni di stress da fertilità del suolo nel menù “**Field management**”.
- A causa di uno stress da carenza di nutrienti, infatti, ne risulterà uno sviluppo della copertura vegetale più ridotto.

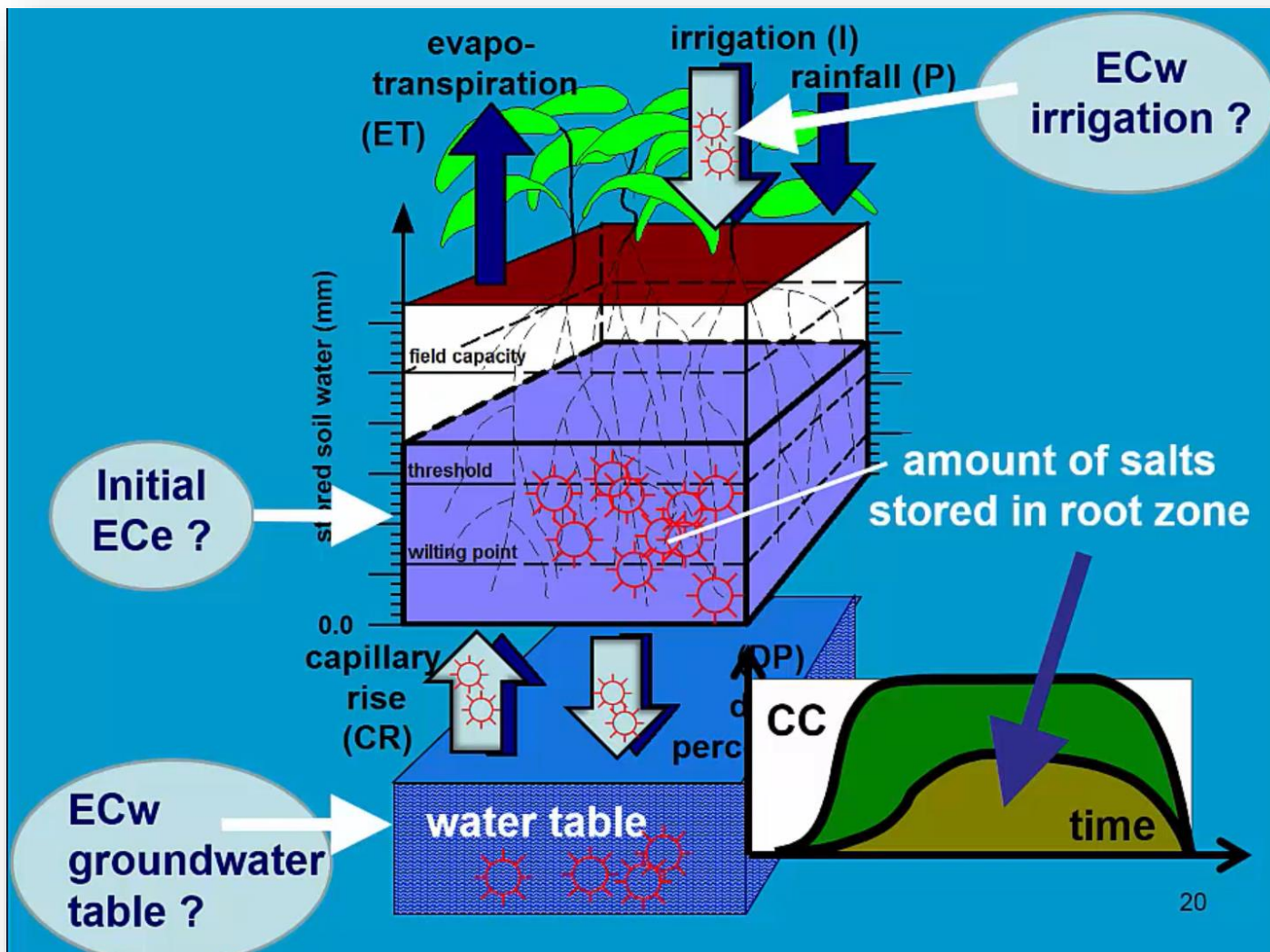
B. la salinità nel suolo:

- Anche la salinità influisce sullo sviluppo della coltura: la presenza di Sali in eccesso riduce lo sviluppo della vegetazione
- Quando si inizia una simulazione bisogna inserire il contenuto di Sali nella zona radicale e specificare il valore di **conducibilità elettrica** (EC) delle **acque di irrigazione** e della **soluzione circolante**, in modo che *AquaCrop* possa aggiornare quotidianamente il bilancio di Sali.
- I Sali entrano nel terreno attraverso le irrigazioni e la risalita capillare e possono essere rimossi nell'acqua di falda mediante abbondanti precipitazioni o irrigazioni

C. lo stress idrico:

- Per verificare lo stress idrico occorre **valutare il contenuto idrico** nella zona esplorata dalle radici.
- Interferisce con la traspirazione

Immagine riassuntiva dei punti di valutazione della conducibilità elettrica nel campo per la stima dei valori di salinit  da considerare nel modello.



2. Valutazione della simulazione della *Traspirazione (Tr)*

Per verificare che il valore di traspirazione sia calcolato in modo realistico e che le discrepanze sulla CC siano dovute ad errori nel calcolo della traspirazione:

1. Verificare l'evapotraspirazione di riferimento **ET_o**: si confronta con un programma FAO che restituisce valori mensili medi in tutto il mondo



2. Controllare il bilancio idrico del terreno:

- Prima di tutto si deve verificare il **contenuto idrico iniziale** nel terreno (che è fondamentale anche per la biomassa, la traspirazione, la canopy cover). *AquaCrop* considera varie soglie di contenuto idrico per l'espansione fogliare, la chiusura degli stomi, la senescenza anticipata, che possono funzionare correttamente se le riserve idriche nella zona radicale sono stimate in modo adeguato. Pertanto, va verificato che siano stati determinati in modo appropriato:
 - Il tipo di suolo (tessitura)
 - Gli orizzonti del suolo (caratteristiche fisiche del suolo)
 - La profondità delle radici
- Verificare i valori di **precipitazione** e dei **volumi irrigui**
- Verificare la simulazione del Runoff (**ruscellamento**) che è descritto dal Curve Number (CN) che a sua volta dipende dalla **conducibilità idraulica** e dalle **pratiche di gestione**. Tutti questi parametri vanno controllati.
- Verificare il fenomeno della **risalita capillare**: essa viene stimata considerando la **profondità della falda freatica** (*AquaCrop* offre la possibilità di calibrare la risalita capillare)

3. Valutazione della simulazione della *Biomassa (B)*

$$B = Ks_b WP^* \Sigma(Tr / ET_o)$$

conservative crop parameters

Una volta verificata la correttezza della Traspirazione simulata, è molto probabile che la biomassa simulata sia già corretta, essendo gli altri fattori che concorrono alla sua determinazione parametri conservativi (WP, il coefficiente di stress termico che influisce sulla biomassa Ks_b).

Se, al contrario, si verifica una discrepanza significativa tra biomassa osservata e simulata è molto probabile che si possano essere verificati errori durante la raccolta dei campioni in campo.

Pertanto bisogna verificare:

1. Qualità dei dati raccolti in campo:

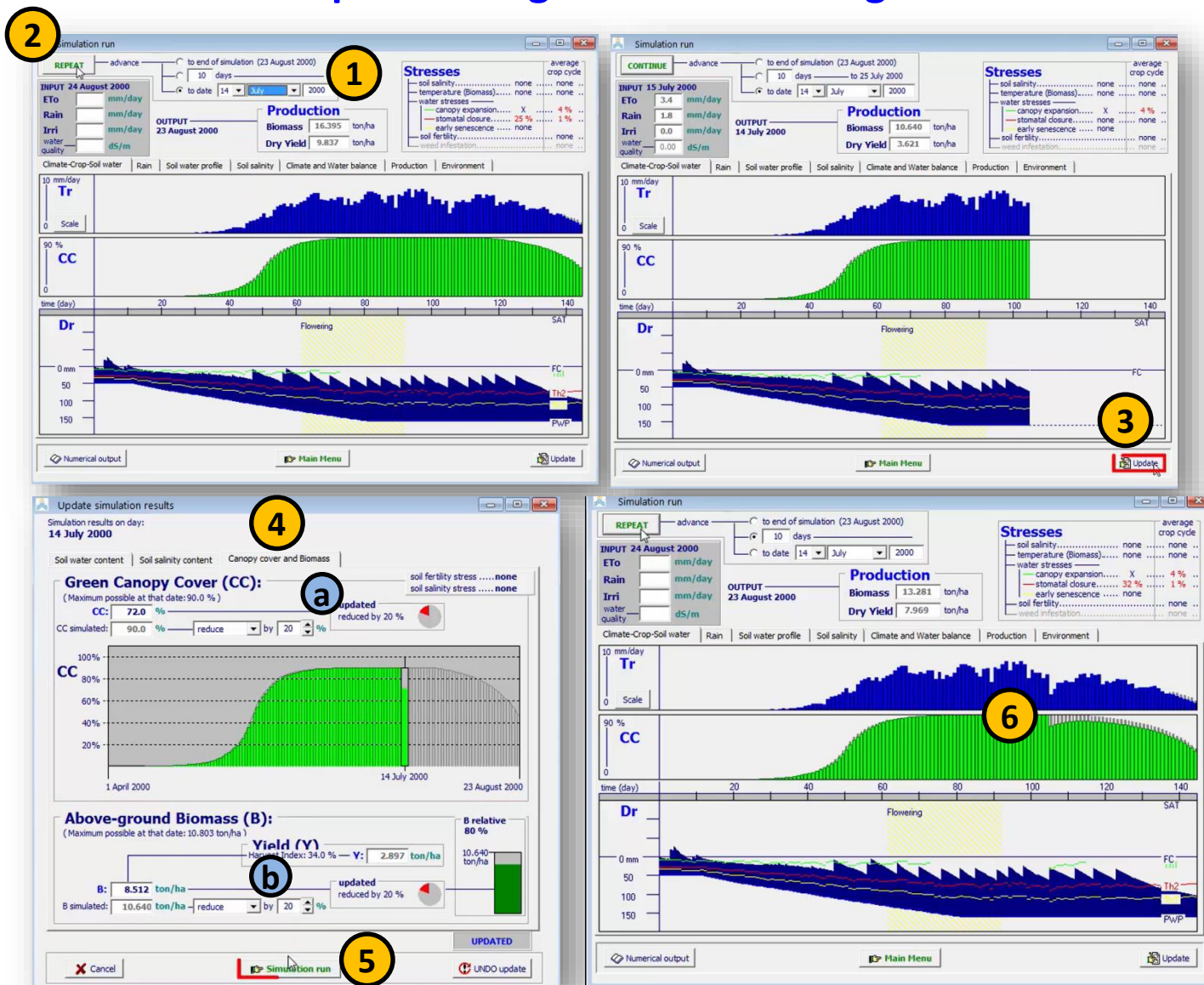
- I campioni devono essere rappresentativi (localizzazione; dimensioni del campione)
- Essiccare i campioni per la determinazione della biomassa a 65°C per 48 ore
- Prima di inserire questi dati, vanno considerate anche perdite di biomassa in campo causate dal vento o da animali (si fa una stima)

2. Oppure, se i dati fossero corretti, la discrepanza potrebbe essere generata da processi che non sono simulati in AquaCrop e che causano perdite di biomassa a causa di **parassiti, malattie, eventi atmosferici avversi** (grandinate), ecc.

Inserimento di un evento eccezionale nel modello previsionale

Esempio di una grandinata il 14 luglio

1. Nel **"Simulation Run"** menu aggiornare la data in **"to date"** al 14 luglio
2. Premere **"Repeat"**
3. I grafici vengono visualizzati ora fino a quella data; cliccare su **"Update"** in basso a destra
4. Nella scheda **"Canopy cover and biomass"** aggiornare la % stimata (es. 20%) di riduzione della
 - a) CC
 - b) Biomassa
5. Cliccare su **"Simulation run"** e premere **"Continue"**
6. AquaCrop tiene conto dell'aggiornamento di CC e biomassa e alla fine si ottiene una migliore stima della resa finale.



4. Valutazione della simulazione della *Resa (Y)*

La resa viene ottenuta moltiplicando tra loro la biomassa simulata, l'indice di raccolta di riferimento e un moltiplicatore.

$$Y = \text{mult. HI}_o B$$

Il fattore di moltiplicazione (**mult**):

- incrementa o decrementa il valore dell'indice di raccolta HI_o ;
- è condizionato da fattori conservativi della coltura;
- funziona in modo ottimale se il contenuto idrico del terreno è stato valutato in modo opportuno.

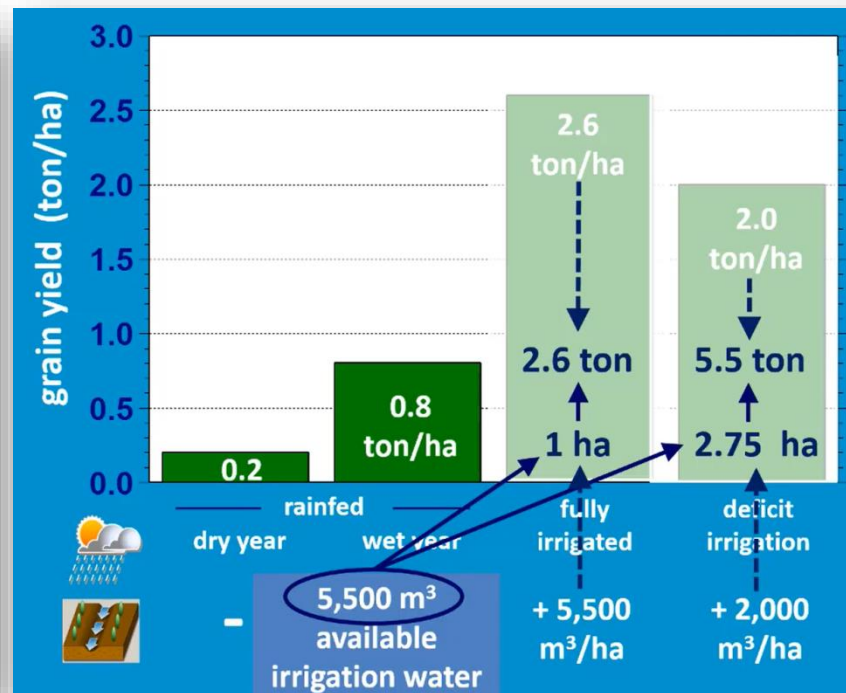
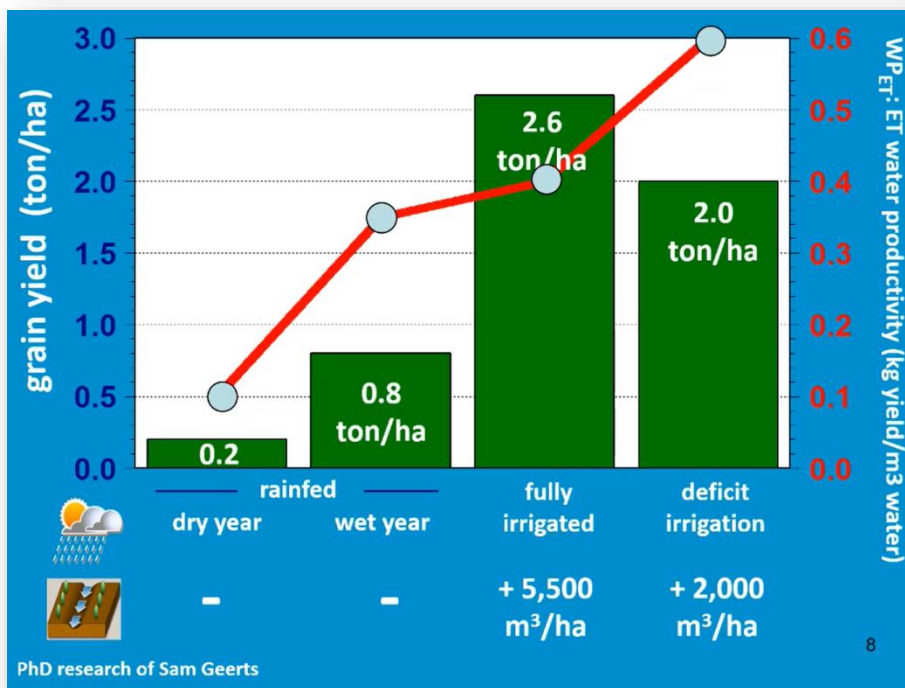
Se la resa osservata è ancora differente da quella simulata, allora probabilmente si deve modificare **l'indice di raccolta di riferimento** HI_o indicato nel "Crop file".

APPLICAZIONI DI *AQUACROP*

1. Strategie di irrigazioni deficitarie
2. Scenari per gli attori politici
3. Miglioramento della produttività idrica
4. Effetti dei cambiamenti climatici
5. Previsione delle rese
6. Applicazioni regionali

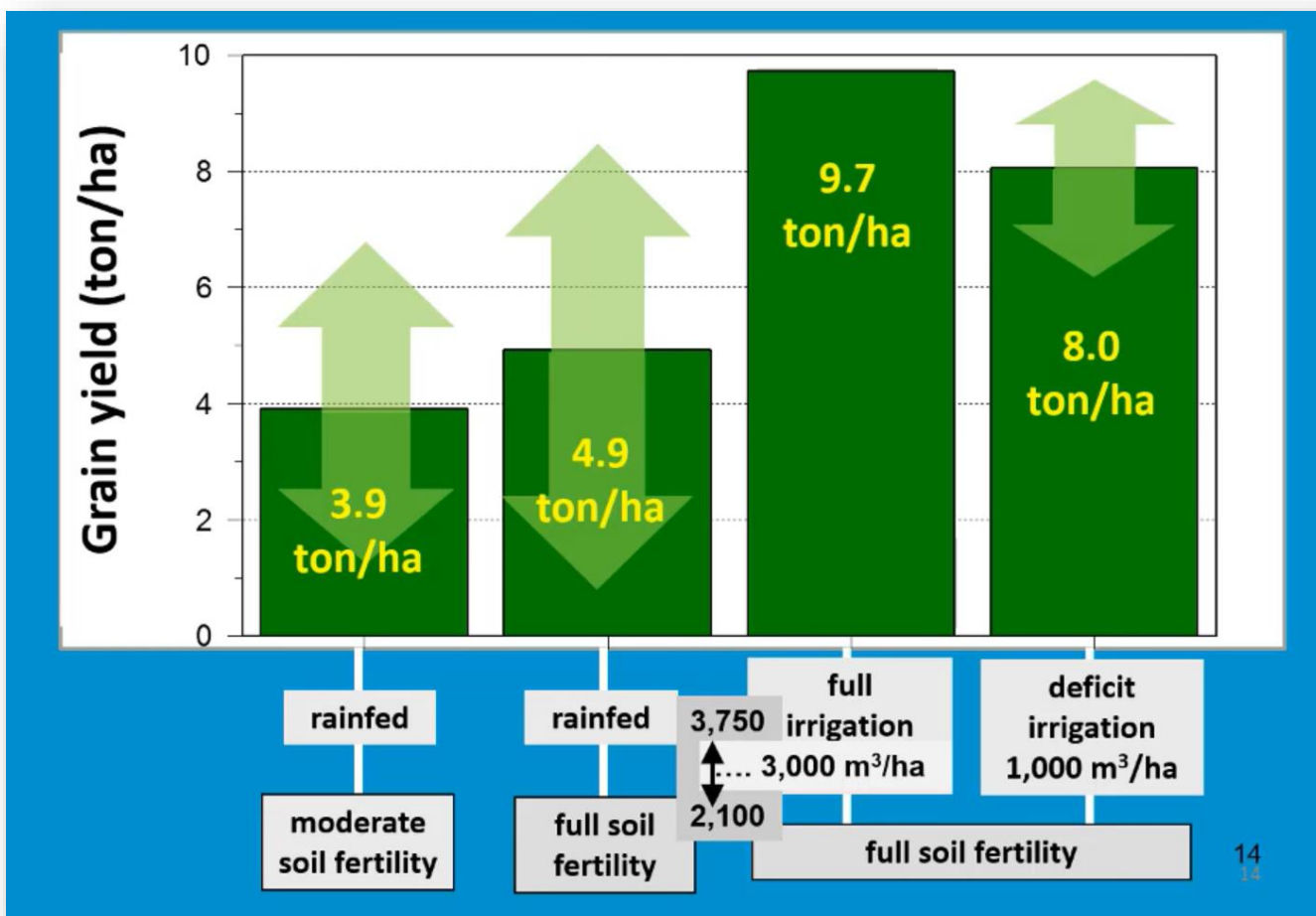
1. Strategie di irrigazioni deficitarie

- Le irrigazioni deficitarie sono quelle che tipicamente si basano su pochi interventi irrigui durante la stagione colturale, inferiori rispetto ai fabbisogni della coltura, a causa della scarsa disponibilità di acqua come risorsa.
- Tale tipo di agricoltura determina rese basse, con andamenti instabili da un anno all'altro.
- AquaCrop* può supportare questa strategia in modo da ottimizzare i pochi interventi previsti e aumentare la produttività idrica (WP_{ET}).
- Si noti che se si hanno disponibili 5.500 m³ di acqua di irrigazione, nel caso di “*irrigazione completa*” si irriga 1 ha la cui resa è di 2,6 ton. Mentre se si decide di applicare la “*deficit-irrigation*”, con lo stesso quantitativo di acqua irrigua si possono irrigare 2,75 ha, e dal momento che la resa è di 2 t/ha, la resa complessiva, con quel quantitativo di acqua, è di 5,5 tonnellate.



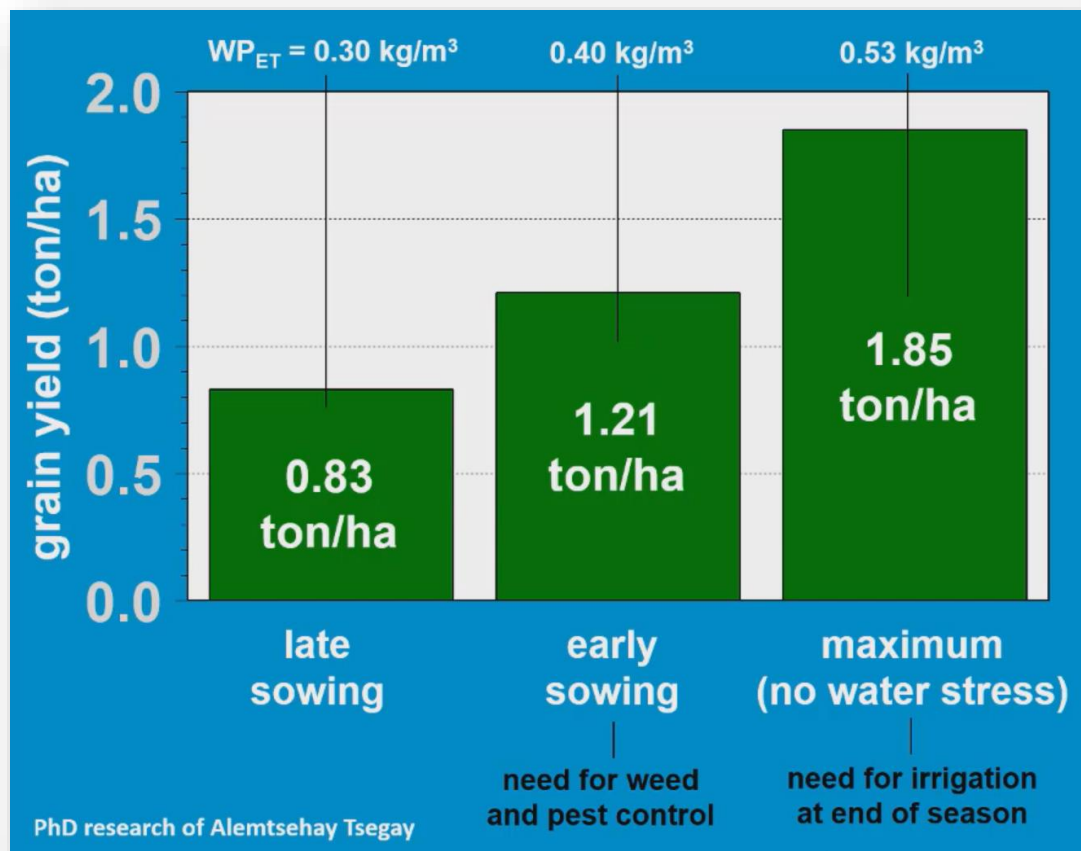
2. Scenari per gli attori politici

AquaCrop può produrre scenari per gli attori politici, sulla base del tipo di irrigazione adottata e sul livello di fertilità dei terreni, oltre che sulla possibilità di concimare le colture. Talvolta è preferibile adottare irrigazioni deficitarie poiché possono restituire elevate rese; dare incentivi agli agricoltori per fertilizzare le colture; ecc.



3. Miglioramento della produttività idrica WP_{ET}

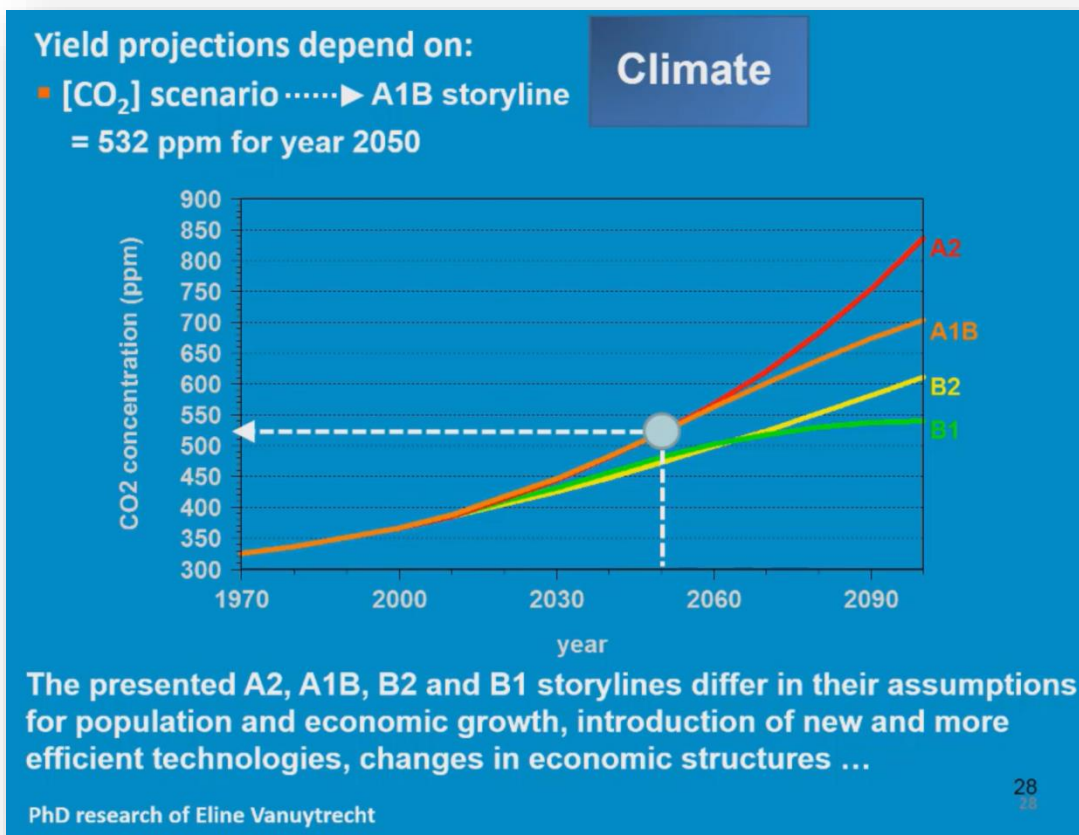
Ad esempio, anticipando le semine e applicando l'acqua alla fine della stagione, le rese possono essere raddoppiate.



4. Effetti dei cambiamenti climatici

Per valutare gli effetti dei cambiamenti climatici, *AquaCrop* simula diversi scenari sulla base di una serie di colture, gestioni agronomiche, tipologie di suolo, ecc.:

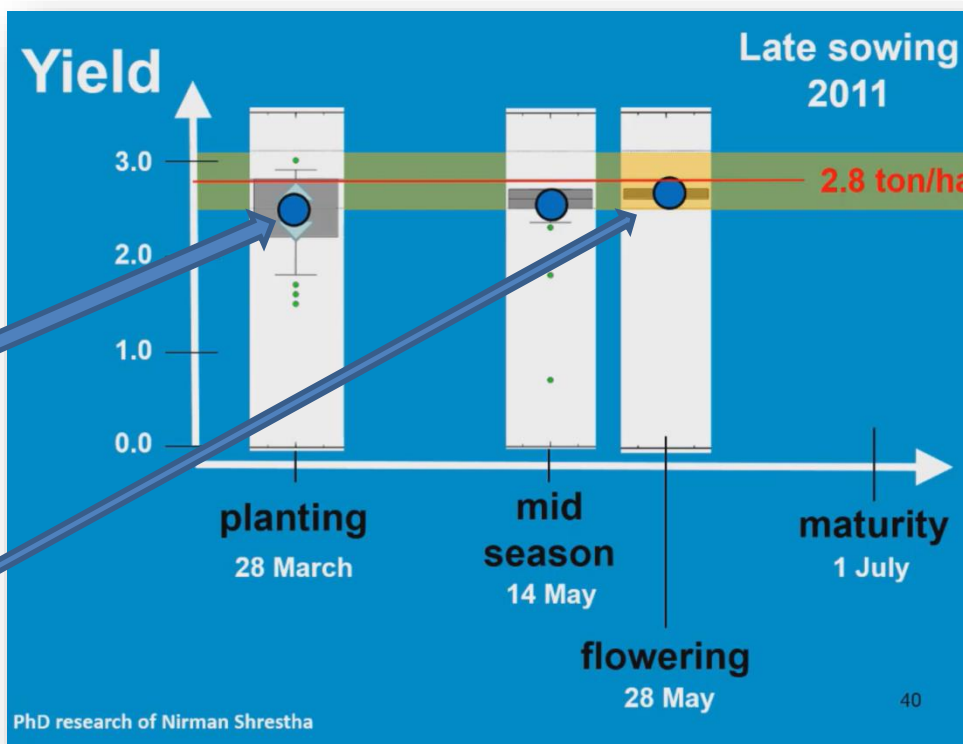
1. Si sceglie lo scenario di CO₂
2. Si seleziona il modello climatico (globale, regionale): consiste in equazioni che descrivono i processi fisici dell'atmosfera
3. Si ridimensiona statisticamente il modello globale a livello locale con l'aiuto di un generatore meteorologico



5. Previsione delle rese

Grazie ad uno storico di dati climatici, la simulazione delle rese comincia all'inizio della stagione. All'avanzare della stagione, i dati giornalieri storici vengono sostituiti dai dati meteo giornalieri osservati. Così facendo si ottengono con *AquaCrop* stime di rese affidabili e realistiche.

- In questo esempio, la resa finale era di 2.8 ton/ha. Al momento del trapianto, il modello restituiva una previsione vicina a tale valore.
- A metà stagione, ma ancor di più nel momento della fioritura, il modello prevedeva con affidabilità la resa finale.

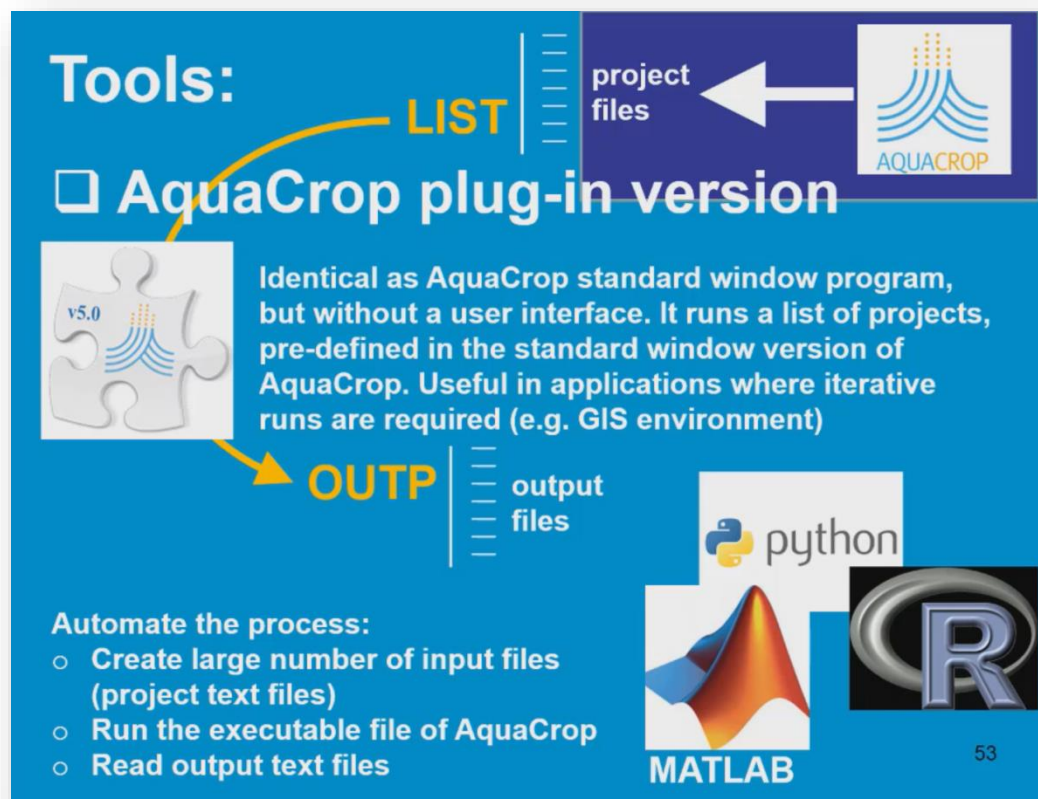


6. Applicazioni su scala regionale

Per utilizzare *AquaCrop* come strumento previsionale a livello territoriale, si può suddividere il territorio

- in griglie di 1x1 km², *AquaCrop* viene poi simulato per ciascuna griglia
- oppure in zone omogenee per caratteristiche climatiche, colturali, di suolo e di gestione

Esiste una versione plug-in di AquaCrop utile per applicare il modello a scala territoriale.



Bibliografia & References

FAO Irrigation and Drainage paper Nr. 66

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., and Raes, D. 2012.

Crop yield responses to water. FAO Irrigation and Drainage Paper Nr. 66. Rome, Italy. *Reproduced with permission.*

Website: <http://www.fao.org/3/i2800e/i2800e00.htm>

Manuale di riferimento

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C., and Fereres, E. 2015.

AquaCrop Reference manual. Rome, Italy. *Reproduced with permission.*

Website: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/aquacrop/en/>

Manuali AquaCrop di training

Book I - Understanding AquaCrop. FAO, April 2017. Rome, Italy *Reproduced with permission.*

Book II - Running AquaCrop. FAO, April 2017. Rome, Italy *Reproduced with permission.*

Pubblicazioni scientifiche di base

AquaCrop – The FAO crop model to simulate yield response to water

Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E. & Raes, D. (2012). [Crop yield response to water](#) FAO Irrigation and Drainage Paper No. 66. Rome, Italy. *Reproduced with permission.*

Vanuytrecht, E., Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Heng, L.K., Garcia Vila, M. & Mejias Moreno, P. (2014). [AquaCrop: FAO'S crop water productivity and yield response model](#). *Environmental Modelling & Software*, 62: 351–360 *Reproduced with permission.*

Steduto, P., Hsiao, T.C., Raes, D. & Fereres, E. (2009). [AquaCrop: The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles](#). *Agronomy Journal*, 101: 426–437 *Reproduced with permission.*

Raes, D., Steduto, P., Hsiao, T.C. & Fereres, E. (2009). [AquaCrop: The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description](#). *Agronomy Journal*, 101: 438–447 *Reproduced with permission.*

Hsiao, T.C., Heng, L.K., Steduto, P., Rojas-Lara, B., Raes, D. & Fereres, E. (2009). [AquaCrop: The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parameterization and Testing for Maize](#). *Agronomy Journal*, 101: 448–459 *Reproduced with permission.*

Heng, L.K., Hsiao, T.C., Evett, S., Howell, T. & Steduto, P. (2009). [Validating the FAO AquaCrop Model for Irrigated and Water Deficient Field Maize](#). *Agronomy Journal*, 101: 488–498 *Reproduced with permission.*

Foto, Mappe e altre Illustrazioni

Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Original Scientific Illustrations Archive. *Reproduced with permission.*

Website di riferimento: <http://www.fao.org/aquacrop/resources/tutorials/en/>

Versione Italiana del powerpoint qui prodotto

Powerpoint realizzato da: dr. Luca Fiorentini, ing. Marinella Masina, prof. Maria Speranza (*Alma Mater Studiorum* - Università di Bologna).

